

**Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo**

**Valaci Monteiro da Silva**

**Uma proposta de gestão para resíduos mercuriais**

São Paulo

2006

Valaci Monteiro da Silva

Uma proposta de gestão para resíduos mercuriais

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, para obtenção do título de mestre em Tecnologia Ambiental.

Área de concentração: Mitigação de Impactos Ambientais

Orientador: Dr. Antonio Carlos da Cruz

São Paulo

Dezembro de 2006

## **Agradecimentos**

Ninguém sabe ao certo a fórmula do sucesso, mas sem dúvida ele necessita de empenho e dedicação de quem o almeja. A vida em sociedade nos carrega de uma série de compromissos, urgências e imprevistos. Para a elaboração desta dissertação não foi diferente, tive vários motivos para me desviar do caminho que me levaria a ter o sucesso, que para mim seria a conclusão do Mestrado Profissional, felizmente pude compartilhar da experiência e inspiração dos mestres durante as aulas e em especial do meu orientador Dr. Antonio Carlos da Cruz que por vezes se mostrou compreensivo nas falhas e firme nas críticas, que foram percebidas sempre de forma construtiva. Não poderia deixar de citar a compreensão e paciência demonstrada pela minha esposa Rosângela, que entendeu este momento e por vezes mesmo não sendo da área técnica foi ouvinte e ajudou a “traduzir” meus pensamentos nesta dissertação.

Agradeço a todos, mesmo os que não foram citados diretamente, mas que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste trabalho e que sem dúvida fizeram parte da fórmula do meu sucesso.

*“A gestão dos resíduos sólidos é responsabilidade de toda a sociedade e deverá ter como meta prioritária a sua não geração, devendo o sistema de gerenciamento destes resíduos buscar sua minimização, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição adequada.”*

Lei Nº 9.921, de 27 de julho de 1993 – Gestão dos resíduos sólidos

Estado do Rio Grande do Sul, Anexo único, Art. 1º.

## Resumo

Embora o mercúrio metálico seja usado em vários setores, poucas informações podem ser encontradas a respeito da reciclagem ou disposição de resíduos mercuriais. Nesse contexto, a abordagem do presente trabalho visa subsidiar a gestão desse tipo de resíduo nas empresas que o utilizam nas suas atividades produtivas ou nas quais a desativação de equipamentos e/ou produtos que contém o mesmo se faça necessária. A partir do levantamento de informações da literatura e da compilação de informações de caráter prático, pertinentes ao exercício do gerenciamento de resíduos dessa natureza, nesta dissertação procura-se relacionar as melhores práticas de gestão em higiene, segurança e meio ambiente, voltadas para resíduos mercuriais. Devido ao amplo universo de substratos e concentrações que o mercúrio pode se apresentar, para a proposta de gestão delineada neste trabalho é dado enfoque aos mais usuais, sendo eles o mercúrio metálico e resíduos contendo mercúrio na forma de sulfeto, cloreto ou óxido. Também fez parte do estudo a logística pertinente à identificação e disposição do resíduo, tais como, caracterização, segregação, acondicionamento, identificação e estocagem, além de aspectos de saúde ocupacional. Técnicas de tratamento em uso e em desenvolvimento no Brasil são revistas, de forma a orientar a destinação dos resíduos, bem como para estimular pesquisas nesta área. Sobretudo, pretende-se com o presente trabalho contribuir para a prática de um sistema de gestão que favoreça a classificação e tratamento dos resíduos gerados, estudos de não-geração e incentivo a tecnologias que possibilitem a recuperação do mercúrio.

Palavras-chave: mercúrio; resíduo; reciclagem; recuperação; gestão; meio ambiente.

## **Abstract**

Although metallic mercury is used in many segments of the society, little information can be found regarding the recycling or disposal of mercury residues. In this context, the approach of this topic in the present work aims at the management of mercury wastes in industries which use it in their production activities or in which the deactivation of equipment and/or products that contain mercury become necessary. Starting from a literature review and compilation of practical information pertaining to management of residues of similar nature, this work attempts to correlate the best management practices in health, work safety, and environment, aimed at mercury wastes. Because of the large universe of substrates and concentrations which mercury can be presented in, for the management proposal delineated in this work, the most usual are focused, such as metallic mercury and wastes in the form of sulfide, chloride or oxide. Also, the study includes the logistic related to the identification and disposal of the residues, such as characterization, identification, segregation, packing and storage, and occupational health issues. Treatment techniques in current use and in development in Brazil are reviewed to guide the destination of wastes, as well as to stimulate research in this area. Above all, this work is intended to contribute for a management practice in favor of the classification and treatment of the generated residues, studies of non-generation and incentive to the technologies that make possible the mercury recovery.

**Key Words:** mercury; waste; recuperation; mercury recover; waste management; recycling; environment.

## Lista de ilustrações

Figura 1	Importação de mercúrio no Brasil e custo por kg; elaborado a partir de dados disponibilizados por MDIC (2006) .....	23
Figura 2	Ciclo do mercúrio na natureza, em decorrência de liberação naturais e antropogênicas .....	26
Figura 3	Fluxograma para classificação de resíduos sólidos .....	33
Figura 4	Quadro resumido dos principais tópicos para o gerenciamento de resíduos mercuriais, segundo a proposição de gestão desenvolvida neste trabalho .....	36
Figura 5	Modelo de inventário de resíduos .....	37
Figura 6	Exemplo de rótulo de segurança para embalagens de resíduos .....	42
Figura 7	Exemplo de ficha de emergência (frente) .....	43
Figura 8	Exemplo de ficha de emergência (verso) .....	44
Figura 9	Exemplo de preparação de veículo para transporte de resíduo perigoso contendo mercúrio, incluindo identificação do veículo e do posicionamento do painel de segurança e rótulo de risco (mostrados em destaque) .....	45
Figura 10	Exemplo de manifesto de transporte .....	46
Figura 11	Analisador de Hg no ar .....	48
Figura 12	Proposta de planilha de apresentação de dados de monitoramento de Hg no ar ocupacional, para o caso de um armazém temporário de resíduos mercuriais .....	49
Figura 13	Máscara semi-facial .....	52
Figura 14	Desenho esquemático do processo térmico de destilação em retorta .....	54

Figura 15	Fotografia de um destilador padrão da MRT SYSTEM (2005) .....	55
Figura 16	Desenho esquemático de um destilador padrão da MRT SYSTEM (2005) .....	55
Figura 17	Curva de tratamento em 24 horas do destilador Standard da MRT .....	56
Figura 18	Cilindro para estocagem de Hg .....	56
Figura 19	Botijões espanhóis (azuis), botijões brasileiros (cinzas), para estocagem de mercúrio .....	57
Figura 20	Sistema reacional utilizado no tratamento eletrolítico de carvão carregado com mercúrio .....	59
Figura 21	Controlador de pressão a mercúrio e ampola de mercúrio mostrada em destaque .....	63
Quadro 1	Relação entre a forma química, propriedades e aplicações do mercúrio .....	22
Quadro 2	Exemplos de fontes, usos e/ou processos que liberam mercúrio para atmosfera .....	25



## Lista de Tabelas

Tabela 1	Produção mundial estimada de mercúrio no período entre 1981 e 2000 .....	15
Tabela 2	Relação de equipamentos utilizados para análise de mercúrio e respectivos limites de detecção .....	34
Tabela 3	Tabela de ponto de fusão e ebulição do mercúrio e seus compostos mais comuns, elaborada com base em informações extraídas de (RAPOSO, 2001) e (CETESB, 2006) .....	39
Tabela 4	Condições experimentais e resultados dos testes de eletro-oxidação .....	61

## **Lista de abreviaturas e siglas**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABICLOR	Associação Brasileira da Indústria de Álcalis e Cloro Derivados
ABIQUIM	Associação Brasileira das Indústrias Químicas
ANTT	Agência Nacional de Transporte Terrestre
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EUROCLOR	Associação Européia da Indústria de Álcalis e Cloro Derivados
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
FISPQ	Ficha de informação de segurança de produtos químicos
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.
ITA	Instituto de Tecnologia da Aeronáutica
IMERC	The Interstate Mercury Education & Reduction Clearinghouse
LEMA	Legislação de Meio Ambiente
MDIC	Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior
NEWMOA	The Northeast Waste Management Officials' Association
NR	Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira elaborada pela ABNT
ONU	Organização das Nações Unidas
OMS	Organização Mundial da Saúde
WHO	World Health Organization
UNEP	United Nations Environment Program
U.S. EPA	United States Environmental Protection Agency
VISALEGIS	Sistema de Legislação em Vigilância Sanitária

## Lista de símbolos

Hg	mercúrio
Cl	cloro
S	enxofre
(aq)	solução aquosa
(g)	gás
$\mu\text{g}$	micrograma
$\text{m}^3$	metro cúbico
K	Coefficiente de permeabilidade

## Sumário

1	INTRODUÇÃO .....	14
2	OBJETIVOS .....	18
2.1	Geral .....	18
2.2	Específicos .....	18
3	MÉTODO .....	19
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	21
4.1	Obtenção do mercúrio metálico .....	21
4.2	Uso do mercúrio .....	22
4.3	Ciclo do mercúrio na natureza .....	24
4.4	Aspectos legais .....	27
4.5	Classificação dos resíduos .....	31
5	PROPOSTA METODOLÓGICA .....	35
5.1	Inventário dos resíduos .....	37
5.2	Acondicionamento para estocagem e transporte dos resíduos ....	37
5.3	Transporte dos resíduos .....	41
5.4	Segurança do trabalhador e higiene ocupacional .....	47
5.4.1	Monitoramento da área de trabalho .....	47
5.4.2	Uso de equipamentos de proteção individual – EPIs .....	50
6	TÉCNICAS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS MERCURIAIS .....	54
6.1	Processo térmico em retortas .....	54
6.2	Disposição em aterro .....	57
6.3	Tratamento eletrolítico .....	58

7	DISCUSSÃO .....	63
8	CONCLUSÕES .....	65
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67
ANEXO A	EQUIPAMENTOS QUE PODEM CONTER MERCÚRIO EM SUA COMPOSIÇÃO .....	72
ANEXO B	LEGISLAÇÕES RELACIONADAS COM A TEMÁTICA DO MERCÚRIO .....	78
ANEXO C	NORMAS BRASILEIRAS (NBR) .....	81

# 1 INTRODUÇÃO

Os níveis ambientais de mercúrio aumentaram consideravelmente desde o início da era industrial. Ainda que abaixo dos limites determinados pela legislação vigente, o mercúrio pode ser encontrado no meio ambiente e em alimentos, especialmente em peixes. Não se sabe ao certo qual o nível de problemas que o homem está sujeito caso exposto a pequenas doses por um longo período, porém autoridades ambientais como *United Nations Environment Program* – UNEP (2003) e de saúde vêm alertando para o aumento das concentrações, principalmente a causada pela forma organometálica, consideravelmente mais tóxica do que as demais em que o mercúrio se apresenta.

O mercúrio na forma organometálica, a exemplo do metilmercúrio, é resultante da combinação do metal com uma cadeia orgânica. Esse tipo de composto é característico de processos especiais como, por exemplo, a fabricação de praguicidas e anti-sépticos. Outro mecanismo de geração de compostos organomercuriais resulta de reação biológica com o mercúrio, geralmente na forma do íon mercúrico ( $\text{Hg}^{2+}$ ), em sedimentos de rios e lagos (AZEVEDO, 2003).

Um caso clássico de contaminação por mercúrio comentada em UNEP (2003) e AZEVEDO (2003) ocorreu em 1953 na cidade de Minamata, Japão, quando 79 pessoas morreram em consequência de intoxicação por esse metal. Minamata era uma região de pesca e a maioria das pessoas contaminadas vivia dessa atividade, consumindo peixes regularmente. A fonte da contaminação foi o despejo de catalisadores contendo mercúrio de uma indústria química chamada Chisso, fabricante de acetaldeído utilizado na fabricação de material plástico e instalada às margens de uma baía em 1939. Uma crônica intrigante de Minamata, feita por um médico sanitário, considerada de interesse para menção, foi assim relatada “... os gatos da cidade passaram a exibir um comportamento inusitado, moviam-se grotescamente, como se estivessem dançando. Alguns deles corriam para o mar, onde acabavam morrendo. Gatos dançantes? Gatos suicidas? Esquisito e assustador. Mas, para desgraça dos habitantes, as coisas não ficaram nisso. Entre os personagens de "Alice no País das Maravilhas" existe o Chapeleiro Louco. Por que um chapeleiro haveria de ser louco? Porque naquela época o feltro de que eram feitos os chapéus eram tratados com mercúrio e os chapeleiros, intoxicados, exibiam o mesmo comportamento que os gatos depois mostrariam em Minamata” (SCLIAR, 2006, p.1). Com o passar do tempo, os habitantes dessa região começaram a apresentar sintomas como perda de visão, perda de coordenação motora e muscular. Mais tarde descobriu-se que tais deficiências eram causadas pela destruição dos tecidos do cérebro, em razão da contaminação por mercúrio (UNEP, 2003; AZEVEDO, 2003).

As emissões antropogênicas de mercúrio na atmosfera são causadas, em sua maioria, pela queima de combustíveis fósseis e lixo. São exemplos de contaminação da água e solo, os depósitos em lixões e o uso do mercúrio na mineração de ouro. O uso industrial do mercúrio pode ser observado desde a fabricação de equipamentos como termômetros e lâmpadas, nos quais o elemento é incorporado, até o uso intensivo em processos químicos, como nas indústrias produtoras de soda e cloro via célula eletrolítica a mercúrio.

Por força de correntes atmosféricas e marinhas, a difusão do mercúrio no ambiente pode atingir regiões muito distantes do ponto de liberação, causando alteração da concentração mesmo em áreas com nenhuma contribuição significativa de mercúrio, a exemplo do Ártico, resultando em um problema de ordem global.

As emissões atmosféricas são a forma de liberação mais significativa que resulta na contaminação ambiental por mercúrio. Uma vez liberado, o mercúrio persiste no ambiente onde circula entre o ar, a água, os sedimentos, o solo e a biota, podendo reagir formando vários compostos.

Devido às suas características físico/químicas, o mercúrio teve uso intensivo em vários segmentos. Em decorrência do risco associado à sua toxicidade, as indústrias, de forma geral, têm implementado alternativas tecnológicas e, cada vez mais, as autoridades estão limitando ou até mesmo proibindo o seu uso para algumas aplicações (WHO, 2005).

Na Tabela 1 são apresentados dados estimativos em nível mundial para a produção anual de mercúrio no período entre 1981 e 2000. Ainda que esses dados apresentem um grau de incerteza, associado principalmente à abrangência das aplicações do mercúrio, eles expressam uma clara tendência de redução da produção do metal no período.

Tabela 1. Produção mundial estimada de mercúrio no período entre 1981 e 2000.

<b>Período (ano)</b>	<b>1981 1985</b>	<b>1986 1989</b>	<b>1990 1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>
Produção global de mercúrio (toneladas/ano)	5500-7100	4900-6700	3300-6100	2600-2800	2500-2900	2000-2800	2100-2200	1800

Fonte: Programa de meio ambiente da Organização das Nações Unidas – UNEP (2003).

A redução da produção do mercúrio, observada na Tabela 1, deve-se em parte segundo Miraconi (2000) e Debelle (2005) ao seguinte:

- Aumento da reciclagem do metal, principalmente com utilização de retortas;
- Substituição de artigos (instrumentos e relês, por exemplo) por similares eletrônicos;
- Emprego de tecnologias alternativas mais limpas, a exemplo da substituição da tecnologia de produção de cloro/soda via célula eletrolítica de mercúrio, por processos livres desse metal (processo de diafragma e processo de membrana). De acordo com Debelle (2005) a proposta apresentada na 7ª Conferência Internacional do Mercúrio, as fábricas da Europa de produção de soda/cloro via célula de mercúrio deverão encerrar atividades com esta tecnologia até 2020.

O mercúrio faz parte da lista de produtos químicos perigosos da Organização das Nações Unidas (ONU), a qual influenciou os países signatários a criarem leis que regulam principalmente o transporte destes produtos, de forma a garantir critérios de segurança e facilitar o combate a emergências químicas.

No Brasil, a ONU, por meio do Programa de Avaliação do Mercúrio Global (UNEP, 2003), e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), por meio do Programa Nacional de Controle e Monitoramento de Mercúrio (PROMER), vêm investindo em pesquisas para quantificar a contaminação causada pelo uso indiscriminado de mercúrio na mineração de ouro (BARBOSA, 2001). Faz parte de um estudo em desenvolvimento pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), avaliar o impacto no meio ambiente e nos moradores ribeirinhos devido à utilização de mercúrio metálico nas áreas de exploração de ouro na Amazônia e no Pantanal.

O uso do mercúrio metálico em aparelhos como termômetros, barômetros, pilhas e lâmpadas pode causar a contaminação do meio ambiente caso, após a vida útil destes instrumentos/produtos, a sua destinação seja mal gerenciada. A crise de energia ocorrida no Brasil na última década resultou numa verdadeira corrida das pessoas para troca de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes a mercúrio. Embora a quantidade de mercúrio presente em cada lâmpada fluorescente venha se reduzindo nos últimos anos, pode-se atualmente encontrar cerca de 20 mg de mercúrio por lâmpada fluorescente comum, ressalta Raposo (2001). Apesar de mais duráveis e econômicas, o aumento do consumo desse tipo de lâmpada agravou o problema da disposição dos resíduos mercuriais.

Ainda que sem incentivos governamentais, ou mesmo disposições legais, que obriguem a reciclagem do mercúrio contido nas lâmpadas fluorescentes, a coleta seletiva e tratamento dessas tem avançado no Brasil graças à ação responsável de empresas que dão preferência à reciclagem.



Em nível mundial, para a reciclagem do mercúrio presente em ampla gama de produtos, desde lâmpadas até resíduos sólidos de processos industriais, usa-se com maior frequência um sistema chamado retorta, cujo funcionamento está essencialmente baseado no princípio de evaporação do mercúrio presente e a sua posterior condensação. No Brasil, infelizmente a única empresa que realizava este tipo de reciclagem limitou suas atividades a partir da metade de 2004 ao tratamento de lâmpadas e a alguns tipos de resíduos de fácil recuperação do mercúrio, como termômetros e barômetros. Devido ao risco de exposição ocupacional envolvido, a reciclagem do mercúrio contido nos demais resíduos depende de estudo de caso a ser autorizado pelos Órgãos de Meio Ambiente e do Trabalho, conforme acordo firmado entre a empresa e os órgãos supracitados.

A falta de um sistema de gerenciamento dos resíduos mercuriais que demonstre um controle proporcional ao risco envolvido e a falta de um estudo que reúna as principais questões envolvendo estes resíduos formam o cerne deste trabalho. Apenas tendo a gestão dos resíduos sólidos como responsabilidade de toda a sociedade é que se poderá almejar um futuro ambientalmente saudável. Embora ações que visam o monitoramento do consumo de mercúrio e, conseqüentemente, a geração de resíduos, possam ser constatadas na Portaria 32 de maio/95 do IBAMA, a qual dispõe sobre a obrigatoriedade de cadastramento nesse órgão das pessoas físicas e jurídicas que importem, produzam ou comercializem a substância mercúrio metálico, observa-se que as restrições de uso são feitas mais com relação ao controle ocupacional (no ambiente de trabalho) do que em nível ambiental. Tal fato pode, a médio e longo prazos, ocasionar contaminações difusas e de custo de remediação excessivamente elevado.

O desenvolvimento do trabalho foi feito segundo avaliação dos principais passos que envolvem a gestão de resíduos mercuriais e a busca de subsídios que favoreçam o seu conhecimento e controle, como por exemplo: a obtenção e usos; critérios para manipulação dos resíduos; monitoramento da área de trabalho e do operador; acondicionamento para estocagem e transporte; métodos de tratamento e disposição em uso corrente; e métodos de tratamento em desenvolvimento. As informações necessárias foram buscadas em legislações, normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), incluindo os sistemas de normalização da *International Organization for Standardization* (ISO), trabalhos técnicos realizados nessa área e do conhecimento prático do autor.

## **2 OBJETIVOS**

Os objetivos da pesquisa estão materializados em geral e específico.

### **2.1 Geral**

O objetivo geral deste trabalho é o de fornecer subsídios para o devido conhecimento, controle e disposição após uso de equipamentos, materiais e resíduos que contém mercúrio em sua composição, elaborados como uma proposição prática de gerenciamento de resíduos mercuriais.

### **2.2 Específicos**

São os seguintes os objetivos específicos do trabalho:

- a) Facilitar a reciclagem do mercúrio, pelo fornecimento de orientação para a correta segregação dos seus resíduos;
- b) Fornecer subsídios que facilitem o controle e rastreabilidade dos resíduos mercuriais;
- c) Apresentar técnicas de tratamento e destinação final;
- d) Contribuir para evitar a contaminação humana e ambiental por má gestão de resíduos contendo mercúrio e conseqüente custo financeiro e depreciação da imagem da empresa;
- e) Apresentar as principais legislações que envolvem o tema mercúrio, como interpretação do cenário de controle exercido atualmente no País;
- f) Apresentar mecanismos para o gerenciamento de resíduos mercuriais dentro das empresas, que propiciem a redução dos riscos de contaminação durante acondicionamento, estocagem e transporte;
- g) Contribuir para a redução dos custos de transporte e tratamento dos resíduos, por meio da proposição de uma correta segregação e ações gerenciais que visem a não-geração, quando aplicável, e a redução, quando não for possível substituir o uso do mercúrio;
- h) Promover a conscientização dos usuários de equipamentos que utilizam mercúrio para os riscos a ele relacionados.

### 3 MÉTODO

Para desenvolvimento da dissertação foi aplicado método de pesquisa bibliográfica. Essa pesquisa envolveu revisão bibliográfica de materiais de divulgação e publicações técnicas pertinentes disponibilizadas por órgãos de defesa do meio ambiente como o IBAMA, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, Ministério do Meio Ambiente – MMA, Agência de Meio Ambiente do Canadá (*Canadian Environmental Assessment Agency*), Departamento de Ecologia de Washington (*Washington State Department of Ecology*), Agência de Proteção do Meio Ambiente dos Estados Unidos – S.A. EPA (*U.S. Environment Protection Agency*) e da Organização das Nações Unidas - ONU.

Utilizaram-se as ferramentas de busca de periódicos e teses da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, tendo como parâmetro de busca principalmente os últimos 4 anos de histórico.

Quanto ao embasamento legal, as legislações pertinentes ao tema foram pesquisadas no *software* específico para este tipo de consulta: “Legislação de Meio Ambiente” (LEMA, 2006). O âmbito da pesquisa realizada restringiu-se às legislações de caráter nacional e do estado de São Paulo.

Para avaliação das tecnologias relativas ao tratamento e disposição de resíduos mercuriais, foram efetuadas visitas técnicas, nas quais puderam ser avaliados os ganhos e limitações de cada tecnologia. Os locais visitados incluíram aterros Classe I, empresas de tratamento de resíduos mercuriais, centros de pesquisa como o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) e CETEM (Centro de Tecnologia Mineral/RJ).

Para composição de temas complementares à pesquisa, como saúde no trabalho e segurança ocupacional, foram entrevistados profissionais das referidas áreas, consultadas Normas Trabalhistas (NR) e da Associação Brasileiro de Normas Técnicas (ABNT).

As questões relacionadas com o transporte de resíduos foram extraídas da Resolução 420/04, de 12 de fevereiro de 2004, da Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, que trata do transporte de produtos perigosos, e de cursos de capacitação da área de transporte, tais como: “Preparação para Embarque de Produtos Perigosos”, ministrado pela Associação Brasileira das Indústrias Químicas (ABIQUIM, 2006a); “Auditoria Interna de Sistema de Avaliação de Saúde Segurança, Meio Ambiente e Qualidade – SASSMAQ”, ministrado pelo *Bureau Veritas*; e “Como Evitar Riscos e Impactos Ambientais”, ministrado pela Academia de Desenvolvimento Profissional e Organizacional – ADPO.

Foram consultadas empresas geradoras de resíduos mercuriais para visualização do atual cenário e ações de curto e médio prazos para solução da questão da redução das possibilidades de destinação desses resíduos, dado que a única empresa que tinha autorização ambiental no Brasil para recuperação do mercúrio deixou temporariamente de prestar esse serviço em junho de 2004 e atualmente está com limitação para recebimento. Principalmente, essa consulta teve o objetivo de avaliar qual o cenário futuro para o gerenciamento dos resíduos mercuriais.

A compatibilização do gerenciamento de resíduos mercuriais com outros sistemas de gerenciamento de resíduos, perigosos ou não, foi realizada com uma abordagem voltada para os preceitos do Programa Atuação Responsável da Abiquim (ABIQUIM, 2005) e da ISO 14001/04, por meio do curso de Auditor Líder Ambiental ministrado pelo *Bureau Veritas*.

Sempre que aplicável, foram relacionadas as normas da ABNT, como por exemplo, no caso do acondicionamento de resíduos perigosos e de critérios de transporte de produtos perigosos. As Normas Brasileiras desenvolvidas pela ABNT, que estão citadas ao longo da dissertação, foram consultadas no *software* “Controle Eletrônico de Normas para Windows” – CenWind, que é disponibilizado pela ABNT.

A dissertação teve seus temas desenvolvidos a partir da escolha dos subsídios considerados importantes para o gerenciamento dos resíduos mercuriais.

A vivência prática de quinze anos, nas áreas de meio ambiente, laboratório e processos industriais relacionados com a temática do mercúrio, contribuiu para a formatação de contexto gerencial dos resíduos abordados.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Foram consultadas informações como a obtenção do mercúrio na natureza, ciclo do mercúrio no meio ambiente, equipamentos e processos que podem conter mercúrio, aspectos legais e normativos e formas de tratamento e destinação dos resíduos para interpretação do cenário atual dos resíduos mercuriais no Brasil, tópicos que são detalhados neste capítulo.

### 4.1 Obtenção do mercúrio metálico

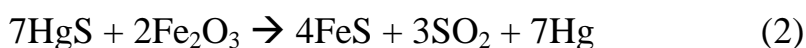
Segundo ULLMANN (1998), o mercúrio, símbolo Hg, do grego *hydrar* = água e *argyros* = prata, número atômico 80 e peso atômico 200,59, é conhecido desde há cerca de 1000 A.C. por causa do seu estado líquido à temperatura ambiente (ponto de fusão  $-38,89\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

O mercúrio é considerado um elemento relativamente raro na natureza, com concentrações médias estimadas na crosta terrestre de 0,08 ppm e na água do mar de  $3 \times 10^{-5}$  ppm. Ele é encontrado em maior concentração na natureza como um minério vermelho chamado cinábrio, na forma de sulfeto de mercúrio (HgS) e, em menor concentração, em uma série de outros minerais.

Devido à baixa concentração, para realizar a extração do mercúrio primário, o minério deve ser inicialmente concentrado, quando é submetido a operações de moagem, peneiramento e/ou flotação. O minério concentrado é então aquecido a uma temperatura entre 500 a 600  $^{\circ}\text{C}$ , em fornos de aquecimento direto ou indireto, retortas ou muflas, na presença de oxigênio (ar), ou óxido de ferro. Nessa condição, o enxofre (S) se oxida a dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), conforme Equação (1), ou passa a sulfeto ferroso, conforme Equação (2), produtos esses que são removidos, restando os vapores de mercúrio metálico, que são condensados e recolhidos (AZEVEDO, 2003; ULLMANN, 1998). As respectivas equações são representadas como:



e



Da mesma forma que o minério primário, resíduos industriais contendo mercúrio também contribuem, por meio da reciclagem, para a produção desse metal.

Dentre os países que reportam a produção primária anual de mercúrio ao Programa Mercúrio Global, as maiores produções, em 2002 informadas em

UNEP (2003), foram da Argélia, com 240 t/ano, China, com 200 t/ano, Quirguizistão, com 600 t/ano, e Espanha com 237 t/ano.

No Brasil o mercúrio utilizado é adquirido por importação ou reciclagem, sendo obrigatório pela Portaria IBAMA Nº 32 (1995) estar cadastrado no IBAMA para importar, produzir por reciclagem ou comercializar a substância mercúrio metálico.

## 4.2 Uso do mercúrio

Historicamente o mercúrio vem sendo usado em equipamentos como medidores de temperatura e pressão, relês, lâmpadas e em alguns tipos de bateria entre outros (NEWMOA, 2002). Os equipamentos possuem geralmente um compartimento selado onde o mercúrio fica retido, o que reduz o risco de contaminação durante a sua vida útil. Porém, no caso de quebra ou descarte após o uso, pode haver a contaminação do ambiente e, conseqüentemente, humana.

O Quadro 1 relaciona as formas químicas em que o mercúrio pode ser encontrado e suas propriedades e usos.

Forma Química	Propriedades	Aplicações
metálica	- líquido a temperatura ambiente, expansão volumétrica uniforme em ampla faixa de temperatura, alta tensão superficial, não aderência a superfícies vítreas	- aparelhos de medição de pressão e temperatura: termômetros, barômetros e manômetros.
	- baixa resistência elétrica e alta condutividade térmica	- materiais elétricos e eletrônicos, agente resfriante
	- alto potencial de oxidação em relação ao do hidrogênio	- operações eletroquímicas: indústrias de cloro e soda
	- facilidade de formação de amálgamas com outros metais	- metalurgia, odontologia, processos extrativos (garimpo).
compostos orgânicos	- poder de assepsia por oxidação de matéria orgânica	- inseticidas, bactericidas, fungicidas.
compostos inorgânicos	- alta estereoespecificidade	- catálise na indústria de polímeros sintéticos.

Quadro 1. Relação entre a forma química, propriedades e aplicações do mercúrio.

Fonte: MICARONI (2000).

Os avanços tecnológicos em instrumentação eletrônica tornaram possível a substituição de grande parte dos equipamentos que contém mercúrio por sistemas isentos deste metal. Nos casos de instrumentos onde se requer algum tipo de leitura, os substitutos eletrônicos, por utilizarem mostradores digitais, são mais fáceis de operar.

Conhecer os equipamentos que podem conter mercúrio em seu interior é importante tanto no sentido de evitar a aquisição, optando sempre que possível por sistemas isentos desse metal, como para manter procedimento de substituição quando necessário, destinando corretamente os que serão descartados com o tempo. No Anexo A, foram relacionados alguns equipamentos que podem conter mercúrio em sua composição e que, ao final de sua vida útil, recomenda-se a verificação de modo a destiná-los corretamente, ou até mesmo, elaborar um cronograma de substituição por equipamentos alternativos (livres de mercúrio), evitando acidentes com o derrame do metal. Tais informações foram extraídas do *site* da Agência de Meio Ambiente dos Estados Unidos – U.S. EPA, elaboradas com base em dados de fabricantes, disponibilizadas para a “*The Northeast Waste Management Officials' Association*” (NEWMOA, 2002, apud U.S. EPA, 2005).

Como exemplo de consumo intensivo de mercúrio, pode-se citar as indústrias produtoras de soda e cloro via célula a mercúrio, atuantes no Brasil a partir de 1933. Descoberto há mais de 150 anos, o cloro é um elemento essencial para a vida moderna e está presente, direta ou indiretamente em cerca de 80 % de todos os produtos industriais, tais como medicamentos, equipamentos cirúrgicos, eletrônicos, água sanitária, agricultura, autopeças, combustível, siderurgia, construção civil, e informática (Revista Química e Derivados, 2003).

A produção nacional de cloro-soda, segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Álcalis, Cloro e Derivados – ABICLOR (2006) é da ordem de 1,284 milhão de toneladas/ano (base 2005), das quais 23 % utilizam células de mercúrio, para o restante da produção são utilizadas duas outras técnicas isentas de mercúrio: membrana e diafragma. O consumo médio brasileiro de mercúrio por tonelada de cloro-soda produzida é de 15 g, sendo que a empresa consultada em Revista Química e Derivados (2003), consome 5 g. Avaliando-se os valores de produção anual e de consumo de mercúrio, pode-se concluir que dentre 4,5 toneladas de mercúrio são consumidas por ano no Brasil, nesse segmento produtivo.

O Brasil não possui reservas naturais de mercúrio. Segundo dados disponibilizados pelo Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior – MDIC (2006), a importação de mercúrio metálico no Brasil nos últimos 10 anos corresponde ao demonstrado na Figura 1. Também relaciona-se, na mesma figura, a evolução do preço do mercúrio em US\$/kg, onde pode ser

observado que essa matéria prima teve seus preços reajustados em aproximadamente 300 % entre o ano de 2003 e 2005.

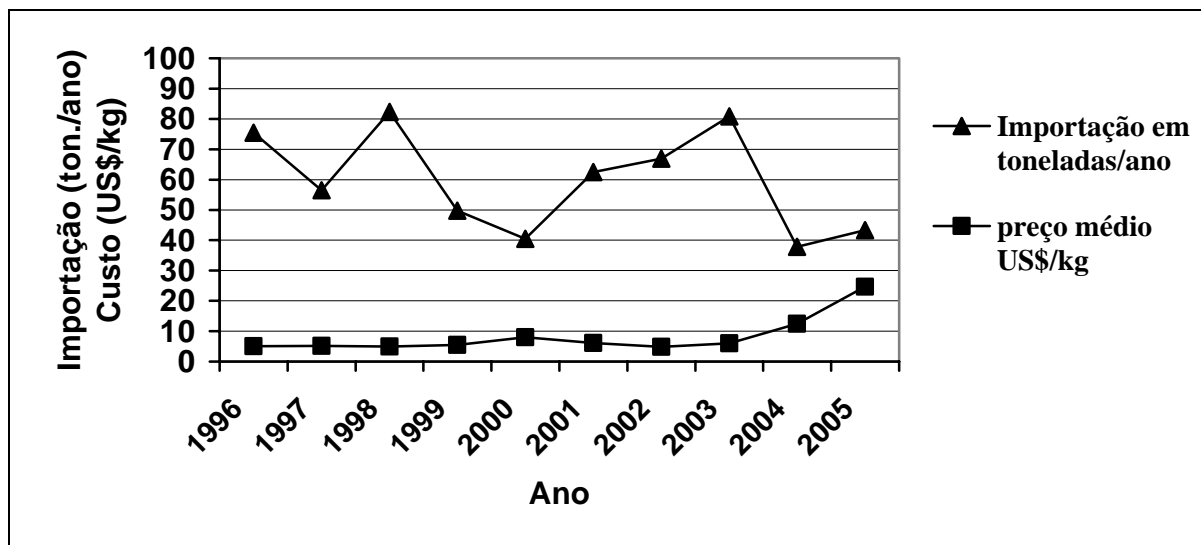


Figura 1. Importação de mercúrio no Brasil e custo por kg; elaborado a partir de dados disponibilizados por MDIC (2006).

Com relação à origem do mercúrio os principais países de importação no período entre 2003 e 2005 informados por MDIC (2006) foram, Espanha 38 %, Reino Unido 23,6 %, Federação da Rússia 10,7 % e Estados Unidos 8,42 %).

As importações de mercúrio destinam-se aos seguintes setores: revendedoras 83 %; odontologia 10,4 %; químico 5,5 %; termômetros 0,9 % e lâmpadas 0,2 %. O MDIC não esclarece a destinação do mercúrio comercializado pela venda.

### 4.3 Ciclo do mercúrio na natureza

Por estar no estado líquido à temperatura ambiente, o mercúrio apresenta pressão de vapor consideravelmente alta dentre os metais, capaz de promover concentrações perigosas nos ambientes internos ou externos (AZEVEDO, 2003).

Schroeder e Munthe (1998) afirmam que, no estado gasoso o mercúrio metálico se dispersa relativamente rápido na atmosfera e, com o movimento do ar, é absorvido por plantas e animais. Propriedades como baixa reatividade – o mercúrio é considerado um metal relativamente nobre – e baixa solubilidade em água, fazem com que o mercúrio na forma  $Hg^0$  (mercúrio na forma elementar) apresente elevados tempos de residência na atmosfera, da ordem de um ano.



As emissões de mercúrio podem ser classificadas como de origem natural e decorrente de atividade humana (fonte antropogênica), conforme exemplificado no Quadro 2. As emissões naturais resultantes da desgaseificação da crosta terrestre, erosão do solo pelo vento e de atividades vulcânicas, constituem a mais intensa fonte de emissão do mercúrio segundo Ullmann's (1998). Ainda que não tão intensivas quanto as emissões naturais, as emissões resultantes da atividade humana permanecem como uma importante fonte de emissão de mercúrio.

Fontes naturais	Fontes antropogênicas
Desgaseificação do manto terrestre Erosão/evasão da crosta terrestre e da água doce Evasão e produção de aerossóis na superfície da água do mar Emanações biogênicas Ocorrências e processos geológicos (exemplo: vulcões, falhas na crosta terrestre, terremotos, gêiseres e fontes termais) Incêndios naturais	Combustão de combustíveis fósseis (especialmente carvão e óleo), incineração de resíduos Extração e processamento mineral (exemplo: extração e recuperação de metais preciosos) Fábricas de cloro-soda (papel e celulose e cloro) que utilizam tecnologia a mercúrio. Uso odontológico (amalgamas dentário) Disposição de produtos que contém mercúrio (chaves de contato, termômetros, baterias, lâmpadas fluorescentes, produtos/instrumentos/ aplicados na medicina, usos na agricultura)

Quadro 2. Exemplos de fontes, usos e/ou processos que liberam mercúrio para a atmosfera.

Fonte: ULLMANN'S (1998).

Na atmosfera, foi relatado por Magarelli e Fostier (2005), que o mercúrio pode participar de vários processos e/ou interações de natureza química, física ou fotoquímica, propiciando sua transferência para os compartimentos aquáticos e terrestre, bem como sua possível conversão em metilmercúrio (MetilHg). A Figura 2 ilustra o ciclo do mercúrio na natureza considerando as contribuições naturais e antropogênicas.

O mercúrio inorgânico pode ser convertido em metilmercúrio e dimetilmercúrio pela ação de microorganismos (bactérias metanogênicas), particularmente nos sedimentos. A biotransformação do mercúrio inorgânico em metilmercúrio representa um sério risco ambiental visto que ele se acumula na cadeia alimentar aquática por um fenômeno chamado bioamplificação, isto é, a concentração do metal aumenta à medida que ele avança nos níveis tróficos. Portanto, tendo a capacidade de permanecer por longos períodos nos tecidos do organismo, este elemento poderá ser encontrado nos peixes predadores da extremidade da cadeia

alimentar em concentrações elevadas, culminando, finalmente, no regime alimentar dos humanos.

Uma descrição detalhada que bem explica a Figura 2 e a formação do MetilHg encontra-se na obra de Bisinoti e Jardim (2004), “O comportamento do metilmercúrio”.

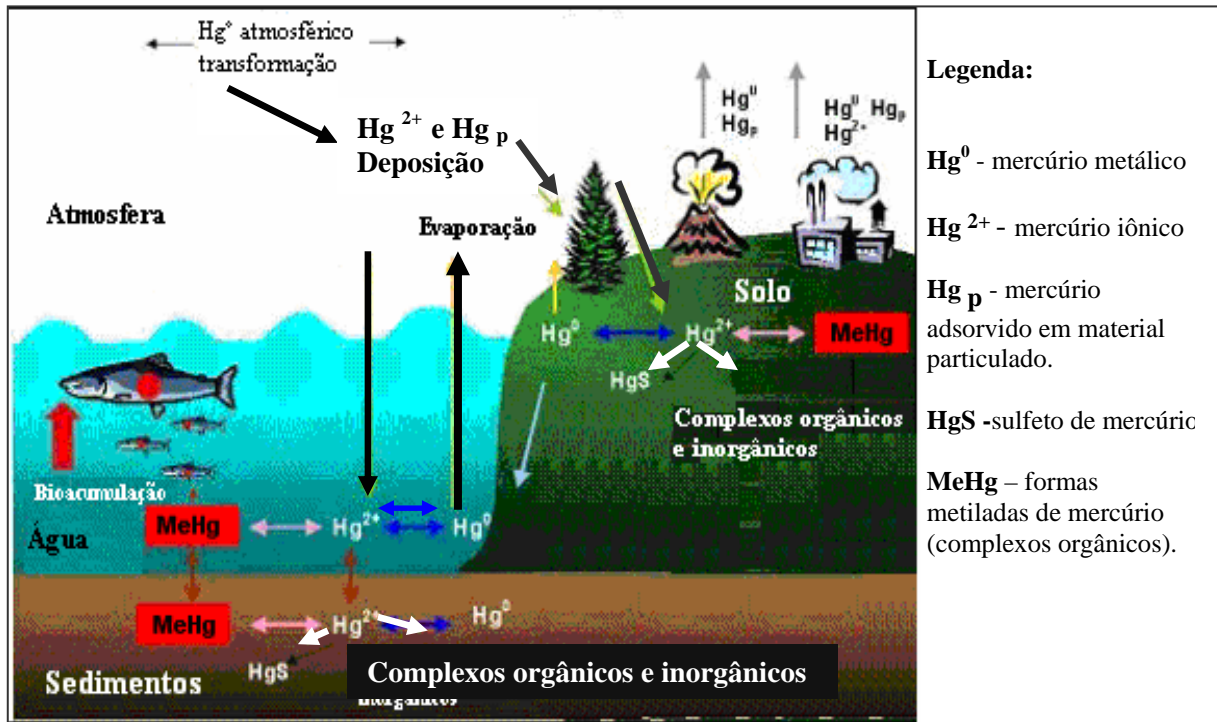


Figura 2 – Ciclo do mercúrio na natureza, em decorrência de liberações naturais e antropogênicas.

Fonte: Agência de Meio Ambiente do Canadá (2005).

Industrialmente, o mercúrio é usado em uma grande variedade de produtos, porque exibe propriedades de um metal e de um líquido, mesmo em temperatura ambiente, possui elevada densidade e é um bom condutor de eletricidade e reage precisamente às mudanças de temperatura. Quando da quebra acidental desses produtos, ou quando esses, ao final da sua vida útil, são dispostos sem controle, o mercúrio pode ser liberado e vir a contaminar o meio ambiente.

Descartado no lixo (lâmpadas, baterias e outros), o mercúrio pode ser liberado dos aterros municipais pelos seguintes mecanismos: por simples evaporação; como um componente do gás gerado durante a decomposição dos resíduos sob circunstâncias anaeróbicas; ou como componente do percolado (líquido que flui do aterro).

A observação do ciclo do mercúrio na natureza demonstra a importância da implantação de um plano de gerenciamento de resíduos para assegurar que o mercúrio presente, assim como os produtos, sejam dispostos corretamente a fim de impedir que alterem negativamente a saúde ambiental e humana.

#### **4.4 Aspectos Legais**

A seguir, são apresentados trechos de leis de maior representatividade relacionadas ao mercúrio, bem como as regulamentações normativas aplicáveis.

Para facilidade de interpretação, sempre que possível, as legislações foram mencionadas por setor de atividade.

##### **a) Consultórios Odontológicos**

A Secretaria de Saúde do Estado de São Paulo, com a Resolução SS-15, de 18 de Janeiro de 1999, aprovou a Norma Técnica Especial para consultórios odontológicos, na qual, entre outras disposições, destacam-se exclusivamente para o mercúrio os artigos 74 e 75:

“Artigo 74 - Os restos mercuriais deverão ser mantidos em recipiente rígido, vedado por tampa rosqueável, contendo água em seu interior.”

“Artigo 75 - Os resíduos mercuriais devem ser enviados para usinas de reciclagem, visto que sua destinação final comum pode causar contaminação ao meio ambiente.”

A padronização do mercúrio de uso odontológico pode ser encontrada na Norma Brasileira - NBR 9987, de agosto de 1987, a qual fixa condições mínimas exigíveis ao mercúrio utilizado no preparo do amálgama de uso odontológico, bem como as exigências para embalagem e comercialização do mercúrio.

O amálgama dentário é uma liga que contém, além do mercúrio, prata, cobre, estanho e outros metais em menor escala. Seus resíduos, embora tóxicos, podem atrair a atenção de interessados na recuperação desses metais. Ocorre que a recuperação dos metais nobres em ambiente aberto, sem os cuidados necessários para reter o mercúrio volatilizado no processo, gera um foco de intensa contaminação mercurial, sujeitando aqueles que assim procedem e também aqueles que geram o resíduo (os consultórios odontológicos), ao enquadramento na legislação ambiental e, em especial, na Lei dos Crimes Ambientais (Lei Federal Nº 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998).

### **b) Indústrias produtoras de Soda e Cloro via célula eletrolítica a mercúrio**

A Lei Federal Nº 9.976, de 03 de julho de 2000, dispõe sobre a produção de cloro pelo processo de eletrólise em todo o território nacional e estabelece regras para a manutenção das unidades já implantadas. Conforme o Artigo 3º dessa lei:

“Art. 3º Fica vedada à instalação de novas fábricas para produção de cloro pelo processo de eletrólise com tecnologia a mercúrio e diafragma de amianto”.

### **c) Produção de pilhas e baterias**

A Resolução 257, de 1999, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, dispõe sobre o descarte e o gerenciamento adequado de pilhas e baterias usadas, no que tange a coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final:

“Art. 5º - A partir de 1º de janeiro de 2001, a fabricação, importação e comercialização de pilhas e baterias deverão atender aos limites estabelecidos a seguir:

I - com até 0,010% em peso de mercúrio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês”.

IV – com até 25 mg de mercúrio por elemento, quando forem do tipo pilhas miniatura e botão.”

“Art. 9º - No prazo de um ano contado a partir da data de vigência desta Resolução, nas matérias publicitárias e nas embalagens ou produtos descritos no Art. 1º deverão constar, de forma visível, as advertências sobre os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, bem como a necessidade de, após seu uso, serem devolvidos aos revendedores ou à rede de assistência técnica autorizada, para repasse aos fabricantes ou importadores”.

### **d) Medicamentos**

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, considerando as diretrizes internacionais que recomendam a redução da exposição ao mercúrio e que os medicamentos à base de derivados mercuriais possuem relação risco-benefício desfavorável quando comparados com outros anti-sépticos tópicos, publicou a Resolução Federal Nº 528, de 17 de abril de 2001, cujo Art. 1º proíbe o uso de compostos mercuriais nos medicamentos e no Art. 2º, concedeu o prazo

de 60 dias, contados a partir da data de publicação da resolução, para que as empresas detentoras de registro dos medicamentos de que trata o Art. 1º, efetuassem o recolhimento de seus medicamentos em todo o território nacional. Entretanto, essa resolução por meio do Art. 5º, manteve autorização de uso, de derivados mercuriais como conservantes de vacinas.

#### **e) Mineração**

O Decreto Federal Nº 97.507, de 13 de fevereiro de 1989, estabelece a obrigatoriedade de cadastramento e licenciamento pelo órgão ambiental competente das atividades de mineração. No seu Art. 2º, esse decreto proíbe o uso de mercúrio na extração de ouro, exceto em atividade autorizada pelo órgão ambiental competente. Embora exista monitoramento das mineradoras no País, a mineração artesanal de ouro utilizando mercúrio, de uso difuso e em locais de difícil acesso, permanece como desafio para o controle dessa prática no Brasil. A mineração artesanal na região amazônica é responsável por quase 50 % da produção brasileira de ouro. Para reverter essa situação, o Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT (2005), por meio do CETEM, discute propostas para criar uma campanha educativa permanente, que esclareça os garimpeiros e toda a população a respeito dos perigos do mercúrio.

#### **f) Lâmpadas fluorescentes**

Durante a pesquisa nacional e estadual por legislações envolvendo o uso de mercúrio, identificou-se para o caso específico de lâmpadas mercuriais, uma lei do Município de Campinas em São Paulo, a Lei Municipal nº 11.294, de 27 de junho de 2002, da qual foram extraídos os principais artigos, sendo eles:

“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 prédios públicos municipais”.

Deve-se destacar que na região de Campinas está instalada uma empresa de reciclagem de mercúrio proveniente de lâmpadas, o que facilita a tomada da decisão local.

#### **g) Importadores, produtores e comerciantes de mercúrio metálico**

Com o objetivo de monitorar a comercialização e uso de mercúrio no Brasil, o IBAMA publicou a Portaria Nº 32, de 12 de maio de 1995, que estabelece em seu Art. 1º a obrigatoriedade de cadastramento nesse órgão das pessoas físicas e jurídicas que importem, produzam ou comercializem a substância mercúrio metálico. O registro tem validade de um ano, contado a partir de 31 de janeiro, sendo emitido mediante o recolhimento de uma taxa correspondente ao volume utilizado.

#### **h) Normas Regulamentadoras – NRs do Ministério do Trabalho e Emprego**

As normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) foram aprovadas por meio da Portaria MTE Nº 3.214, de 8 de junho de 1978. Essas normas são revisadas com o tempo, porém permanecem com a mesma numeração. Atualmente, totalizam 32 normas, podendo-se destacar as 5 seguintes como de interesse para o gerenciamento de resíduos mercuriais:

- NR 6 – Equipamento de proteção individual – EPI;
- NR 7 – Programa de controle médico e saúde ocupacional (PCMSO);
- NR 9 – Programa de prevenção de riscos ambientais (PPRA);
- NR 15 – Atividades e operações insalubres;
- NR 25 – Resíduos industriais.

Para visão geral, as legislações comentadas foram relacionadas em forma de quadro no Anexo B. A última atualização do *software* de consulta a legislações LEMA (2006) foi realizada em março de 2006.

As Normas Brasileiras desenvolvidas pela ABNT, citadas ao longo da dissertação foram consultadas no *software* “Controle Eletrônico de Normas para Windows” – CenWind. Esse *software* é disponibilizado pela ABNT. As normas são dispostas em forma de quadro no Anexo C.

## 4.5 Classificação dos resíduos

Atualmente, a classificação de resíduos no Brasil é feita conforme norma ABNT (2004a) NBR 10004:04 Resíduos Sólidos – Classificação, sendo dividida em duas classes principais de risco, a saber:

a) Resíduos Classe I – Perigosos: aqueles que apresentam periculosidade em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, podendo apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente ou possuam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, patogenicidade, toxicidade acima dos valores do Anexo F da NBR 10004, ou constem nos Anexos A ou B da norma;

b) Resíduos Classe II (não-perigosos): subdivididos em

- Classe II A – Não-inertes: todos os resíduos que não se enquadrem na definição de Classe I e Classe II B da NBR 10004:04, podendo apresentar propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
- Resíduos Classe II B – Inertes: quaisquer resíduos que, depois de amostrados de uma forma representativa, segundo ABNT NBR 10007:04 “Amostragem de resíduos sólidos”, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, a temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006:04 “Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos”, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme Anexo G da NBR 10004:04.

O procedimento de classificação dos resíduos mercuriais pode ser feito, segundo a fonte geradora (não-específica e específica), por meio do constituinte, ou por análises físicas e químicas, conforme detalhado a seguir:

a) **Resíduos perigosos de fonte não-específica** (constantes do Anexo A da NBR 10004:04). Para este caso é possível identificar apenas lâmpadas com vapor de mercúrio após o uso, código de identificação F044;

b) **Resíduos perigosos de fonte específica** (descritos no Anexo B da NBR 10004:04). Estão enquadrados como perigosos todos os seguintes resíduos mercuriais:

- código K071: lamas de purificação de salmoura, provenientes de células de mercúrio em unidades de produção de cloro, onde não se faz a pré-purificação da salmoura;

- código K106: lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção de cloro em células de mercúrio;
  - código K175: lodos do tratamento de águas residuárias da produção do monômero de cloreto de vinila que utiliza como catalisador o cloreto mercúrico num processo à base de acetileno.
- c) **Resíduos perigosos definidos pela substância constituinte** (descritos no Anexo C da NBR 10004:04). Nos casos onde o mercúrio é predominante, como em sobras de mercúrio metálico proveniente de equipamentos que contém o metal, pode-se utilizar o código de identificação U151-Mercúrio.
- d) **Classificação do resíduo por meio de análises** – Depois de constatado não ser possível classificar o resíduo conforme a fonte geradora e/ou constituinte, deve-se avaliar os aspectos físico-químicos do resíduo. Neste caso a NBR 10004:04, no Item 5, destaca que deverão ser usados os métodos U.S. EPA – SW 846, última edição e quando disponível, os métodos nacionais equivalentes elaborados pela ABNT. Basicamente, são realizadas análises no extrato lixiviado, preparado segundo ABNT NBR 10005:04, “Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos” e análise do extrato solubilizado, realizado conforme ABNT NBR 10006:04, “Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos”. Para efeito de classificação do resíduo, deve-se comparar os dados obtidos no lixiviado com aqueles constantes no Anexo F da NBR 10004:04. Os dados obtidos no solubilizado devem ser comparados com o Anexo G da NBR 10004:04.

Para que o resíduo seja considerado perigoso (Classe I) pela concentração de mercúrio segundo o Anexo F da NBR 10004 (2004), ele deve apresentar no extrato lixiviado valor superior a 0,1 mg/L.

Para que o resíduo seja enquadrado como não-perigoso e inerte (Classe II B), em relação ao valor de mercúrio no extrato do solubilizado, este não deve exceder 0,001 mg/L.

Para facilitar o entendimento das formas de classificação dos resíduos, é apresentado na Figura 3 um fluxograma simplificado extraído da NBR 10004:04.



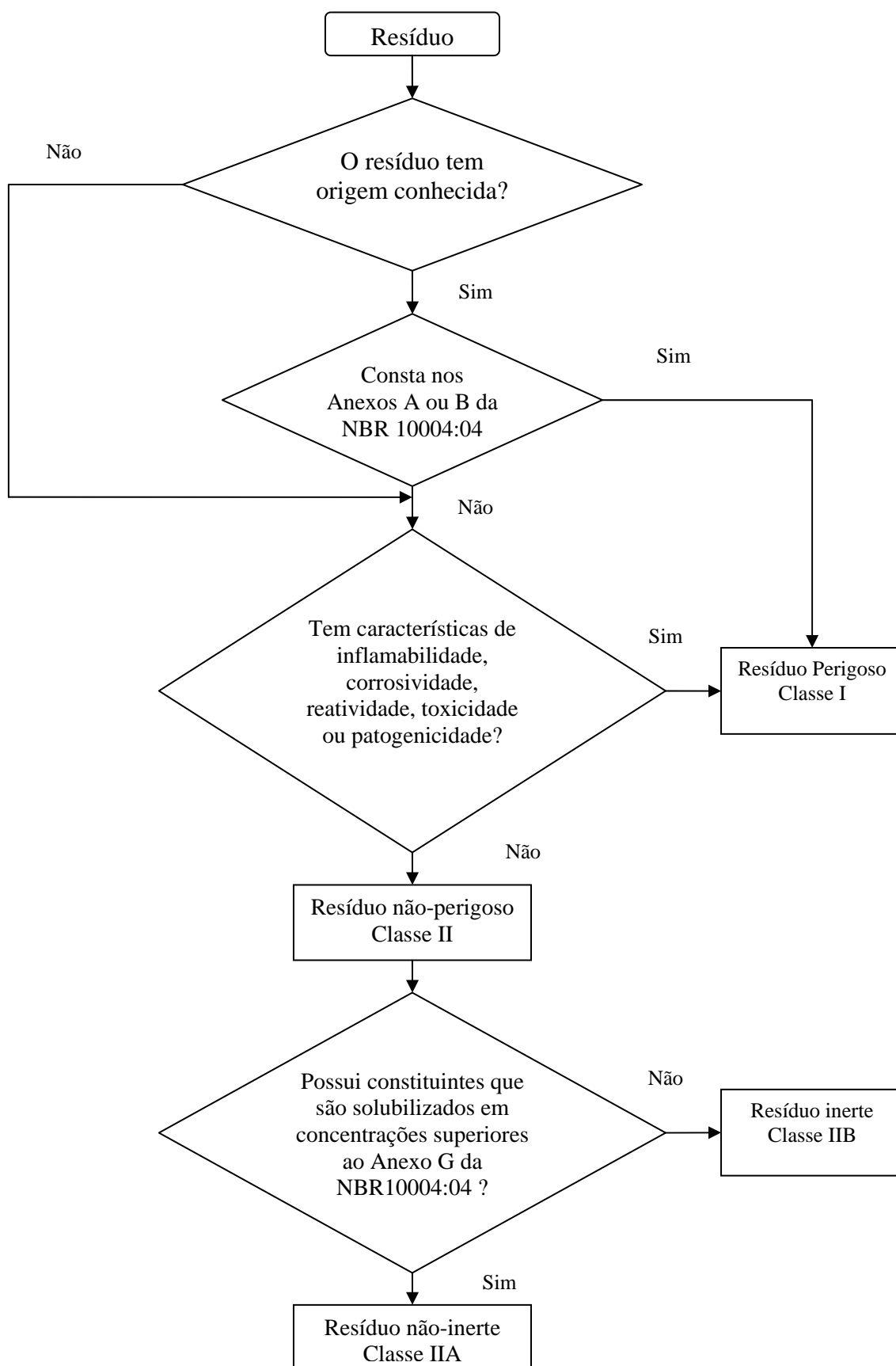


Figura 3 – Fluxograma para classificação de resíduos sólidos.  
Fonte: NBR 10004 (2004).

É importante observar que as considerações acerca da classificação dos resíduos, citadas nesta dissertação, são voltadas apenas para resíduos mercuriais.

Deve-se também levar em conta a possibilidade de o resíduo apresentar outros tipos de contaminantes. Para uma avaliação em situação real, recomenda-se verificar o processo gerador e suas matérias-primas, na busca de informações sobre outros possíveis elementos presentes e solicitar uma caracterização completa do resíduo.

Na Tabela 2 são apresentados vários equipamentos utilizados para a análise de mercúrio e seus limites de detecção. A escolha do equipamento se dá de acordo com a precisão necessária e a matriz (solo, água e/ou resíduo por exemplo) que se deseja analisar.

Tabela 2 – Relação de equipamentos utilizados para análise de mercúrio e seus respectivos limites de detecção.

Método		Limite de Detecção
Método Colorimétrico		0,01-0,1 mg/g
Espectrometria de Absorção Atômica	Forno de grafite (GF AAS)	1 ng/g
	Vapor frio (CV AAS)	0,01-1 ng/g
Espectrometria de Fluorescência Atômica	Vapor frio (CV AFS)	0,001-0,01 ng/g
Análise por Ativação com Nêutrons	Instrumental (INAA)	1-10 ng/g
	Radioquímica (RNAA)	0,01-1 ng/g
Cromatografia Gasosa	Detector de Captura Eletrônica	0,01-0,05 ng/g
	Detector de Emissão Atômica	~ 0,05 ng/g
	Espectrometria de Massa	0,1 ng/g
	CV AAS / CV AFS	0,01-0,05 ng/g
Cromatografia Líquida de Alta Eficiência	Detector de Ultra-violeta	1 ng/mL
	CV AAS	0,5 ng/mL
	CV AFS	0,08 ng/mL
	Eletroquímico	0,1-1 ng/mL
Plasma Acoplado Indutivamente	Espectrometria de Massa (ICP MS)	0,01 ng/mL
	Espectrometria de Emissão Atômica (ICP AES)	2 ng/mL
Espectrometria Foto-Acústica		0,05 ng
Fluorescência de Raio X		5 ng/g - 1 mg/g
Métodos Eletroquímicos		0,1-1 mg/g
Analisador de Filme de Ouro		0,05 mg/g
GF AAS – <i>Graphite furnace atomic absorption spectroscopy</i> CV AAS – <i>Cold vapor atomic absorption spectroscopy</i> CV AFS – <i>Cold vapor atomic fluorescence spectroscopy</i> INAA - <i>Instrumental neutron activation analysis</i> RNAA – <i>Radiochemical neutron activation analysis</i> ICP MS – <i>Inductively coupled plasma mass spectroscopy</i> ICP AES - <i>Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy</i>		

Fonte: MICARONI (2000).

## 5 PROPOSTA METODOLÓGICA

Para que a gestão de resíduos mercuriais seja eficiente, ela deve ser conduzida com uma visão integrada de saúde, segurança e meio ambiente. Desta forma, apresenta-se a seguir os principais tópicos que envolvem essa gestão, resumidamente indicados na Figura 4, tendo em vista fornecer subsídios que auxiliem o gestor a desenvolver uma sistemática própria e satisfatória, devendo este adaptar as informações, levando em conta a realidade de cada caso, a abrangência e a frequência de exposição aos resíduos mercuriais.

Na Figura 4 estão inseridas informações da revisão bibliográfica e da proposta metodológica, de maneira a demonstrar o contexto estrutural da proposta de gestão dos resíduos mercuriais.

Os aspectos legais e normativos são destacados por serem referência que deve nortear a gestão a ser adotada. Porém, devido à frequência em que são criadas ou atualizadas, deve-se manter uma sistemática que garanta a manutenção das leis e normas atualizadas.

Pode ser observado na Figura 4 que os aspectos ligados à saúde ocupacional são abordados não apenas em relação aos EPIs, mas também em relação ao monitoramento do ambiente de trabalho e de avaliações médicas periódicas. Ações simples como informações sobre o risco associado à atividade e o atendimento à NBR 12235 (Estocagem de produtos perigosos) são auxiliares importantes na prevenção de doenças provenientes de exposição aguda ou crônica.

Apesar de não serem o foco deste trabalho, informações adicionais de tratamento, disposição final e técnicas em desenvolvimento foram incluídas para demonstrar o cenário atual pós-consumo e enfatizar a importância de garantir critérios mínimos de gestão no destinatário final (por meio de auditoria, por exemplo). Manter-se atualizado em relação a novas tecnologias que possibilitem a recuperação do mercúrio presente nos resíduos e que tenham segurança em relação à saúde ocupacional e ambiental é um conceito de melhoria contínua que deve ser perseguido pelo gestor.

Entende-se que a Figura 4 sintetiza e esclarece a contribuição pretendida com o trabalho, sendo um importante quadro das responsabilidades a serem assumidas e gerenciadas, de forma a garantir um ambiente saudável para os trabalhadores a sociedade e o meio ambiente.

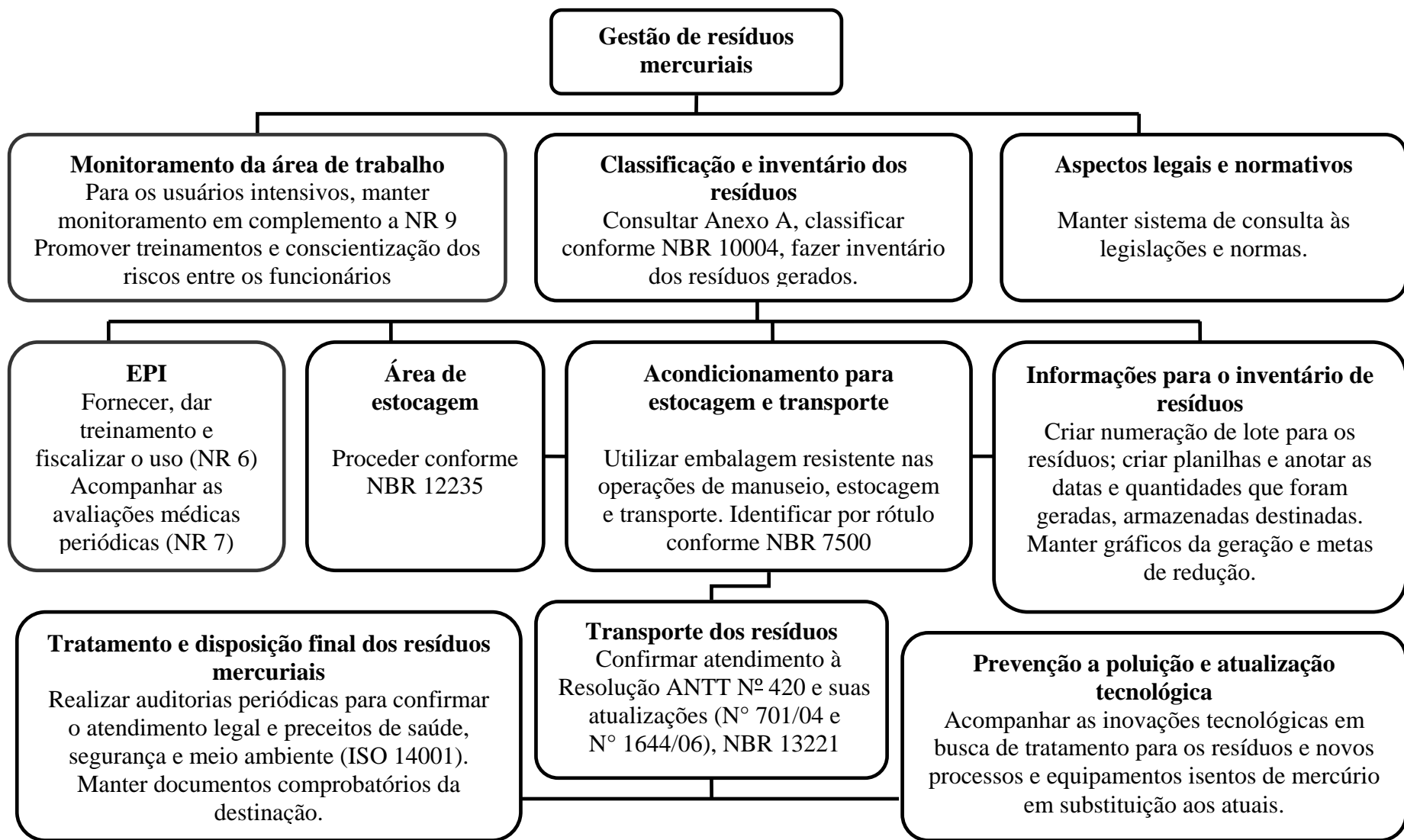


Figura 4. Quadro resumido dos principais tópicos para o gerenciamento de resíduos mercuriais, segundo a proposição de gestão desenvolvida neste trabalho.

## 5.1 Inventário dos resíduos

O inventário de resíduos fornece informações relacionadas aos resíduos gerados durante a atividade produtiva, podendo ser destacada informações como: nome do resíduo, classe, código do resíduo, embalagem utilizada, quantidade gerada e destinada, local de destino e forma de tratamento ou destinação. Por meio do Anexo A onde são relacionados equipamentos que podem conter mercúrio, pode-se prever a geração desses resíduos e elaborar planos de substituição por materiais isentos de mercúrio quando possível.

Para comprovar o gerenciamento dos resíduos e fornecer informações solicitadas pelos órgãos ambientais é necessário demonstrar a sua rastreabilidade. Para tanto, é sugerido o preenchimento de uma planilha anual onde os dados mais importantes podem ser disponibilizados para consulta, como sugerido na Figura 5, construída com base nas informações solicitadas pela Resolução CONAMA 313 (2002), a qual dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. As empresas enquadradas na Resolução CONAMA 313 (2002) devem formalmente entregar seu inventário de resíduos para o órgão ambiental local, a cada dois anos e, anualmente, devem proceder a recadastramento de atividades potencialmente poluidoras, por meio do *site* do IBAMA - [www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br).

Nº	DESCRIÇÃO DO RESÍDUO	SETOR GERADOR	CLASSE I, IIA, IIB	CÓDIGO DO RESÍDUO	CÓDIGO DE ACONDICIONAMENTO	ESTADO FÍSICO	unidade de medição	QUANTIDADE GERADA	QUANTIDADE ESTOCADA	QUANTIDADE DESTINADA	CÓDIGO DO DESTINO	EMPRESA de DESTINO	AUTORIZ. CADRI	Responsável pelo transporte	OBSERVAÇÕES
													QUANTIDADE geração/passivo		
1															
2															
3															
4															
5															

Figura 5. Modelo de inventário de resíduos.

Fonte: Elaborado a partir da Resolução CONAMA Nº 313 (2002).

## 5.2 Acondicionamento para estocagem e transporte dos resíduos

Resíduos mercuriais são gerados em sua maioria durante:

- a) descarte de equipamentos que contenham o metal;
- b) contaminação acidental de diversos substratos como areia, terra e EPIs;

- c) filtração da lama decantada de sistemas de tratamento de efluentes contendo mercúrio e durante substituição do carvão ativo ou diatomita de filtros de tratamento primário de efluentes mercuriais;
- d) substituição do carvão ativo (geralmente aditivado com sulfeto) de filtro em sistemas de abatimento ou purificação de gás contendo mercúrio, a exemplo de unidades de produção de hidrogênio em células eletrolíticas a mercúrio e filtração de gás natural;
- e) manutenção dentária por amalgama de mercúrio em consultórios odontológicos.

Para determinar a melhor forma de acondicionamento dos resíduos mercuriais, deve-se considerar o estado físico, a quantidade gerada, a concentração e a forma em que o mercúrio se encontra no resíduo.

Em relação ao estado físico do resíduo, pode-se encontrar sólido, líquido ou pastoso. Para os resíduos no estado sólido e pastoso é necessário utilizar embalagem com tampa larga para facilitar a manipulação. Já nos casos em que o resíduo encontra-se no estado líquido, prevalece a segurança no transporte, sendo recomendado o emprego de recipientes com tampa estreita, menor que 70 mm para evitar vazamentos.

Para pequenas ou grandes quantidades, recomenda-se utilizar embalagens que suportem o tempo de estocagem e a movimentação durante o transporte. As embalagens utilizadas devem garantir segurança durante o armazenamento, manipulação e transporte. Desta forma o uso de bombona plástica é recomendado devido não ser passível de corrosão; o material empregado em geral é o polietileno de alta densidade (PEAD). Outras embalagens de metais não-ferrosos não são recomendadas devido à possibilidade de formação de amalgama com mercúrio.

Devido ao risco ocupacional estar associado diretamente à concentração do mercúrio, a embalagem deve garantir que não haverá contato acidental do resíduo com os profissionais que estarão envolvidos no manuseio, seja no armazém, no transporte ou na destinação final.

Considerando-se as possíveis formas em que se encontra o mercúrio (metálico, óxido, cloreto e sulfeto), deve-se garantir que a embalagem utilizada ofereça segurança, principalmente quanto ao risco de exposição a vapores do metal. Para melhor esclarecer a importância de se observar a forma do mercúrio presente, na Tabela 3 são apresentadas algumas propriedades físicas do mercúrio em cinco formas distintas. A temperatura indicada representa o ponto de fusão e ebulição

de cada forma do mercúrio citada sendo referencia para indicar a estabilidade perante acréscimo de temperatura. É importante observar que, no caso do mercúrio elementar, existe evaporação mesmo à temperatura ambiente.

Tabela 3 – Tabela de ponto de fusão e ebulição do mercúrio e seus compostos mais comuns.

Fórmula molecular	Hg <sup>0</sup>	HgCl	HgCl <sub>2</sub>	HgO	HgS
Nome	Mercúrio	Cloreto mercurioso	Cloreto mercúrico	Óxido de mercúrio	Sulfeto de mercúrio
Aparência a temperatura ambiente	Líquido prateado, sem odor, afunda na água	Sólido branco, sem odor, afunda na água	Sólido branco, afunda e dissolve lentamente em água.	Sólido vermelho, amarelo ou laranja, sem odor, afunda na água.	Sólido vermelho ou preto, sem odor, afunda na água
Fusão (°C)	-38,87	543	277	476	825
Ebulição (°C)	356,72	-	304	-	-

Fonte: elaborada com base em informações extraídas de RAPOSO (2001), CETESB (2006) e ROINE (2002).

Para a elaboração de uma proposta de acondicionamento dos resíduos mercuriais, foi adotado o critério de classificação dos mesmos segundo as formas usuais em que o mercúrio se apresenta, sendo essas divididas em cinco famílias: a) mercúrio metálico; b) sulfeto de mercúrio ou óxido de mercúrio (sólido insolúvel em água); c) cloreto mercúrico (solúvel em água); d) lamas contendo mercúrio; e) composição mista (diversos substratos e formas de mercúrio misturadas).

Isto feito, os tipos de acondicionamento são descritos a seguir:

#### **a) Mercúrio metálico**

Se o mercúrio for puro como, por exemplo, oriundo de um termômetro quebrado, coletá-lo em frasco de plástico rígido de boa vedação, identificar e armazenar. Embora o Artigo 74 da Resolução Secretaria de Saúde Nº 15 recomende colocar um filme de água para evitar volatilização, deve-se avaliar que a água pode dificultar a reciclagem e gerar efluente que deverá ser tratado posteriormente.

Em caso de estar misturado a outros materiais como, por exemplo, solo ou areia, embalar em sacos plásticos e depositar em bombonas de boca larga com tampa, de modo a facilitar o transbordo e evitar a contaminação da embalagem (bombona).

No caso de lâmpadas de vapor de mercúrio ou fluorescentes, acondicionar na própria embalagem de papelão para evitar quebra e liberação do mercúrio.

**b) Sulfeto ou óxido de mercúrio** (sólido insolúvel em água)

Este tipo de resíduo está geralmente associado a lamas previamente tratadas ou tortas de estação de tratamento de efluentes. Devido aos óxidos e sulfetos de mercúrio serem insolúveis em água e, na maioria dos casos, a sua concentração no resíduo ser da ordem de partes por milhão (ppm), esse tipo de resíduo pode ser destinado diretamente para aterro de resíduos perigosos ou para processo de recuperação do mercúrio, dependendo da concentração e sistemas de tratamento disponíveis. Em pequenas quantidades, recomenda-se acondicionar o resíduo em bombonas e, em grandes quantidades, em big-bags ou caçambas fechadas.

**c) Cloreto mercúrico** (solúvel em água)

O mercúrio na forma de cloreto é encontrado na entrada de estações de tratamento de efluentes mercuriais. Na estação, é feito ajuste do pH e dosagem de sulfeto de sódio para estabilização do mercúrio na forma de sulfeto de mercúrio (sólido insolúvel). O sólido é separado por decantação e filtro-prensa, sendo acondicionado segundo o Item “b”.

**d) Lamas contendo mercúrio**

Quando o mercúrio na lama se apresentar na forma de mercúrio metálico, e sendo possível separá-lo por decantação, pode-se acondicioná-lo conforme Item “a”.

Quando o mercúrio se apresentar na forma de sulfeto de mercúrio, sempre que possível, filtrar a lama para redução de volume e custos de tratamento, destinando o filtrado para estação de tratamento de efluentes mercuriais. O sólido pode ser acondicionado em bombonas de boca larga com tampa.

Na forma de cloreto de mercúrico em altas concentrações, converter para sulfeto de mercúrio (conforme Item “c”) e filtrar a solução em carvão ativado ou diatomita, para reter o excesso de mercúrio. O filtrado pode ser destinado para estação de tratamento de efluentes mercuriais, onde passará por polimento. O carvão ou diatomita, após saturação, pode ser destinado para processo de recuperação do mercúrio.

**e) Composição mista** (a exemplo de terra com pedras, água, areia, etc.)

Nesses casos, pode-se proceder a separação da fase sólida da líquida (decantação), e/ou a solúvel da insolúvel (filtração). A partir desse ponto, pode-se seguir os passos citados nos itens anteriores, de acordo com forma em que o mercúrio se encontra.



Como observação importante, ressalta-se que deve-se utilizar equipamentos de proteção individual sempre que as medidas coletivas não forem suficientes, avaliando e monitorando o risco ocupacional e o impacto ambiental.

### 5.3 Transporte dos resíduos

A Lei 10.233/00, art. 22, inciso VII, determina que constitui esfera de atuação da Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, o transporte de cargas especiais e perigosas em rodovias e ferrovias no território nacional. As legislações do Ministério dos Transportes, bem como as normas editadas pela ANTT, determinam regras de segurança e as responsabilidades de cada agente envolvido com essas operações.

No Brasil e no âmbito do Mercado Comum do Sul - MERCOSUL, a ANTT, (2004) considera como perigosos para as atividades de transportes de cargas em seus diversos modais (rodoviário, ferroviário, hidroviário, marítimo ou aéreo), aqueles produtos classificados pela ONU e publicados no “Modelo de regulamento – Recomendações para o transporte de produtos perigosos”, conhecido como *Orange Book*.

“A Resolução ANTT Nº 420, a qual estabelece instruções complementares ao regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos, foi atualizada com base na 11ª e na 12ª edições do Modelo de Regulamento e a versão correspondente do Acordo Europeu para o transporte rodoviário e do regulamento internacional ferroviário de produtos perigosos adotado na Europa” (ABIQUIM, 2006a, p.4).

Caso, segundo a ABNT NBR 10004:04, o resíduo se enquadre como perigoso, o mesmo deverá ser transportado segundo o Item 5.4 da Resolução ANTT 420/04 para transporte de produtos perigosos e a ABNT NBR 13221:2005 - Transporte terrestre de resíduos.

Segundo a ANTT (2004) as principais exigências a serem atendidas na Resolução ANTT Nº 420 para o transporte perigoso são as seguintes:

- a) Certificado de aprovação de destinação de resíduos industriais (CADRI), especificando gerador, resíduo e destino;
- b) Rótulo de segurança nas embalagens (exemplo fornecido na Figura 6);
- c) Ficha de emergência (exemplo fornecido nas Figuras 7 e 8);
- d) Nota fiscal de simples remessa;

- e) Certificado de capacitação do Veículo emitido pelo INMETRO;
- f) Motorista deve ter habilitação (CNH) e ter feito o curso de condutor de veículo de transporte de produtos perigosos, conforme Resolução do Conselho Nacional de Trânsito - Contran Nº 091/99;
- g) Rótulo de risco (exemplo fornecido na Figura 9);
- h) Painel de segurança (exemplo fornecido na Figura 9);
- i) MTR – Manifesto de transporte (exemplo fornecido na Figura 10);

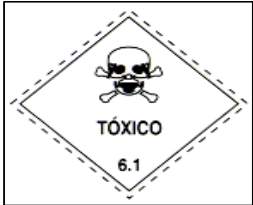
<b>RESÍDUO PARA TRATAMENTO EXTERNO</b>		
<b>LOTE N°</b> <i>Colocar número para rastreabilidade</i>		
A Legislação Ambiental proíbe a disposição inadequada. Caso encontrado, avise de imediato a polícia, a defesa civil ou o órgão estadual de controle ambiental.		
<b>Empresa:</b>	NOME DO GERADOR / ENDEREÇO	
<b>Tel.:</b>	0xx00 0000-0000	
<b>NBR 10.004 :</b>	Classificação: Classe I - Perigoso	
<b>Nº ONU :</b>	2025	
<b>Nome do Resíduo:</b>		
<b>Destinatário :</b>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">           Empresa de destino do resíduo            Endereço _____            Telefone _____         </td> </tr> </table>	Empresa de destino do resíduo Endereço _____ Telefone _____
Empresa de destino do resíduo Endereço _____ Telefone _____		
<p><b><u>CUIDADO !</u></b></p> <p>Este recipiente contém resíduos industriais.</p> <p>Manuseie com cuidado.</p>		
		

Figura 6. Exemplo de rótulo de segurança para embalagens de resíduos.

Fonte: Elaborado a partir da ABNT NBR 7500 (2005) e Resolução ANTT Nº 420 (2004).

A definição de rótulo de segurança está descrita na ABNT NBR 7501 – Transporte terrestre de produtos perigosos – terminologia, como sendo o “... local onde constam a identificação do produto e as informações primárias de manuseio, armazenamento, emergência, transporte e descarte” (ABNT NBR 7501, 2005, p8).

É recomendado rotular as embalagens contendo resíduos a partir da área geradora, desse modo é possível atribuir um número de lote cronológico e associá-lo à quantidade de embalagens e à data. O tamanho do rótulo de

segurança vai depender da embalagem, porém deve-se garantir que os dados contidos sejam de fácil leitura.

<b>FICHA DE EMERGÊNCIA</b>			
<b>NOME DA EMPRESA GERADORA</b>	<b>RESÍDUO INDUSTRIAL</b>	Número de Risco:	<b>60</b>
<b>ENDEREÇO</b>		Número da ONU:	<b>2025</b>
<b>Tel.:</b>	<b>NOME DO RESÍDUO</b>	Classe ou subclasse de risco:	<b>6.1</b>
		Descrição da classe ou subclasse de risco:	<b>TÓXICO</b>
<b>Aspecto:</b>	Cor e formas variadas, odor característico;		
<b>EPI:</b>	Luvas, botas, e avental de PVC, óculo de proteção tipo ampla visão, capacete de segurança e máscara panorâmica com filtro químico para vapores de mercúrio ou máscara autônoma.		
<b>RISCOS</b>			
<b>Fogo:</b>	- Não é inflamável.		
<b>Saúde:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- OLHOS: Podem sofrer irritação.</li> <li>- PELES: Podem sofrer irritação.</li> <li>- VIAS RESPIRATÓRIAS: Pode causar intoxicação.</li> <li>- VIAS DIGESTIVAS: Pode causar intoxicação.</li> </ul>		
<b>Meio Ambiente:</b>	- As águas residuais de controle do fogo e de diluição, podem causar poluição.		
<b>EM CASO DE ACIDENTE</b>			
<i>Exemplo</i>			
<b>Vazamento:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolar a área;</li> <li>- Avisar imediatamente a Defesa Civil, o Corpo de Bombeiros ou a Polícia Rodoviária, podendo avisar também a empresa responsável;</li> <li>- Usar equipamentos de Proteção Individual (EPI's): luvas, botas e avental de PVC, óculos de proteção tipo ampla visão, capacete de segurança e máscara panorâmica com filtro químico para vapores de mercúrio ou máscara autônoma;</li> <li>- Recolher o material derramado com pá em recipientes plásticos.</li> </ul>		
<b>Fogo:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não é inflamável;</li> <li>- Utilizar água em forma de neblina para resfriar os recipientes.</li> </ul>		
<b>Poluição:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avisar o Órgão Ambiental local;</li> <li>- Se o material atingir cursos d'água, avisar a Polícia e a Empresa local de abastecimento de água;</li> <li>- Evitar que o produto, ou eventuais águas residuais de controle de fogo ou diluição atinjam corpo d'água.</li> </ul>		
<b>Envolvimento de Pessoas:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Em caso de contato com o material, lavar imediatamente a área atingida com bastante água durante 15 minutos;</li> <li>- Em caso de ingestão, não provocar vômitos;</li> <li>- Remover imediatamente roupas e sapatos contaminados;</li> <li>- Levar a pessoa atingida para um ambiente arejado, deite-a de troco erguido mantendo-a aquecida;</li> <li>- Chamar sempre um médico.</li> </ul>		
<b>Médico:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratamento em caso de ingestão (material alcalino) ou inalação prolongada, efetuar análise de mercúrio (Hg) na urina.</li> <li>- OLHOS: Colírio anestésico em caso de dor persistente. Lavar com bastante água.</li> <li>- INGESTÃO: Não provocar vômitos, acompanhamento médico das funções hepáticas e renais.</li> </ul>		
<b>Nome do Fabricante ou importador:</b>	NOME DO GERADOR ENDEREÇO DO GERADOR		

Figura 7. Exemplo de ficha de emergência (frente).  
 Fonte: elaborado a partir da NBR 7503 (ABNT, 2005).

NOME DA EMPRESA GERADORA DO RESÍDUO – TEL DE EMERGENCIA				
BOMBEIROS 193 – DEFESA CIVIL 199 – POLÍCIA MILITAR 190				
<b>REGIÃO NORTE</b>				
ESTADO	DEFESA CIVIL	BOMBEIROS	POLÍCIA RODOVIÁRIA	ÓRGÃO DE MEIO AMBIENTE
<b>Acre</b>	(68) 223 - 3983	(68) 223 - 1616	(68) 221 - 4048	(68) 222 - 7474
<b>Amapá</b>	(96) 212 - 1230	(96) 212 - 1232	(96) 222 - 7626	(96) 212 - 5311
<b>Amazonas</b>	(92) 672 - 1511 (92) 672 - 1510	(92) 663 - 5929 (92) 622 - 2593	(92) 648 - 6520 (92) 648 - 6584	(92) 643 - 2300 (92) 643 - 2309
<b>Pará</b>	(91) 219 - 8011	(91) 241 - 6975	(91) 3724 - 1367	(91) 276 - 5100
<b>Rondônia</b>	(69) 216 - 5588	(69) 216 - 5586	(69) 221 - 0154	(69) 224 - 2220 (69) 229 - 0222
<b>Roraima</b>	(95) 624 - 3826	(95) 626 - 2702	(95) 627 - 3244	(95) 623 - 1466
<b>Tocantins</b>	(63) 218 - 2715	(63) 218 - 2715	(63) 312 - 3007	(63) 215 - 2381
<b>REGIÃO NORDESTE</b>				
ESTADO	DEFESA CIVIL	BOMBEIROS	POLÍCIA RODOVIÁRIA	ÓRGÃO DE MEIO AMBIENTE
<b>Maranhão</b>	(98) 228 - 2291	(98) 228 - 2154	(98) 244 - 2292	(98) 221 - 2063
<b>Piauí</b>	(86) 232 - 1799	(86) 223 - 4734 (86) 223 - 6551	(86) 226 - 5701	(86) 233 - 3369
<b>Ceará</b>	(85) 272 - 2728	(85) 283 - 2044	(85) 295 - 3022	(85) 488 - 7448 (85) 488 - 7474
<b>Rio grande do Norte</b>	(84) 232 - 1762	(84) 223 - 3106	(84) 211 - 4708	(84) 211 - 5455
<b>Paraíba</b>	(83) 310 - 6016	(83) 218 - 5747	(83) 242 - 6363	(83) 218 - 7200
<b>Pernambuco</b>	(81) 3423 - 0242 (81) 3423 - 5808	(81) 3413 - 9100	(81) 3265 - 8386	(81) 3441 - 5033
<b>Alagoas</b>	(82) 221 - 1700 R: 214	(82) 221 - 1700	(82) 327 - 4341	0800 - 82 1523
<b>Sergipe</b>	(79) 214 - 0008	(79) 214 - 2609 (79) 243 - 3677	(79) 261 - 1495	(79) 227 - 1393
<b>Bahia</b>	(71) 381 - 9011	(71) 243 - 1415	(71) 241 - 5855	0800 - 71 1400
<b>REGIÃO SUDESTE</b>				
ESTADO	DEFESA CIVIL	BOMBEIROS	POLÍCIA RODOVIÁRIA	ÓRGÃO DE MEIO AMBIENTE
<b>Espírito Santo</b>	(27) 3345 - 0144	(27) 3345 - 1222	(27) 3325 - 3222	(27) 3381 - 6337
<b>Minas Gerais</b>	(31) 3337 - 7086	(31) 3289 - 8000	(31) 3333 - 2999	(31) 3298 - 6200
<b>Rio de Janeiro</b>	(21) 2293 - 1605	(21) 572 - 0829	(21) 2471 - 6111	(21) 2541 - 1993
<b>São Paulo</b>	(11) 3745 - 3333	(11) 6601 - 0755	(11) 6954 - 2049	(11) 3030 - 7000
<b>REGIÃO SUL</b>				
ESTADO	DEFESA CIVIL	BOMBEIROS	POLÍCIA RODOVIÁRIA	ÓRGÃO AMBIENTAL
<b>Paraná</b>	(41) 350 - 2575	(41) 233 - 6974	(41) 373 - 0049	(41) 333 - 6163
<b>Santa Catarina</b>	(48) 221 - 3329 (48) 231 - 1236	(48) 244 - 1111	(47) 337 - 1182	(48) 222 - 8385
<b>Rio Grande do Sul</b>	(51) 3210 - 4255	(51) 3331 - 6711	(51) 3339 - 6799	(51) 3226 - 3298
<b>REGIÃO CENTRO-OESTE</b>				
ESTADO	DEFESA CIVIL	BOMBEIROS	POLÍCIA RODOVIÁRIA	ÓRGÃO DE MEIO AMBIENTE
<b>Mato Grosso do Sul</b>	(67) 321 - 4961	(67) 321 - 4961	0800 - 67 1025	(67) 384 - 3011 (67) 382 - 2966 (67) 726 - 4363
<b>Mato Grosso</b>	(65) 613 - 4400	(65) 613 - 7427	(65) 322 - 0005	(65) 644 - 1749
<b>Goiás</b>	(62) 526 - 1811 (62) 526 - 1812	(62) 533 - 8304	(62) 207 - 2288	(62) 224 - 2488
<b>Distrito Federal</b>	(61) 363 - 1350	(61) 343 - 9014	(61) 447 - 1491	(61) 340 - 3784

Figura 8. Exemplo de ficha de emergência (verso).  
Fonte: elaborado a partir da NBR 7503 (ABNT, 2005).

EXEMPLO PARA 1 (UM) PRODUTO E 1 (UM) RISCO	
Rótulo de Risco	Painel de Segurança
Nas duas laterais e na traseira	Nas duas laterais, frente e traseira
<p><b>Rótulo de Risco</b> Conforme NBR 7500</p> <p>Subclasse 6.1 Substâncias Tóxicas (Venenosas) Grupos de Embalagem I e II: Símbolo (caveira) em preto; fundo em branco; número "6" no canto inferior.</p>	<p><b>Painel de Segurança</b> Conforme NBR 7500</p> <p>60 ou 6.1 = substância Tóxica Nº ONU 2025 = mercúrio, compostos sólidos, N.E. N.E. = outros não especificados</p>

Figura 9 – Exemplo de preparação de veículo para transporte de resíduo perigoso contendo mercúrio, incluindo identificação do veículo e do posicionamento do painel de segurança e rótulo de risco (mostrados em destaque).

Fonte: Elaborado a partir da NBR 7500 (ABNT, 2005).

Observações: a ANTT (2004) na Resolução Nº 420 define que, o rótulo de risco e painel de segurança devem ser removidos na viagem de retorno.

As embalagens também devem portar rótulo de risco com dimensão mínima de 100 mm por 100 mm, exceto no caso em que os volumes tiverem dimensões que só suportem rótulos de risco de dimensões menores.

<b>MTR - MANIFESTO DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS PERIGOSOS</b>									
<b>1. GERADOR</b>									
RAZÃO SOCIAL									
ENDEREÇO									
BAIRRO		MUNICÍPIO		ESTADO		CEP			
NOME RESPONSÁVEL									
TEL.:			FAX:						
EMERGENCIAS:						CADASTRO CETESB Nº			
						NOTA FISCAL Nº			
<b>2</b> <b>D</b> <b>O</b> <b>D</b> <b>E</b> <b>R</b> <b>S</b> <b>E</b> <b>R</b> <b>Í</b> <b>D</b> <b>Ç</b> <b>U</b> <b>Ã</b> <b>O</b>	<b>Nº</b>	<b>Classificação (nome, composição, odor, cor, etc.)</b> Nome apropriado para Embarque		<b>Classe de Risco</b>	<b>Grupo de Embalagem</b>	<b>Classificação Código</b>	<b>Estado Físico</b>	<b>Qtdade. Total</b>	<b>unid. Massa / volume</b>
	-			-					
	-								
<b>3. TRANSPORTADOR</b>						<b>DATA DE REALIZAÇÃO DO TRANSPORTE</b>			
RAZÃO SOCIAL						/ / 2005			
ENDEREÇO						BAIRRO			
MUNICÍPIO			ESTADO						
CNPJ:			I.E.			FONE:			
TIPO EQUIPAMENTO TRANSPORTADOR						NOME CONDUTOR			
PLACA CAVALO/CAMINHÃO				CARRETA -		MUNICÍPIO/ESTADO			
<b>4. DESTINATÁRIO</b>									
RAZÃO SOCIAL									
ENDEREÇO						BAIRRO			
MUNICÍPIO			ESTADO			CEP			
CNPJ:			I.E.			FONE:			
NOME RESPONSÁVEL E TEL. CONTATO:						Nº MANIFESTO DE CARGA:			
OBS. MOTIVOS DE NÃO RECEBIMENTO:						Nº CADASTRO CETESB:			
<b>5. Descrições adicionais dos resíduos listados acima:</b>									
<b>6. Instruções especiais de manuseio e informações adicionais (em caso de não entrega do resíduo, especificar o nº do MTR anterior).</b>									
<b>7. Eu, por meio deste manifesto, declaro que os resíduos acima listados estão integralmente e corretamente e corretamente descrito pelo, classificados, acondicionados para suportar riscos normais de carregamento, descarregamento, transbordo e transporte, e rotulados seguindo as normas vigentes e estão sob todos os aspectos em condições adequadas para transporte de acordo com os regulamentos nacionais e internacionais vigentes.</b>									
<b>8. a) GERADOR:</b>									
nome:						assinatura		data	
<b>b) TRANSPORTADOR:</b>									
nome: 0						assinatura		data	
<b>c) INSTALAÇÃO RECEPTORA / SITUAÇÃO:</b>									
nome:						assinatura		data	
<b>9. Instruções em caso de discrepância das indicações descritas neste manifesto.</b>									
<b>10. Instalação receptora: Certificado de recebimento do material não perigoso descrito neste manifesto, exceto quando ocorrer o especificado no item 9.</b>									
_____			_____			_____			
nome			assinatura			data			
<b>1. GERADOR</b>									

1º via DESTINATÁRIO / 2º via TRANSPORTADORA / 3º via GERADOR / 4º via CONTROLE GERADOR

Figura 10. Exemplo de manifesto de transporte.  
Fonte: Elaborado a partir da NBR 13221 (ABNT, 2005).

## **5.4 Segurança do trabalhador e higiene ocupacional**

Neste seguimento procura-se apresentar práticas relacionadas à segurança do trabalhador e higiene ocupacional, que podem ser utilizadas para monitorar, avaliar e propor melhorias das condições de trabalho.

### **5.4.1 Monitoramento da área de trabalho**

Determinar os níveis de exposição dos funcionários envolvidos em atividades de manipulação de resíduos ou substâncias que contenham mercúrio é importante para minimizar essa exposição e identificar tarefas de maior risco, para os quais deverão ser adotadas melhorias e/ou uso de EPIs.

Além de estar previsto pelo MTE (1995) na Norma Regulamentadora – NR 9, “Programa de prevenção de riscos ambientais - PPRA”, a evidência clara de monitoramento é um diferencial importante em casos de vistorias de órgãos como Ministério do Trabalho e Emprego e Ministério Público, para demonstrar a atenção ao problema e ao controle do risco ocupacional e ambiental.

As avaliações para atendimento da NR 9 são realizadas por empresas especializadas em higiene ocupacional, utilizando aparelho de coleta que é transportado pelo trabalhador durante as atividades rotineiras. Após a coleta a amostra é destinada para laboratório, podendo levar semanas para se obter o relatório conclusivo.

Para as empresas com o uso intensivo de mercúrio e que possuam aparelhos para medir a concentração instantânea de mercúrio no ar, recomenda-se utilizar esse aparelho também para avaliações periódicas das áreas relacionadas aos resíduos (áreas de embalagem, coleta de amostra e estocagem).

A Figura 11 apresenta um exemplo de analisador de mercúrio no ar, que utiliza absorção atômica em vapor frio para leitura da concentração. A leitura deve ser feita na altura de respiração do funcionário para melhor representatividade dos dados.



**Equipamento** – MP-1A  
(distribuidor [www.smglink.com](http://www.smglink.com))

**Uso** – analisador portátil de mercúrio no ar

**Parâmetro analisado** – miligrama de mercúrio por metro cúbico de ar.

**Menor unidade de medida** – 1 micrograma de mercúrio por metro cúbico de ar.

**Precisão:**  $\pm 5\%$  ou  $\pm 1$  dígito

**Obs.** utilizado termômetro externo para associar os valores encontrados com a temperatura ambiente.

**Limite Brasileiro (NR15)** =  $40 \mu\text{g Hg}/\text{m}^3$  de ar para exposição máxima de 48 horas semanais.

Figura 11. Analisador de Hg no ar, fabricante Nippon Instruments Corporation.

Para que os dados coletados tenham um formato padronizado na empresa, que torne clara a sua interpretação, é sugerido o modelo mostrado na Figura 12. As anotações devem ser realizadas com periodicidade e o documento deve circular entre os envolvidos. No exemplo da Figura 12, foi utilizada a planta de um armazém de resíduos padrão, sendo indicados os pontos onde as medições foram realizadas, com um total de quatro medições. Neste caso, o valor médio encontrado foi de  $1,5 \mu\text{g Hg}/\text{m}^3$  de ar, a  $24^\circ\text{C}$  de temperatura ambiente. A direção da corrente de ar predominante foi indicada no canto direito superior, por ser importante na avaliação dos resultados, já que o vento é um fator de diluição. Deve-se salientar que o monitoramento descrito complementa e não substitui o PPRA, visto que este deve seguir os métodos e passos descritos na NR-9 não só para o mercúrio, mas para todos os riscos presentes no ambiente de trabalho.

Para o exemplo proposto foram escolhidas avaliações mensais de mensuração do mercúrio no ar dentro do armazém, porém devido a esse procedimento estar associado ao risco da exposição, em situações reais deverá ser determinada a critério do gestor dos resíduos a frequência das medições.

Com relação à escolha do número de amostras, com o objetivo de garantir valores representativos, recomenda-se realizar várias medições para determinar os pontos críticos e variações de medições no ambiente.



Recomenda-se esse método de medida instantânea apenas como uma forma rápida de avaliar as concentrações de mercúrio no ambiente de trabalho. Tendo em vista que o mercúrio não tem cheiro, o monitoramento não sistemático pode levar a exposição do trabalhador a níveis elevados de mercúrio no ar.

BOLETIM MENSAL DAS ANÁLISES DE Hg NO AR ATMOSFÉRICO NO ARMAZÉM TEMPORÁRIO DE RESÍDUOS – MÊS XXXX 2005							
<p><b>1</b> - Valor medido em <math>\mu\text{gHg}/\text{m}^3</math> de ar.</p> <p><b>24 °C</b> temperatura ambiente no momento da medição.</p> <p>Dimensões do armazém: 30 metros de comprimento 15 metros de largura</p>							
<p><u>Médias das avaliações</u></p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 10px auto;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>1,5</b></p> <p>24°C</p> </div> </div>	<p>OBSERVAÇÕES: Medidas em <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> de ar – Equipamento EMP -1A Limite de Tolerância NR-15 = <math>40 \mu\text{g}/\text{m}^3</math> para exposição até 48 hs semanais</p> <hr/> <p style="text-align: center;">Data _____ HORA _____ Analista: _____</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">CIRCULAR PARA:</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">CÓPIA PARA:</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </td> <td style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Arquivo</td> <td></td> </tr> </table>	CIRCULAR PARA:	CÓPIA PARA:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Arquivo	
CIRCULAR PARA:	CÓPIA PARA:						
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>						
Arquivo							

Figura 12. Proposta de planilha de apresentação de dados de monitoramento de Hg no ar ocupacional, para o caso de um armazém temporário de resíduos mercuriais.

Outra forma de controle que as empresas também devem adotar é a medição de mercúrio inorgânico na urina durante as avaliações médicas periódicas dos trabalhadores expostos. Essa avaliação é descrita pelo MTE (1994) na NR 7 “Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional - PCMSO”. Os resultados de mercúrio urinário são expressos em microgramas de mercúrio por grama de creatinina ( $\mu\text{g Hg/g creatinina}$ ), sendo que os limites a observar para mercúrio inorgânico são os seguintes:

- a) Índice Biológico Máximo Permitido (IBMP) de  $35 \mu\text{g Hg/g creatinina}$ , para o qual se supõe que a maioria das pessoas ocupacionalmente expostas não corre risco de dano à saúde;
- b) Valor de Referência da Normalidade (VR) de  $5 \mu\text{g Hg/g creatinina}$ , que é o valor passível de ser encontrado em populações não-expostas ocupacionalmente, segundo descrito na NR 7.

Conforme descrito na NR 7, a interpretação dos dados deve ser feita com a ciência de que o indicador biológico é capaz de indicar uma exposição ambiental acima do limite de tolerância, mas não possui, isoladamente, significado clínico ou toxicológico próprio, ou seja, não indica doença, nem está associado a um efeito ou disfunção de qualquer sistema biológico. O comparativo do teor de mercúrio com a creatinina se deve ao fato desse aminoácido ser liberado na urina em quantidade uniforme, evitando erro caso a urina se apresente diluída ou concentrada.

Em Azevedo (2002) foi relatado que o mercúrio também pode ser determinado no sangue e no fio de cabelo, porém, esses métodos geralmente são utilizados para comunidades expostas a contaminação ambiental. Os dados obtidos dessas análises sendo, em geral, comparados com referências de outros estudos que relacionem o valor encontrado e o efeito causado no indivíduo.

#### **5.4.2 Uso de equipamentos de proteção individual - EPIs**

A intoxicação por mercúrio, também chamada de hidrargirismo, é causada geralmente em duas situações: (i) pela ingestão de alimentos contaminados, principalmente peixes; e (ii) no ambiente de trabalho, que será tratado de forma mais detalhada nesta pesquisa.

O trabalhador que lida com o mercúrio metálico é citado em U.S. EPA (2002) como o mais exposto aos vapores invisíveis e inodoros desprendidos pelo metal. Uma vez aspirados os vapores, o mercúrio entra no organismo por meio dos pulmões, chegando ao sangue, instalando-se nos órgãos internos. Geralmente, quem é intoxicado dessa maneira pode apresentar sintomas como dor de

estômago, diarreia, tremores, depressão, ansiedade, gosto de metal na boca, dentes moles com inflamação e sangramento nas gengivas, insônia, falhas de memória e fraqueza muscular, nervosismo, mudanças de humor, agressividade, dificuldade de prestar atenção e até demência.

Para evitar a exposição a níveis acima do permitido pela legislação vigente ( $40 \mu\text{gHg}/\text{m}^3$  de ar), as empresas devem adotar medidas de proteção coletiva como, por exemplo, ventilação ou exaustão da área de trabalho, manter o piso e paredes sem irregularidades (frestas que podem reter mercúrio) e uso de embalagens com boa vedação. Porém, quando estas medidas ainda não são suficientes, deve-se adotar medidas individuais como o uso de EPIs. A Norma Regulamentadora 6 – NR 6, com redação dada pela Portaria Nº 25, de 15 de outubro de 2001, da Secretaria de Inspeção do Trabalho, estabelece as disposições relativas aos EPIs. O texto completo da NR 6 encontra-se disponível no *site* do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE (2006).

Para comprovação da eficiência dos equipamentos de proteção individual, deve-se observar o Certificado de Aprovação (C.A.) que consta de uma marcação numérica no corpo da peça, a exemplo “C.A.-4026”. Uma vez observado o número da aprovação, pode-se consultar no *site* do MTE informações sobre a validade do certificado, a norma utilizada para aprovação, as características do EPI e o correspondente laudo técnico, entre outras. Em relação à exposição ao mercúrio, os EPIs mais usuais são citados a seguir:

#### **a) Proteção respiratória**

O maior risco de contaminação ocupacional por mercúrio deve-se à exposição a vapores mercuriais, devido o mercúrio metálico emitir vapores mesmo a temperatura ambiente (AZEVEDO, 2002, p17).

O Brasil adota como limite ocupacional para o mercúrio presente no ar ambiente o valor indicado na Norma Regulamentadora de Segurança e Medicina no Trabalho - NR15, “Atividades e Operações Insalubres”, de  $40 \mu\text{gHg}/\text{m}^3$  de ar para exposição máxima de 48 horas semanais. O País não tem um limite legal para a exposição da população em geral, porém a *World Health Organization* (2005) recomenda valores menores que  $15 \mu\text{g Hg}/\text{m}^3$  de ar por 24 horas de exposição.

Nos casos onde se faz necessária a manipulação de resíduos e há risco de exposição a vapores de mercúrio como, por exemplo, coleta de amostra, acondicionamento e transvase, além da necessidade de manter uma boa ventilação do local a Norma Regulamentadora – NR 25, Resíduos Industriais e NR 15, estabelece a necessidade do uso de máscara respiratória com filtro para vapores de mercúrio.

A Figura 13 mostra exemplos de conjuntos de máscara e filtro para exposição a vapores mercuriais. O Brasil não adota padronização visual para identificação de elementos filtrantes, geralmente os fabricantes utilizam o padrão europeu ou o americano, que relacionam uma tarja de cor pré-definida ou letra no elemento filtrante e que identifica para qual risco de exposição foi projetado. Os critérios de escolha e uso da proteção respiratória estão descritos na Instrução Normativa MTE Nº 1 de 11 de abril de 1994 “Uso de equipamentos para proteção respiratória” e no manual disponibilizado pela Fundacentro de título “Programa de proteção respiratória – recomendações, seleção e uso de respiradores”.

Devido à complexidade que envolve esse tema, recomenda-se solicitar o auxílio de um higienista ocupacional e verificar junto ao fornecedor de equipamentos de segurança as informações técnicas e limitações de uso relacionando-se os níveis de exposição ao fator de segurança que se necessita.

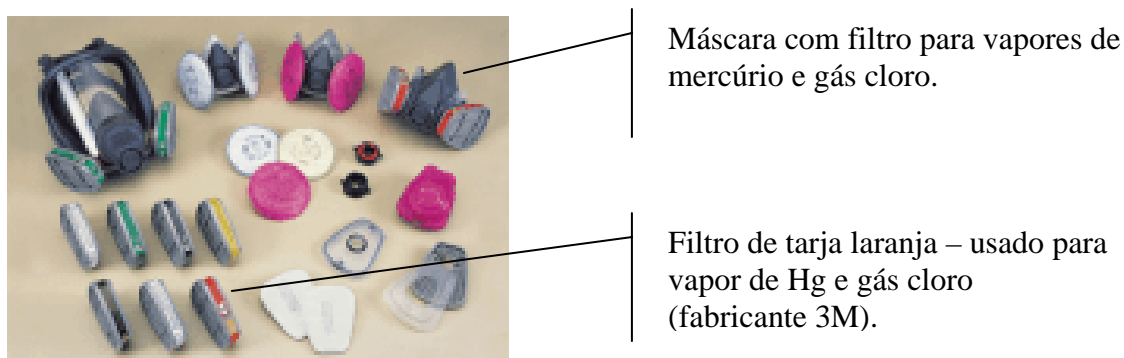


Figura 13. Máscara semi-facial.  
Fonte: BERENELI (2005).

Devido à escolha da máscara estar associada à concentração, nos casos em que o filtro não tenha capacidade suficiente para proteção do trabalhador, ou o ambiente não tenha ventilação suficiente como, por exemplo, na limpeza de reservatórios, são utilizados respiradores de linha de ar comprimido de demanda com pressão positiva. Esse tipo de sistema consiste basicamente de um compressor com filtros de ar e reguladores de umidade que captam o ar em local livre do contaminante e o enviam por mangueira para a máscara do usuário.

## b) Luvas

Embora a contaminação de mercúrio por via cutânea seja de baixa intensidade, ela pode contribuir para aumentar os teores de contaminação no indivíduo, devendo portanto ser evitada. Conforme CETESB, (2005) em Manual de Produtos Químicos Perigosos, para minimizar efeitos devem ser utilizadas luvas

impermeáveis como, por exemplo, as de látex, além de camisa de mangas longas.

Atenção especial deve ser dada para a manipulação de compostos organomercúriais. Em relato feito por MIRACONI, (2000), as luvas de látex foram testadas para a permeação do dimetilmercúrio, sendo observado que o processo de permeação para este composto leva no máximo 15 segundos, mostrando-se ineficiente.

### **c) Óculos de proteção**

Devido ao risco de projeção de resíduo nos olhos, CETESB (2005) no Manual de Produtos Químicos Perigosos recomenda o uso de óculos de proteção e, em caso de contaminação por mercúrio, lavar com água em abundância, levantando a pálpebra e movimentando os olhos.

## 6 TÉCNICAS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS MERCURIAIS

Para destinação dos resíduos mercuriais, atualmente são empregadas duas técnicas comerciais: a de recuperação do mercúrio em retorta; e a disposição em aterro de resíduos industriais perigosos.

Na pesquisa realizada para identificar processos alternativos para o tratamento dos resíduos mercuriais e que possibilitassem a recuperação do metal, foi encontrada a técnica de descontaminação eletrolítica.

### 6.1 Processo térmico em retortas

A retorta é um equipamento usado para evaporação e posterior condensação de um material volátil. Esse processo térmico é o mais difundido até hoje no mundo para tratamento de resíduos mercuriais, podendo variar alguns itens na composição da instalação industrial, tendo em vista melhorar a eficiência de remoção do mercúrio ou garantir que não ocorram emanações para a atmosfera.

Para destilação do mercúrio presente no resíduo, o qual pode se apresentar na forma elementar e/ou na forma de cloreto, sulfeto e óxido de mercúrio, é utilizado um forno a temperaturas em torno de 450 °C, que pode ser elétrico ou a gás. A retorta fica no interior do forno e é alimentada geralmente de forma manual.

Na Figura 14 é apresentado um desenho conceitual de uma retorta, a qual pode incluir os seguintes itens:

- a) Retorta, operada em bateladas com o resíduo disposto em recipientes montados e empilhados em uma coluna na parte interna de um forno;
- b) Forno, geralmente elétrico ou a gás, utilizado para suprimento de energia térmica durante a destilação;
- c) Colunas A e B de lavagem de gases com água alcalina para retenção do mercúrio;
- d) Cilindro para mercúrio, próprios para o transporte de mercúrio metálico (ver Figuras 17 e 18);
- e) Filtro de carvão ativo, aditivado com enxofre para reter eventual fuga de vapores de mercúrio.

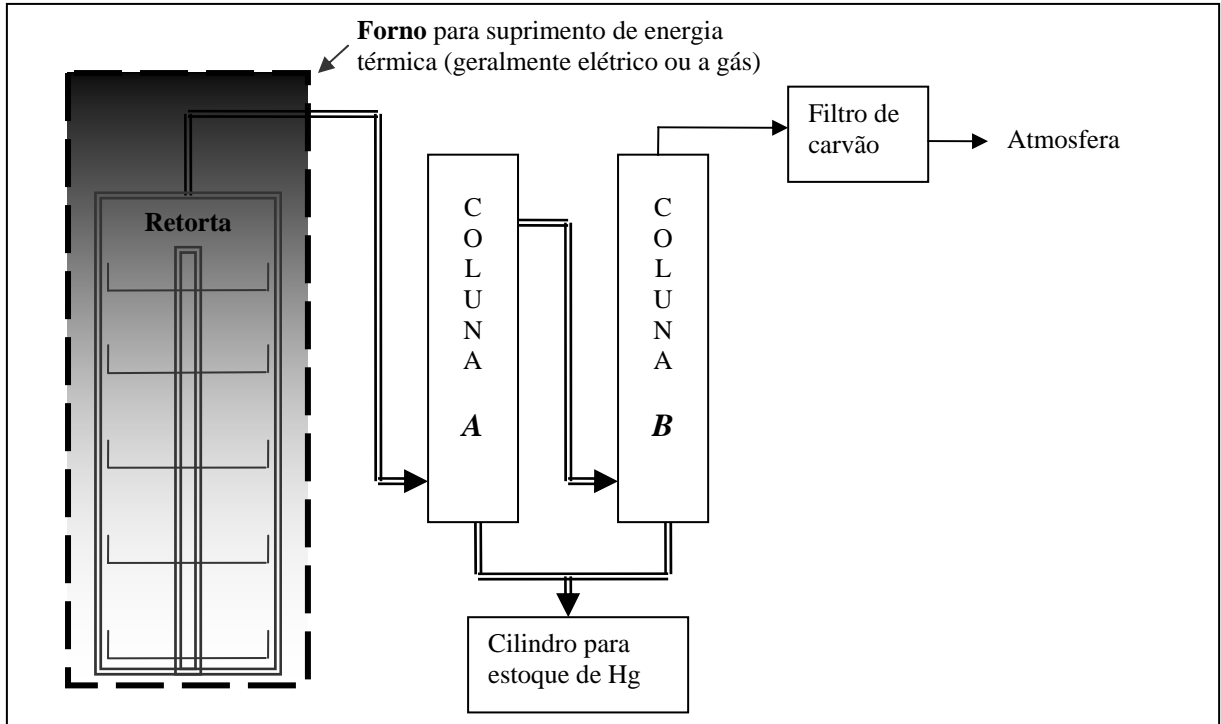


Figura 14. Desenho esquemático do processo térmico de destilação em retorta.  
 Fonte: Elaborado a partir de informações MRT SYSTEM (2005) e APLIQUIM (2005).

O processo *Mercury Recover Treatment* - MRT (MRT System, 2005), exemplificado nas Figuras 15 e 16, segue o mesmo princípio citado na Figura 14. Nesse equipamento, o resíduo é alimentado em “panelas” que são empilhadas no forno destilador e aquecidas por aproximadamente 24 horas, conforme curva de aquecimento da Figura 16.

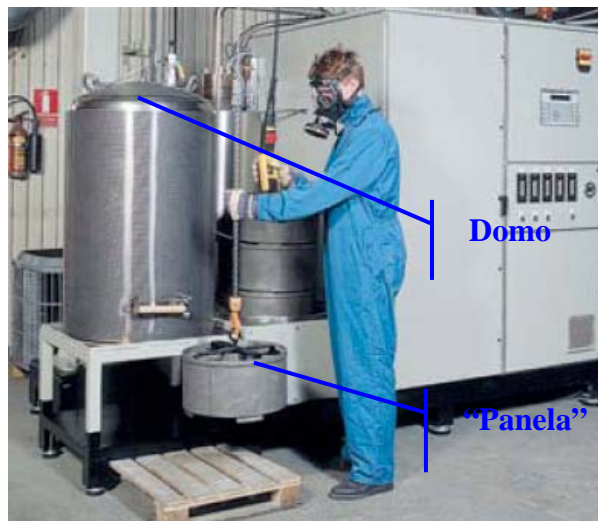


Figura 15. Fotografia de um destilador padrão da MRT SYSTEM (2005).

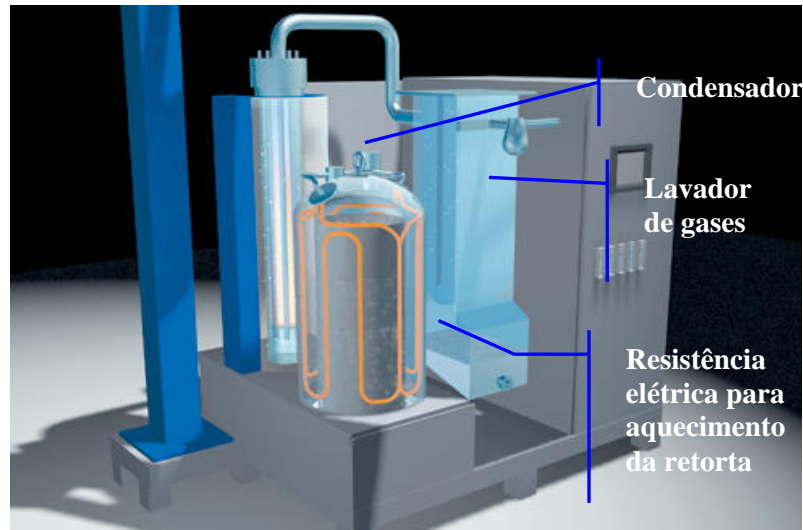


Figura 16. Desenho esquemático de um destilador padrão da MRT SYSTEM (2005).

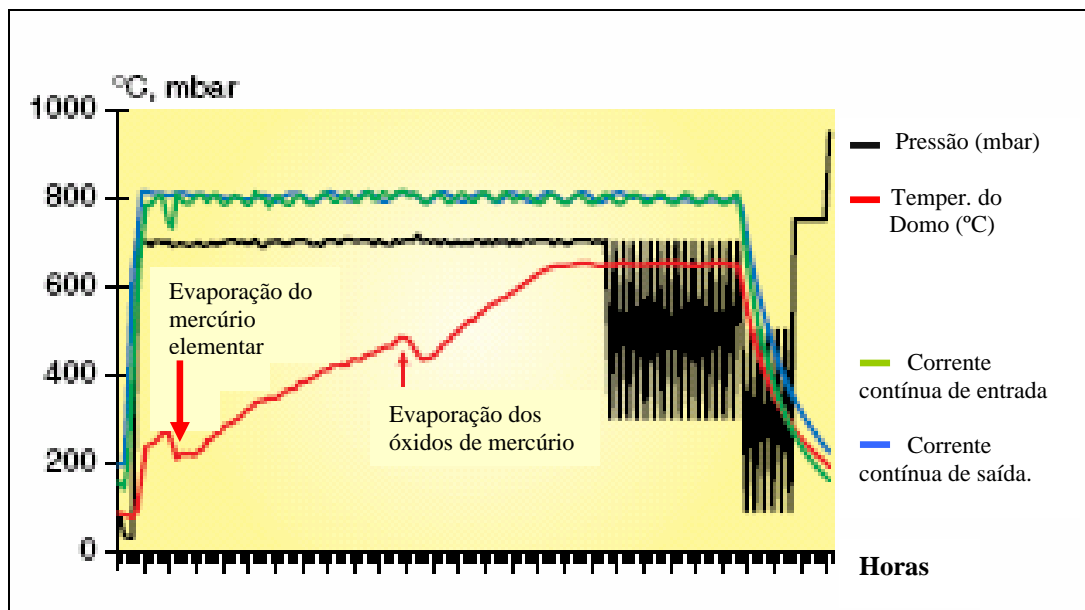


Figura 17. Curva de tratamento em 24 horas do destilador padrão da MRT SYSTEM (2005).

Após o tratamento térmico, o mercúrio recuperado é acondicionado em embalagens próprias para transporte e comercialização. O resíduo tratado é disposto em aterro industrial.

As embalagens exemplificadas nas Figuras 18 e 19 são utilizadas comercialmente para o transporte de mercúrio metálico.



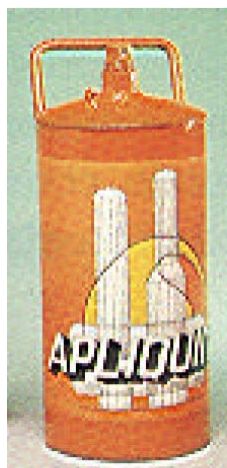


Figura 18. Cilindro para estocagem de Hg.  
Fonte: APLIQUIM (2005).



Figura 19. Botijões espanhóis (azuis), botijões brasileiros (cinzas), para estocagem de mercúrio.

## 6.2 Disposição em aterro

A disposição em aterro de resíduos industriais perigosos é feita após descontaminação do resíduo ou até mesmo de forma direta, nos casos nos quais o teor de mercúrio no resíduo é baixo, inviabilizando o custo de tratamento térmico para a recuperação do metal (ver limitações da licença de operação do aterro para recebimento do mercúrio).

Há casos em que é feito o encapsulamento do resíduo, antes da sua disposição no aterro. A técnica do encapsulamento consiste em misturar ao resíduo uma formulação que utiliza cimento, argila e/ou sílica, a qual tem o objetivo de adsorver o mercúrio, dificultando a lixiviação deste metal quando depositado no

aterro. MIRACONI (2000) conclui que o uso de encapsulamento é cada vez menos utilizado por aumentar a massa do resíduo (em torno de 40 %) e não favorecer a reciclagem do mercúrio.

A construção do aterro Classe I deve seguir a ABNT NBR 10157:87 (Aterros de Resíduos Perigosos – Critérios para Projeto, Construção e Operação). A principal característica de construção é uma camada dupla de polietileno de alta densidade – PEAD e sistemas de coleta e tratamento do percolado.

De forma mais detalhada, VEOLIA (2005) e ABNT NBR 10157 (1987) descreve a seguinte preparação do aterro: a primeira camada na base do aterro composta por 1 metro de espessura de argila compactada com coeficiente de permeabilidade inferior a ( $k = 10^{-7}$  cm/s), a segunda camada de impermeabilização é realizada com a aplicação de geomembrana texturizada de PEAD (espessura de 1,5 mm). A terceira camada é realizada com a aplicação de geomembrana bentonítica, a quarta camada é feita com a aplicação de geomembrana texturizada de PEAD (espessura de 2 mm). Sobrepondo as quatro camadas, existe ainda um sistema de drenagem que proporciona proteção mecânica a toda impermeabilização, garantindo desta forma, sua integridade física e estrutural.

### **6.3 Tratamento eletrolítico**

A técnica de tratamento eletrolítico, proposta pelo Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, visa extrair o mercúrio adsorvido na superfície de carvão ativado, objetivando a reciclagem do mercúrio elementar, bem como do carvão após a sua reempregação com enxofre elementar.

O processo consiste na eletro-oxidação do carvão contendo mercúrio em um sistema reacional no qual o carvão atua como anodo e uma solução de salmoura (NaCl) é usada como eletrólito.

A Figura 20 mostra, de forma esquemática, o sistema reacional utilizado nos testes de remoção eletrolítica de mercúrio retido por carvão ativado. O equipamento consta de uma célula eletrolítica composta de um compartimento central onde repousa o carvão contendo mercúrio elementar, retido mecanicamente nos vazios da estrutura do carvão e sulfeto de mercúrio (HgS), produto da reação do mercúrio elementar, presente na corrente de gás natural, com o enxofre elementar, impregnado na superfície do carvão ativado (carvão HGR-P da Calgon, ativado e impregnado com enxofre). Cavalcanti (2002) define que o compartimento central contendo o carvão a ser tratado é separado do compartimento que contém os catodos de titânio por meio de uma manta de polipropileno.

O eletrólito contido no reservatório de solução (NaCl, com concentração de 1,0 mol/l) é bombeado continuamente através do compartimento anódico permeando a manta sintética, preenchendo os compartimentos catódicos e retornando o volume excedente para o reservatório de solução. Essa forma de operação configura um modo contínuo de reciclagem de eletrólito.

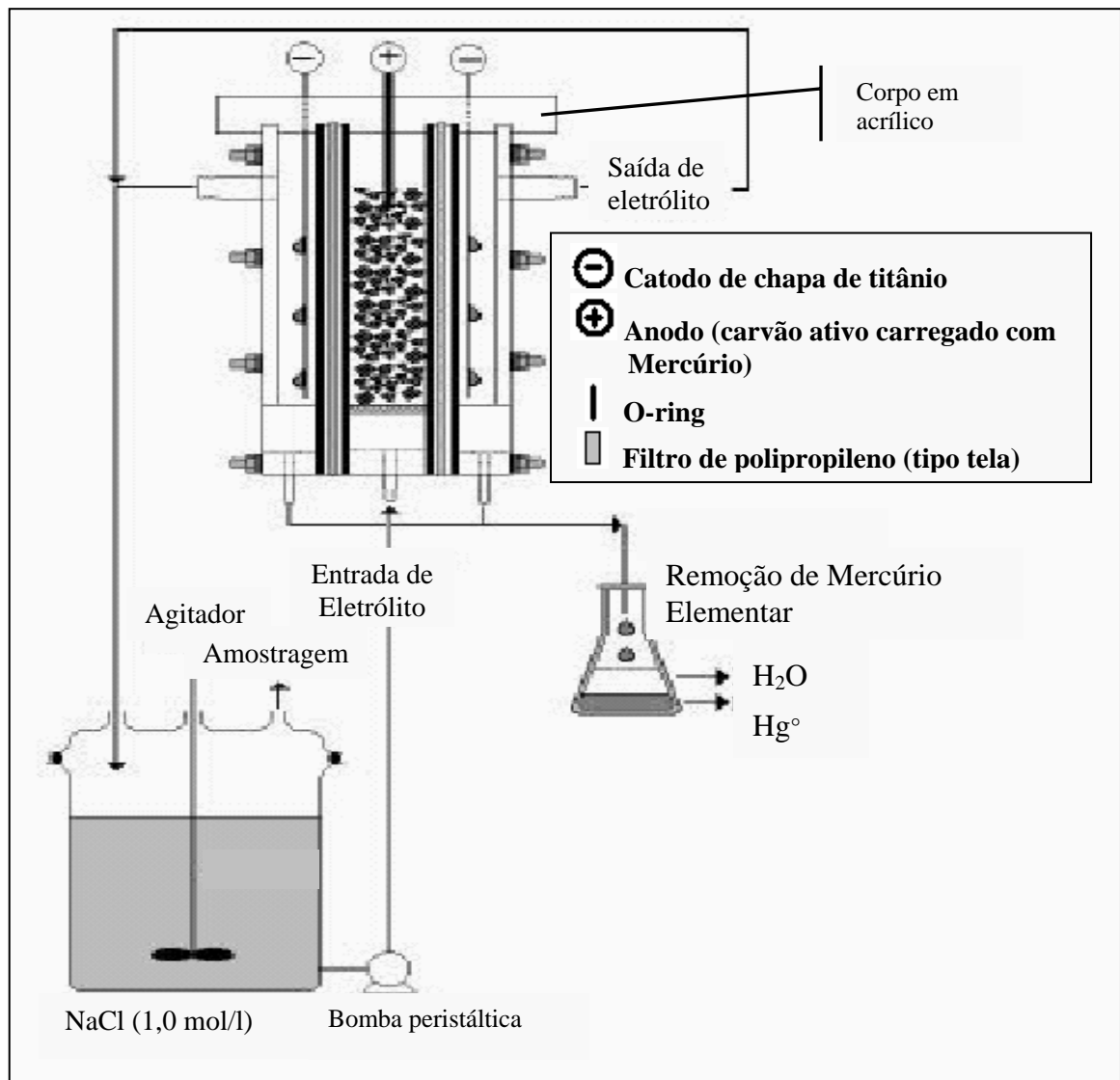


Figura 20 - Sistema reacional utilizado no tratamento eletrolítico do carvão carregado com mercúrio.

Fonte: CAVALCANTE (2002).

O processo eletrolítico de tratamento do carvão, utilizando-se o sistema reacional da Figura 20, inicia-se com o suprimento da corrente elétrica e

subseqüente oxidação dos íons cloreto na superfície anódica, ou seja, na superfície do carvão em tratamento, segundo a equação:



No catodo de titânio, a água é inicialmente reduzida produzindo íons hidroxilas e hidrogênio gasoso, de acordo com a equação:



Simultaneamente, ácido hipocloroso é gerado na solução pela reação química entre o cloro gasoso, gerado no anodo e a fase aquosa:



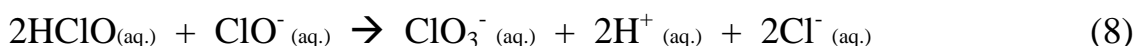
Esse ácido se dissocia em íons hipoclorito e íons  $\text{H}^+$  (Equação 6), dependendo do pH. O poder de oxidação aumenta à medida que o pH decresce, visto que nessa condição a geração do  $\text{HClO}$  é favorecida. A geração de ácido hipocloroso é quase que 100 % favorecida quando o pH decresce abaixo de 5.



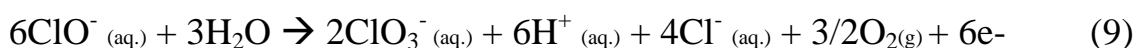
O íons  $\text{H}^+$  reagem com os íons  $\text{OH}^-$  (Equação 7) para formarem moléculas de água:



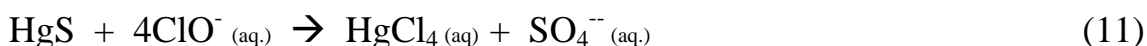
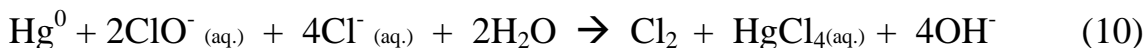
Com o decorrer do processo eletrolítico em discussão, a geração dos íons hipocloritos não mais aumenta como esperado devido à geração de íons clorato, quer via reação química, demonstrada na equação:



quer eletroquimicamente, conforme a equação:



Com a produção das espécies cloradas ( $\text{ClO}^-$ ,  $\text{HClO}$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ), inicia-se a oxidação do mercúrio elementar, conforme Equação 10, bem como do sulfeto de mercúrio demonstrado na Equação 11:



Uma vez produzidos, os íons  $\text{HgCl}_4$  são reduzidos na superfície catódica, segundo a equação:



A Equação 12 é a reação de redução predominante, a partir de soluções contendo elevadas concentrações de íons cloreto.

Segundo relatado por Cavalcante (2002), para rastrear a concentração de mercúrio no carvão durante o processo de eletro-oxidação, amostras desse material foram retiradas a cada hora e enviadas para análise. Os resultados e condições experimentais dos testes de eletro-oxidação são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Condições experimentais e resultados dos testes de eletro-oxidação

Teste	Anodo* (Carvão + Hg) (kg)	pH (Solução)	Corrente (A)	Catodo	Extração Hg (%)	[Hg]** (ppm)
1	1,4	4	8,0	Titânio	70	2,95
2	1,4	4	8,0	Aço Inox	68	1,28
3	1,4	4	9,0	Titânio	88	3,76
4	1,4	4	10,0	Titânio	98	3,97

\* Carvão ativado HGR-P da Calgon de granulometria 2,38mm;

\*\* Concentração residual de mercúrio no eletrólito após tratamento do carvão.

Fonte: Cavalcante (2002).

Segundo CAVALCANTE (2002), após remoção do mercúrio, o carvão ativado tratado foi cuidadosamente lavado para a remoção de espécies solúveis de mercúrio, sendo observado que a área de superfície específica era da ordem  $805 \text{ m}^2/\text{g}$ , valor próximo da área superficial do carvão virgem de mesmo tamanho de partícula, que se encontra na faixa de  $800$  a  $1200 \text{ m}^2/\text{g}$ .

O procedimento de lavagem é necessário para evitar a cristalização do cloreto de sódio residual na superfície do carvão, o que alteraria suas características superficiais.

Para determinar o estado da arte para esse processo foi efetuada uma consulta ao CETEM. Foi constatado que, atualmente, existe uma pesquisa do Órgão contratada por empresa do seguimento de produção de soda e cloro via célula a mercúrio para construção de uma unidade piloto na qual pretende-se validar os resultados dos ensaios de bancada.

## 7 DISCUSSÃO

Atualmente, as abordagens legais relacionadas ao mercúrio são focadas em determinados usos, como por exemplo, mineração e descarte de lâmpadas. A inexistência de uma legislação mais abrangente e aprofundada nas formas de uso do mercúrio e na destinação de seus resíduos de uma forma geral caracteriza a existência de lacunas que demandam do gestor de resíduos o compromisso de garantir o correto tratamento e disposição dos resíduos e materiais pós-consumo que contenham mercúrio.

A atuação do gestor deve ser desenvolvida primando por manter uma estocagem adequada e a criação de mecanismos de eliminação ou redução da geração de resíduos mercúriais e a sua substituição por fontes alternativas e monitoramento das existentes.

O estudo das legislações relacionadas ao mercúrio citadas neste trabalho indica um alinhamento por parte dos órgãos públicos em criar um plano de gerenciamento para resíduos mercuriais, da mesma forma que outras legislações ambientais de gestão de resíduos estão pouco a pouco ficando mais restritivas, a exemplo da Regulamentação do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos do Serviço de Saúde – GRSSS (Resolução ANVISA Nº 306, de 7 de dezembro de 2004) e a Resolução CONAMA Nº 347, de 16 de agosto de 2004, que trata de resíduos da construção civil. Para que tal plano não tenha apenas o caráter mandatário, torna-se importante implantar mecanismos de incentivo às empresas que reciclem ou reutilizem o mercúrio.

Um exemplo desta nova visão de gestão participativa pode ser identificada na Lei 12.300, de 16 de março de 2006, com âmbito no Estado de São Paulo, que institui a “Política Estadual de Resíduos Sólidos” e define princípios, diretrizes, objetivos e instrumentos para a gestão integrada e compartilhada de resíduos sólidos, com vistas à prevenção e o controle da poluição, a proteção e a recuperação da qualidade do meio ambiente. Embora seja ainda necessária a regulamentação dos mecanismos e critérios para o fomento de empresas de tratamento de resíduos, esta lei representa um grande avanço na busca de um desenvolvimento sustentado.

A conscientização da sociedade e dos órgãos públicos no Brasil também recebe influência internacional, a exemplo do programa de meio ambiente da ONU que considera o mercúrio como sendo um poluente global.

Face a constatação da existência de uma única empresa no Brasil que realiza a reciclagem do mercúrio, entende-se como urgente o fomento ao aumento de unidades de tratamento desses resíduos e a técnicas que favoreçam a recuperação do mercúrio metálico com o objetivo de evitar a disposição em aterro, com risco de liberação para o meio ambiente. A recuperação irá também

reduzir a necessidade de importação do mercúrio metálico pela reciclagem do mercúrio existente no País.

Observa-se que existe uma preocupação dos órgãos de saúde e de meio ambiente em alertar e dar diretrizes para o uso adequado do mercúrio, assim como para a destinação correta dos seus resíduos. Porém, na prática, faltam mecanismos de incentivo a empresas que estejam interessadas na recuperação do mercúrio presente nestes resíduos, gerando alternativas de destinação com custos mais interessantes em razão do aumento de escala.

Ainda que o uso de mercúrio em equipamentos se apresente cada vez menor devido à aplicação de tecnologias livres de mercúrio, como por exemplo termômetros e barômetros eletrônicos, que proporcionam maior segurança no uso e facilidade de leitura, a substituição de lâmpadas com vapor de mercúrio ainda é dificultada devido ao seu baixo custo e a sua maior durabilidade em relação às lâmpadas alternativas, livres desse metal. Observa-se que o teor de mercúrio presente por lâmpada vem diminuindo, demonstrando que existe atuação contínua nesse setor para otimizar o uso do mercúrio.

A evolução dos custos de mercúrio metálico nos últimos dois anos representou um aumento de 300 % da matéria prima importada. Tais reajustes podem influenciar ainda mais na escolha de tecnologias limpas em substituição àquelas nas quais o mercúrio tem sido empregado.

Como exemplo da gestão dos resíduos e da necessidade de se avaliar as fontes de geração de resíduos contendo mercúrio e conscientizar funcionários envolvidos em ações rotineiras dentro das empresas, a Figura 21 apresenta controladores de pressão a mercúrio retirados de uma instalação de uma indústria química. Os mesmos foram encontrados em meio à sucata, sendo dela removidos e as ampolas de mercúrio retiradas e destinadas para reciclagem. Em conseqüência, os funcionários envolvidos na atividade de manutenção passaram por treinamento e conscientização, de maneira a atuar de forma correta em casos semelhantes.

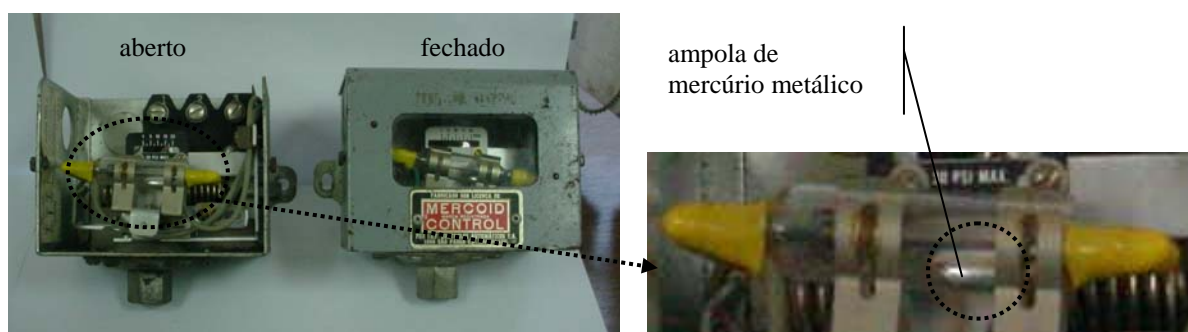


Figura 21. Controlador de pressão a mercúrio e ampola de mercúrio mostrada em destaque.



## 8 CONCLUSÕES

A proposta de gestão para resíduos mercuriais apresentada neste trabalho foi elaborada de forma prática, incorporando princípios de saúde, segurança e meio ambiente e buscando sempre que possível o amparo legal e normativo.

Este trabalho visa contribuir para a gestão responsável de resíduos mercuriais fornecendo subsídios que favoreçam a elaboração de um plano de gerenciamento por parte dos usuários. Alertar usuários, órgãos públicos e sociedade para a necessidade de mecanismos de controle do uso e aumento da oferta de sistemas de tratamento dos resíduos mercuriais, privilegiando a reciclagem e, conseqüentemente, reduzindo a importação do mercúrio.

Por meio das informações da dissertação é possível obter reduções de custo com a destinação de resíduos, deixando-se de adquirir equipamentos que contêm mercúrio, substituindo-os por alternativos sempre que possível.

Reduções de custo também podem ser alcançadas com a correta segregação dos resíduos mercuriais, evitando contaminação de outros materiais, e pela redução de seu volume como resultado da separação das fases sólido/líquido quando aplicável. Além da redução de custo intrínseca, advinda de uma gestão responsável que evitará multas e ataques à imagem da empresa.

Para garantir a rastreabilidade dos resíduos é necessário rotular as embalagens e atribuir número de lote aos resíduos e associá-los ao peso, volume e data de geração, estocagem e destinação.

Recomenda-se manter banco de dados atualizado das legislações e normas voltadas para os resíduos.

A manutenção de monitoramento sistemático das emissões de mercúrio no ambiente de trabalho e de avaliações médicas periódicas são ações fundamentais para o controle da exposição ocupacional e tomada de decisões. Tal monitoramento deve ser realizado em todas as operações que envolvem o uso de mercúrio, de forma que se possa reduzir ao mínimo os riscos de contaminação ambiental e humana.

No decorrer da preparação da dissertação, tornou-se evidente que o principal desafio do gestor de resíduos mercuriais é encontrar alternativas viáveis para a destinação desses resíduos, que tenham como foco o reúso do metal e um bom controle em relação à saúde ocupacional e ambiental.

As formas atuais de destinação dos resíduos mercuriais estão restritas à disposição em aterro industrial e a recuperação do mercúrio em retorta. O uso de aterro industrial para esses resíduos não favorece o reúso do mercúrio como

matéria-prima, além de ser uma prática de viabilidade contestada. A retorta, apesar de propiciar a recuperação do mercúrio presente no resíduo, suscita questões de ordem ocupacional e ambiental. Por utilizar processo térmico, o emprego de retortas, em caso de falha ou deficiência do sistema de condensação, pode resultar na emissão de vapores de mercúrio para a atmosfera.

Com relação aos estudos realizados até o presente para novos processos de recuperação do mercúrio presente nos resíduos, apesar deles apresentarem resultados promissores, pôde ser identificado uma deficiência em relação ao número de empresas interessadas em prestar serviço de recuperação do mercúrio presente nos resíduos, possivelmente devido à não existência de regulamentação para os usuários do setor, o que reduz a quantidade de material a ser tratado e, conseqüentemente, aumenta o custo operacional. O ganho de escala poderia ser alcançado com a realização de campanhas de conscientização dos usuários, incentivos fiscais para as empresas especializadas em tratamento e destinação de resíduos e leis mais claras para o setor.

Entende-se que os objetivos e produtos esperados com a elaboração deste trabalho foram alcançados, sendo que o levantamento dos temas abordados é significativo para o gerenciamento dos resíduos mercuriais e demonstra o atual cenário e as necessidades de melhoria do setor para superação das suas limitações, podendo agregar valor a este tema pouco estudado no que toca ao gerenciamento, sendo privilegiadas as abordagens geralmente voltadas para os riscos e impactos ocupacionais associados ao uso do mercúrio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACADEMIA DE DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL E ORGANIZACIONAL. Curso e apostila: **Como evitar riscos e impactos ambientais**. São Paulo: ADPO, 2003. 15p.

ÁBACO. Curso e apostila: **Auditor interno dos sistemas de gestão da qualidade e meio ambiente**, segundo as normas NBR ISO 9001/2000 e NBR ISO 14001/2004. São Paulo: Ábaco, 2005. 32p.

**AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE TERRESTRE**. Consulta geral a home page e as legislações da ANTT. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br>> Acesso em: 15 out. 2005.

\_\_\_\_\_. **Resolução ANTT Nº 420**. Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, n.103, 31 maio de 2004. 272 p.

APLIQUIM TECNOLOGIA AMBIENTAL. **Tratamento de resíduos contendo mercúrio**. Disponível em: <<http://www.apliquim.com.br/modules/content/index.php?id=20>>. Acesso em: 05 fev. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7500**: Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 57p.

\_\_\_\_\_. **NBR 10004**: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a. 71p.

\_\_\_\_\_. **NBR 10005**: Lixiviação de resíduos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b. 10p.

\_\_\_\_\_. **NBR 10006**: Solubilização de resíduos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004c. 4p.

\_\_\_\_\_. **NBR 10007**: Amostragem de resíduos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004d. 25p.

\_\_\_\_\_. **NBR 10157**: Aterros de resíduos perigosos: critérios para projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 22p.

\_\_\_\_\_. **NBR 12235**: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 14p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13221**: Transporte terrestre de resíduos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 10p.

\_\_\_\_\_. **NBR 14001: Sistemas de gestão ambiental: requisitos com orientações para uso.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 27p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS QUÍMICAS. Curso e apostila: **Preparação para embarque de produtos perigosos.** Módulo rodoviário. São Paulo: Abiquim, 2006a. 25p.

\_\_\_\_\_. **Manual para atendimento de emergências com produtos perigosos,** 5ª ed. São Paulo: Abiquim, 2006b. 288p.

\_\_\_\_\_. **Programa Atuação Responsável.** Disponível em: <<http://www.abiquim.org.br/conteudo.asp?princ=atu&pag=prog>>. Acesso em: 15 out. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÁLCALIS, CLORO E DERIVADOS. **Anuário estatístico 2005.** São Paulo: ABICLOR, 2006. Disponível em: <<http://www.abiclor.com.br>>. Acesso em: 28 set. 2006.

AZEVEDO, F. A. **Toxicologia do mercúrio.** São Carlos: Rima/InterTox, 2003. 272p.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Relatório setorial nº 7: soda-cloro.** BNDES, 1998. 20p.

BARBOSA, A. C.; JARDIM, W. F.; MALM, O. **Controle e monitoramento de mercúrio na Amazônia legal e no Pantanal** – programa mercúrio (PROMER). In: Mercury in the Tapajos Basin, Eds.: Villas-Bôas, R. C., Beinhoff, C e Da Silva, A. R. Rio de Janeiro: CNPq/CYTED, 2001. p. 173-182.

BERENELI EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA. **Indicação de filtros.** Disponível em: <<http://www.bereneli.com.br>>. Acesso em: 22 out. 2005.

BISINOTI, M.C.; JARDIM, W.F. **O comportamento do metilmercúrio (MetilHg) no ambiente.** Química Nova, 2004. p. 593-600.

BUREAU VERITAS. Curso e apostila: **Auditor líder ambiental.** São Paulo: Bureal Veritas, 2003. 43p.

\_\_\_\_\_. Curso e apostila: **Auditoria interna de sistema de avaliação de saúde segurança, meio ambiente e qualidade em transportadoras.** São Paulo: Bureau Veritas, 2006. 14p.

CAVALCANTI, C. S. **Descontaminação eletrolítica de carvão ativado saturado com mercúrio, de uma planta de tratamento de gases.** Dissertação: (Inic. Científica, Bach. Química) – Unigranrio. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <[http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie\\_anais\\_X\\_jic\\_2002/Cristiane.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_X_jic_2002/Cristiane.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2004.

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Consulta de Periódicos**. CAPES, 2005. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: 20 dez. 2005.

Controle Eletrônico de Normas - Cenwin. **CD-ROM Pesquisa de normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas**. ABNT, 2006. Disponível em: <[http://www.abnt.org.br/home\\_new.asp](http://www.abnt.org.br/home_new.asp)>. Acesso em: 10 de maio 2006.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Manual eletrônico de produtos químicos perigosos**. Cetesb, 2005. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/mergencia/produtos/produto\\_consulta.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/mergencia/produtos/produto_consulta.asp)>. Acesso em: 6 de out. 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução N° 313**: Dispõe sobre o inventário nacional de resíduos sólidos industriais. Diário Oficial da União, Brasília, 22 nov. 2002.

DEBELLE, J. P. **West European chlor-alkali mercury emission and waste management**. In: International Conference on Mercury as a Global Pollutant, 7. Brussels: 2005. 5p.

ENVIRONMENT CANADA. **Mercury containing product stewardship**. Disponível em: <<http://www.ec.gc.ca/mercury/ffmis-simif/Manual/Manual.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2005.

Legislação de Meio Ambiente - LEMA. **CD-ROM Consulta a legislação ambiental** desenvolvido pela SHO. Disponível em: <<http://www.sho.com.br>>. Acesso em: 12 abril 2006.

**Lei Federal N° 9.976. Dispõe sobre a produção de cloro e dá outras providências**. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, n.125, 4 jul. 2000. 184 p.

MAGARELLI, G.; FOSTIER, A.H. **Quantificação de fluxos de mercúrio gasoso na interface solo/atmosfera utilizando câmara de fluxo dinâmica: aplicação na bacia do Rio Negro**. Quim. Nova, 28(6), p. 968-974, 2005.

MERCURY RECOVER TREATMENT SYSTEM (MRT SYSTEM). **Manual técnico** - Superior Distiller. Karlskrona, Sweden. Disponível em: <[http://www.mrtssystem.com/downloads/products/dist\\_std\\_sup.pdf](http://www.mrtssystem.com/downloads/products/dist_std_sup.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2004.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Cetem quer campanha para prevenir contaminação por mercúrio**. MCT, 2005. Disponível em: <[http://agenciact.mct.gov.br/index.php?action=/content/view &cod\\_objeto=24929](http://agenciact.mct.gov.br/index.php?action=/content/view &cod_objeto=24929)>. Acesso em: 17 jan. 2006.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR– **MDIC**. Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet, (ALICE-Web). Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 28 set. 2006.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Normas Regulamentadoras – NR’s**. Manual de legislações Atlas: Segurança e Medicina do Trabalho: Editora Atlas. 59ª edição, São Paulo, 2006. 672p.

\_\_\_\_\_. Consulta geral as legislações do MTE. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br>>. Acesso em: 17 mar. 2006.

MIRACONI, R. C. C. M; BUENO, M. I. M. S; JARDIM, W. F. **Compostos de mercúrio. Revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte**. Campinas: UNICAMP / Departamento de Química Analítica. In: Química Nova, 23 (4) 2000. p. 487- 495.

NORTHEAST WASTE MANAGEMENT OFFICIALS' ASSOCIATION. **Mercury reduction program**. NEWMOA, 2002. Disponível em: <<http://www.newmoa.org/prevention/mercury>>. Acesso em: 18 out.2005.

RAPOSO, C. **Contaminação ambiental provocada pelo descarte não controlado de lâmpadas de mercúrio no Brasil**. Palestra apresentada ao Conama set/2001. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/0E732C8D/lamp013.ppt>>. Acesso em: 20 set. 2005.

REVISTA QUÍMICA E DERIVADOS. - **Argentinos querem fazer soda e cloro no RS**. São Paulo: editora QD Ltda, N° 414, 2003. Disponível em: <<http://www.quimica.com.br/revista/qd414/atualidades1.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2005.

ROINE, A. **HSC Chemistry for Windows**, Outokumpu Reserch, 2002. CD-ROM

SECRETARIA DE SAÚDE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Resolução SS-15, Instalação e funcionamento de estabelecimentos de assistência odontológica**. São Paulo: SSSP, 18 de Janeiro de 1999.

SOBRAL, L. G. S.; SANTOS R. L. C.; et al. **The electroleaching of residues containing mercury**. Part I Kinetics aspects. Proceedings of the III International Conference on Clean Technologies for the Mining Industries, Santiago, 1996. 175p.

SCLIAR, M. **A cidade onde os gatos dançavam (e as pessoas morriam)**. Crônica do médico sanitariano divulgada pela Clínica Literária. Disponível em: <http://www.luispeaze.com/minamata.htm>. Acesso em: 03 abril 2006

SCHROEDER, W. H. E MUNTHE, J. **Atmospheric mercury – an overview.** Atmos. Environ, 1998. p 32- 809.

ULLMANN'S. **Encyclopedia of industrial chemistry.** 6a. Edição. VCH, Edição Eletrônica, 1998.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM – UNEP, Chemicals. **Global mercury assessment.** Inter-organization program for the sound management of chemical, Geneva, 2003, 270p. Disponível em: <<http://www.chem.unep.ch/MERCURY/Report/final-report-download.htm>>. Acesso em: 18 fev. 2006.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – U. S. **EPA.** Mercury Site . Disponível em: <<http://www.epa.gov/mercury>>. Acesso em: 11 abril 2005.

VISALEGIS – **Sistema de legislação em vigilância sanitária.** ANVISA. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/legis/index.htm>>. Acesso em 10 jan. 2006.

VEOLIA ENVIRONMENT. **Aterro classe I.** Disponível em: <<http://www.onyx-veolia.com.br>>. Acesso em: 9 nov. 2005.

WASHINGTON DEPARTMENT OF ECOLOGY. **Mercury identification in Washington State Manufacturing.** Washington: WDE, 2002, 62 p. (Publication Number 03-04-007). Disponível em: <<http://www.ecy.wa.gov/pubs/0304007.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Mercury in health care: Policy Paper.** Genebra, Switzerland, out. 2005. Disponível em: <<http://www.who.int>>. Acesso em: 15 fev. 2006.

# **ANEXO A**



## Anexo A Equipamentos que podem conter mercúrio em sua composição

É apresentada a seguir uma lista de equipamentos que podem conter mercúrio em sua composição e informações a respeito do uso, identificação e alternativas de substituição.

Equipamento	Uso	Identificação	Alternativas
Barômetros ou manômetros	são usados para medir pressão atmosférica ou de um ambiente isolado como tanques, colunas, etc.	pode ser identificado pela presença de um tubo que contém o líquido de cor prateada.	existem opções analógicas e digitais disponíveis. Os barômetros programáveis e digitais eletrônicos são considerados precisos como o barômetro de mercúrio
Baterias	baterias contendo mercúrio são utilizadas nos relógios de pulso, em dispositivos auditivos, nas calculadoras, e em vários tipos de aplicações como, laboratórios, hospitais, e de uso militar e comercial	observar as informações da embalagem da bateria é o melhor método de identificar baterias contendo mercúrio.	os dispositivos elétricos são preferíveis aos produtos operados com bateria. O uso de baterias recarregáveis é também uma boa alternativa
Amálgama Dentário	o amálgama dentário é usado por dentistas para fabricar um enchimento durável no dente.	o amálgama contendo mercúrio tem cor de prata . O mercúrio é encontrado em escritórios dentários em cápsulas do amálgama e possivelmente na forma elementar	os materiais de enchimento alternativos incluem; compostos de vidro, folha de ouro, liga de ouro, coroas metal-cerâmica e ligas de gálio. Entretanto estas opções podem ser mais caras e menos duráveis que os amálgamas de mercúrio.
Sensores de chama	os sensores de chama contendo mercúrio, foram usados em equipamentos antigos a gás como, secadores, fogões, e caldeiras, para abrir ou para fechar o gás. Um outro tipo de sensor de chama é usado nos sistemas de detecção de fogo para ativar sistemas ou alarmes de extinção de incêndios	sensores de chama com mercúrio podem geralmente ser identificados por uma parte delgada e longa de tubulação de cobre, com uma extremidade unida por parafuso a um dispositivo e a outra extremidade da tubulação selada, onde fica o mercúrio	a maioria dos dispositivos novos foram construídos com sensores de chama isentos de mercúrio. Os dispositivos antigos podem ser substituídos por um dispositivo elétrico

Medidores de fluxo ou Fluxímetros	os medidores de fluxo medem a taxa de fluxo de gás, da água ou do ar	podem ser descritos como sendo, dois manômetros unidos a um conjunto para a medida da taxa de fluxo de uma substância líquida ou gasosa	digital ou instrumentação eletrônica podem substituir a maioria dos manômetros usados nos fluxímetros
Higrômetro ou psicrômetro	higrômetros medem a umidade relativa do ar, sendo o psicrômetro o mais comum dos higrômetros.	os higrômetros são pares de termômetros com um acessório distinto de algodão em um dos bulbos (bulbo úmido).	instrumentos preenchidos com álcool ou instrumentos digitais
Lâmpadas fluorescentes compactas ou lineares	são usadas freqüentemente no lugar das luzes incandescentes tradicionais, em indústrias, hospitais, escritórios, e nos sistemas de iluminação residencial.	são tubos de vidro selados que contêm quantidades pequenas de mercúrio, gás inerte, e pó do fósforo revestindo o interior dos tubos. As lâmpadas fluorescentes são altamente eficientes, usam a descarga elétrica através do vapor em baixa pressão de mercúrio para produzir luz ultravioleta (UV).	adquirir lâmpadas de alta eficiência e baixo teor de mercúrio sempre que possível.
Lâmpadas de Vapor de Mercúrio	são encontradas freqüentemente em aplicações de necessidade de descarga de intensidade elevada. São usados para iluminar ruas e estacionamentos.	a emissão pode ser identificada por uma luz azulada	adquirir lâmpadas de alta eficiência e baixo teor de mercúrio sempre que possível. Os sistemas alternativos existentes, isentos de mercúrio, podem ser caros com um período de retorno financeiro longo, por exemplo iluminação estado sólido “diodos emissores de luz”.
Lâmpadas de vapor de sódio	são econômicas, de intensidade de descarga elevada, usadas para a iluminação de ruas e grandes áreas.	a emissão clara é identificada por uma luz amarelada	adquirir lâmpadas de alta eficiência e baixo teor de mercúrio sempre que possível. Os sistemas existentes alternativos (por exemplo iluminação estado sólido “diodos emissores de luz”) podem ser caros com um período de retorno financeiro longo

Dilatadores de Esôfago	são usados para dilatar o esôfago de um paciente durante a cirurgia torácica, ou de otolaringologia, entre outros procedimentos médicos	o dilatador é composto de dois tubos em um. O espaço entre o tubo externo e interno abriga o mercúrio	Os dilatadores de água e tungstênio são alternativas comuns aos mercuriais.
Tubo Gastrintestinal	são tubos usados na remoção de obstruções intestinais. A pesquisa sugere que estes dispositivos não são mais usados extensamente	o tubo gastrintestinal consiste em um tubo interno para permitir a passagem do ar; e um tubo externo maior em que o mercúrio ou uma substância alternativa são utilizados como peso	uma alternativa para os tubos gastrintestinais de mercúrio são tubos com tungstênio.
Esfigmomanômetro	manômetro usado para medir a pressão do sangue. Os medidores com mercúrio foram o padrão no campo médico por muitos anos, mas foram substituídos por equipamentos aneróides e digitais devido à responsabilidade associada ao risco do mercúrio.	o dispositivo usa tipicamente uma bolsa que envolve o braço do paciente. Duas mangueiras vêm da bolsa: uma da bomba de pressão de ar, e a outra para o dispositivo mercurial que mede a pressão real	as alternativas aos esfigmomanômetros mercuriais são produtos aneróides e digitais. Ambos são de confiança comparável aos mercuriais. Os digitais estão ficando mais acessíveis e são os mais fáceis de usar
Compostos de Mercúrio	compostos químicos contendo mercúrio são utilizados em várias aplicações, entre elas, laboratórios e indústrias Exemplos: Reagente de Arsênico-cálcio; Reagente de CPK; Mercúrio elementar; Sulfeto de Mercúrio, Cloreto Mercurioso; Merthiolate (Thiomersal)	os produtos químicos e as misturas contendo mercúrio podem ser identificados por: inventário de produtos perigosos; rótulo da embalagem; ficha de emergência do produto; manifesto de transporte, se transportado	as alternativas isentas de mercúrio, devem ser consideradas sempre que possível. Solicitar ao fornecedor do laboratório orientação a respeito de reagentes ou métodos de análises alternativos. Na indústria, buscar continuamente soluções técnicas que substituam com eficiência o metal.
Interruptor de deslocamento ou de contato	Relé é um dispositivo capaz de abrir ou fechar um circuito elétrico. os relés de deslocamento de mercúrio e de contato são ideais para ambientes adversos, tais como o corrosivo, sujo, ou os ambientes úmidos	a única maneira de identificar verdadeiramente o dispositivo é verificando a etiqueta do fabricante	este dispositivo é muito específico para sua aplicação e as alternativas geralmente não forneceram o desempenho ou a confiabilidade igual. A obtenção das alternativas não pôde ser recomendada

<p>Interruptores de Flutuação</p>	<p>monitoram o nível de líquido, os interruptores de flutuação são usados mais freqüentemente para ligar e desligar sistemas de bombeamento, exemplo, bombas de estações de tratamento de esgoto</p>	<p>o mercúrio fica contido em uma embalagem de formato cilíndrico ou esférico, protegido por uma ampola selada. O dispositivo com mercúrio pode ser identificado movimentando manualmente, se produzir um som de líquido é indicativo de mercúrio. Caso o som seja metálico o equipamento utiliza uma esfera de metal (sem mercúrio).</p>	<p>os interruptores mecânicos podem ser usados para substituir interruptores de mercúrio na maioria das aplicações</p>
<p>Interruptores de pressão</p>	<p>há diversos projetos de interruptores de pressão. São usados em uma variedade de aplicações por causa de sua confiabilidade e vida operacional longa em consequência de ter poucos componentes móveis e de não ser sujeito a formar arcos. O interruptor está se tornando menos popular na indústria de alimento e de bebida, devido a seu índice de mercúrio.</p>	<p>os interruptores de pressão podem ser de diafragma, ou pistão acoplado em um interruptor mecânico. O interruptor mede mudanças da pressão ou vácuo diferencial entre duas entradas de pressão.</p>	<p>as alternativas incluem interruptores de pressão mecânicos e interruptores de estado sólido. As alternativas estão extensamente disponíveis e variam no preço dependendo do uso e projeto.</p>
<p>Interruptores ou relés de temperatura</p>	<p>os interruptores ou relés térmicos são usados em bandejas de aquecimento de alimento, em caldeiras de água quente, em fornos, em esterilizadores, em máquinas de moldagem, em intercambiadores de calor, em equipamento de ventilação com regulagem de temperatura, refrigeradores, nos sistemas de alarme, nas máquinas de pipoca.</p>	<p>um interruptor térmico de mercúrio é similar a um interruptor de inclinação de mercúrio, onde o movimento da ampola está associado ao fechamento do circuito e unida geralmente a algum tipo de dispositivo mecânico tal como uma tira bimetálica que expanda e se contraia</p>	<p>as alternativas a um interruptor térmico de mercúrio incluem interruptores de pressão mecânicos e interruptores de pressão de estado sólido</p>

<p>Interruptores de Inclinação</p>	<p>são usados extensamente em uma variedade de aplicações por causa de sua confiabilidade e vida operacional longa. O interruptor é selado hermeticamente, sendo ideal para o uso em ambientes com poeira, umidade, e em atmosferas explosivas. Os interruptores de inclinação são usados para o monitoramento de dispositivos e aplicações de controle.</p>	<p>são tubos tipicamente pequenos com contatos elétricos em uma extremidade do tubo. O mercúrio fica situado internamente onde pode fazer o contato com elétrodos internos quando inclinado</p>	<p>interruptores metálicos de esfera, interruptores eletrolíticos de inclinação, potenciômetros, interruptores mecânicos, interruptores de estado sólido, e interruptores capacitivos</p>
<p>Termômetros</p>	<p>o termômetro de mercúrio pode ser utilizado para medir a temperatura corporal, medições científicas, industriais ou de laboratório</p>	<p>os termômetros que contêm o mercúrio podem facilmente ser identificados pela cor prata no bulbo</p>	<p>as alternativas livres de mercúrio incluem termômetros digitais (termômetro de resistência), a álcool ou composição de gálio-índio-zinco. Outras alternativas incluem termômetros de gás ou canal de orelha e termômetros flexíveis de testa. Estas alternativas podem ser tão exatas quanto termômetros de mercúrio, e em muitos casos são mais fáceis de ler.</p>
<p>Termostatos</p>	<p>termostatos de mercúrio podem ser usados em sistemas de aquecimento e de refrigeração, em controle residencial, médico, comercial e industrial.</p>	<p>são montados tipicamente em paredes. A maioria dos termostatos não digitais contêm mercúrio. Os termostatos que contêm o mercúrio podem geralmente ser identificados removendo com cuidado a placa dianteira do dispositivo e inspecionar os componentes descobertos. Se houver uma ampola de vidro que contém um líquido prata é indicativo de mercúrio</p>	<p>termostatos eletrônicos programáveis livres de mercúrio. Um termostato programável ajusta automaticamente a temperatura em um quarto ou em um edifício de acordo com uma programação pré-determinada. Uma vantagem de dispositivos eletrônicos é que podem resultar em economias de energia.</p>

Fonte: NEWMOA (2002) apud U.S. EPA (2005).

## **Anexo B**

**Anexo B****Legislações relacionadas com a temática do mercúrio**

Typo – nº	Data	Âmbito	Resumo	Assunto
Decreto 97.507	13/02/1989	Federal	Dispõe sobre licenciamento de atividade mineral, o uso do mercúrio metálico e do cianeto em áreas de extração de ouro.	Mineração
Decreto 97.634	10/04/1989	Federal	Dispõe sobre o controle da produção e da comercialização de substância que comporta risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente.	Mercúrio metálico
Portaria IBAMA 434	09/08/1989	Federal	Implanta o Sistema de Cadastramento e Notificação - Sican, de pessoas físicas e jurídicas que importem, produzam e comercializam mercúrio metálico.	Mercúrio
Portaria IBAMA 435	09/08/1989	Federal	Implanta o Registro Obrigatório no Ibama, dos equipamentos destinados ao controle do mercúrio metálico nas atividades de garimpagem de ouro.	Mercúrio
Portaria IBAMA 14	15/01/1990	Federal	Concede prazo para o cadastramento de pessoas físicas e Jurídicas que importem, produzam e comercializam mercúrio metálico.	Mercúrio
Portaria IBAMA 32	12/05/1995	Federal	Dispõe sobre a obrigatoriedade de cadastramento no Ibama das pessoas físicas e jurídicas que importem, produzam ou comercializem a substância mercúrio metálico.	Cadastramento do Ibama
Resolução CONAMA 257	30/06/1999	Federal	Dispõe Sobre o descarte e o gerenciamento adequados de pilhas e baterias usadas, no que tange á Coleta, Reutilização, Reciclagem, Tratamento ou disposição final.	Pilha e bateria
Resolução S.S. 15	18/01/1999	São Paulo	Estabelece condições para instalação e funcionamento de estabelecimentos de assistência odontológica	Consultório odontológico
Lei 10.289	20/10/1999	Municipal (Campinas)	Obriga as empresas que comercializam pneus, pilhas e baterias novas a base de metais pesados como o cádmio, cromo, zinco ou mercúrio, a possuírem locais seguros para recolhimento dos usados e a fixarem placas com informações sobre os prejuízos causados pelos produtos ao meio ambiente e da outras providências.	Pneus Pilhas e Baterias
Lei 9.976	03/07/2000	Federal	Dispõe sobre normas a serem utilizadas pelas indústrias produtoras de cloro pelo processo de eletrólise. Veda novas instalações de fábricas para produção de cloro pelo processo de eletrólise com tecnologia a mercúrio e diafragma de amianto.	Cloro/soda
Resolução 01 Conselho Desenv. e M.A.	08/06/2000	Municipal (Manaus)	Estabelece que as pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, necessárias ao funcionamento de quaisquer tipos de aparelhos, veículos ou sistemas, bem como de produtos eletroeletrônicos, deverão ser entregues, após seu esgotamento energético, aos estabelecimentos que as comercializam ou a rede de assistência técnica autorizada, para que estes adotem os procedimentos necessários à disposição final ambientalmente adequada desses produtos.	Pilhas

Resolução ANVISA 528	07/04/2001	Federal	Proíbe o uso de compostos mercuriais nos medicamentos e dá outras providências.	medicamentos
Lei 11.294	27/06/2002	Municipal (Campinas)	Dispõe sobre a destinação de lâmpadas fluorescentes no município de campinas	Lâmpadas Fluorescentes
Resolução CONAMA 313	22/11/2002	Federal	Dispõe sobre o inventario de resíduos industriais	Inventário de resíduos
Resolução ANTT 420 e suas alterações	12/02/2004	Federal	Agencia Nacional de Transportes Terrestres - Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos.  <u>Alterações:</u> RESOLUÇÃO Nº 701, DE 25 DE AGOSTO DE 2004 RESOLUÇÃO Nº 1644, DE 27 DE NOVEMBRO DE 2006	Transporte Prod. Perigosos
Lei 12.300	16/03/2006	Estadual (São Paulo)	Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios; diretrizes; objetivos; instrumentos para a gestão integrada e compartilhada de resíduos sólidos, com vistas a prevenção e ao controle da poluição, a proteção e a recuperação da qualidade do meio ambiente. Revoga A Lei N. 11.387, de 27.05.03.	Política de resíduos sólidos
NR 6	15/10/2001	Federal (MTE)	Esta Norma Regulamentadora - NR estabelece a obrigatoriedade do empregador em realizar o fornecimento, orientação e controle dos EPIs oferecidos aos trabalhadores.	EPI's
NR 7	29/12/1994	Federal (MTE)	Esta Norma Regulamentadora - NR estabelece a obrigatoriedade de elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO, com o objetivo de promoção e preservação da saúde do conjunto dos seus trabalhadores.	Exames médicos
NR 9	29/12/1994	Federal (MTE)	Esta Norma Regulamentadora estabelece os parâmetros mínimos e diretrizes gerais a serem observados na execução do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA, podendo os mesmos serem ampliados mediante negociação coletiva de trabalho.	Riscos ambientais
NR 15	8/07/1978	Federal (MTE)	Esta Norma Regulamentadora estabelece as regras de enquadramento das atividades e operações insalubres.	Atividades insalubres
NR 25	8/07/1978	Federal (MTE)	Esta Norma Regulamentadora estabelece obrigatoriedade da observação e controle das fontes de resíduos sólidos, líquidos e gasosos das empresas visando à prevenção da saúde do trabalhados	Resíduos industriais

Fonte: LEMA (2006).



# **Anexo C**

## Anexo C - Normas Brasileiras NBR - normas elaboradas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

A seguir são citadas normas com referência ao mercúrio e/ou resíduos perigosos

Nº	data	Título	Objetivo
NBR 9922	07/1987	Açúcar - Determinação de mercúrio	Prescreve método de determinação de mercúrio em açúcar por espectrofotometria de absorção atômica sem chama.
NBR 9987	08/1987	Mercúrio de uso odontológico	Fixa condições mínimas exigíveis ao mercúrio utilizado no preparo do amálgama de uso odontológico, bem como as exigências para embalagem e comercialização.
NBR 12235	04/1992	Armazenamento de resíduos sólidos perigosos	Fixa as condições exigíveis para o armazenamento de resíduos sólidos perigosos de forma a proteger a saúde pública e o meio ambiente.
NBR 13803	04/1997	Água - Determinação de mercúrio total pelo método da espectrometria de absorção atômica por geração de vapor a frio	Especifica método de determinação de mercúrio total em amostras de água natural, água mineral e de mesa, de abastecimento, efluentes domésticos e industriais, pelo método da espectrometria de absorção atômica por geração de vapor a frio.
NBR 14064	02/2003	Atendimento a emergência no transporte terrestre de produtos perigosos	Estabelece os requisitos mínimos para orientar as ações básicas a serem adotadas por entidades ou pessoas envolvidas direta ou indiretamente em situações de emergência, no transporte terrestre de produtos perigosos.
NBR 9847	03/2004	Soda cáustica líquida - Determinação de mercúrio - Método de absorção atômica sem chama	Especifica o método para determinação de mercúrio em soda cáustica líquida por absorção atômica sem chama (vapor frio).
NBR 10004	05/2004	Resíduos sólidos - Classificação	Classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente.
NBR 10005	05/2004	Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos	Fixa os requisitos exigíveis para a obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, visando diferenciar os resíduos classificados pela ABNT NBR 10004 como classe I - perigosos - e classe II - não perigosos.
NBR 10006	05/2004	Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos	Fixa os requisitos exigíveis para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, visando diferenciar os resíduos classificados na ABNT NBR 10004 como classe II A - não inertes e classe II B - inertes.
NBR 10007	05/2004	Amostragem de resíduos sólidos	Fixa os requisitos exigíveis para amostragem de resíduos sólidos.
NBR 7500	11/2005	Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos	Estabelece a simbologia convencional e o seu dimensionamento para produtos perigosos, a ser aplicada nas unidades de transporte e nas embalagens, a fim de indicar os riscos e os cuidados a serem tomados no transporte terrestre, manuseio, movimentação.

NBR 7501	11/2005	Transporte terrestre de produtos perigosos – Terminologia	Define os termos empregados no transporte terrestre de produtos perigosos.
NBR 7503	12/2005	Ficha de emergência e envelope para o transporte terrestre de produtos perigosos - Características, dimensões e preenchimento.	Especifica os requisitos e as dimensões para a confecção da ficha de emergência e do envelope para o transporte terrestre de produtos perigosos, bem como as instruções para o preenchimento da ficha e do envelope.
NBR 9735	11/2005	Conjunto de equipamentos para emergências no transporte terrestre de produtos perigosos	Estabelece o conjunto mínimo de equipamentos para emergências no transporte terrestre de produtos perigosos, constituído de equipamento de proteção individual, a ser utilizado pelo motorista e pessoal
NBR 13221	06/2005	Transporte terrestre de resíduos	Especifica os requisitos para o transporte terrestre de resíduos, de modo a evitar danos ao meio ambiente e a proteger a saúde pública.
NBR 14619	06/2005	Transporte terrestre de produtos perigosos - Incompatibilidade química	Estabelece os critérios de incompatibilidade química a serem considerados no transporte terrestre de produtos perigosos.

Fonte: CENWIN (2006).