



Distr.: General  
20 July 2015

Original: English

---

**Conferência das Partes da Convenção da Basileia  
Sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de  
Resíduos Perigosos e seu Descarte**

**Décima Segunda Reunião**

Genebra, 4–15 maio 2015

Item 4 (b) (i) da agenda

**Questões relacionadas à implementação da Convenção:  
questões científicas e técnicas: orientações técnicas**

## **Orientações Técnicas**

### **Orientações técnicas gerais sobre o gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos consistindo em, contendo ou contaminados por mercúrio e compostos de mercúrio**

#### **Nota pelo Secretariado**

Em sua décima segunda reunião a Conferência das Partes da Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Descarte adotou, pela decisão BC 12/4 as orientações técnicas relacionadas ao gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos consistindo em, contendo ou contaminados por mercúrio ou compostos de mercúrio, com base no esboço das orientações técnicas contidas no documento UNEP/CHW.12/5/Add.8. As orientações técnicas referenciadas acima foram preparadas pelo Governo do Japão em colaboração com o pequeno grupo de trabalho interseccional em desenvolvimento das orientações técnicas sobre o gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos com mercúrio. As orientações técnicas foram adicionalmente revisadas em 10 de abril de 2015 considerando comentários recebidos das partes e de outros, até 21 de março de 2015 (ver documento UNEP/CHW.12/INF/8). O texto da versão final das orientações técnicas, conforme adotado, está contido no anexo da presente nota.

## **Anexo**

### **Orientações técnicas gerais sobre o gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos consistindo em, contendo ou contaminados por mercúrio e compostos de mercúrio**

**Versão final revisada (15 de maio 2015)**

## Conteúdo

Abreviações e acrônimos.....	5
Unidades de medida .....	6
<b>I. Introdução .....</b>	<b>6</b>
A. Escopo .....	7
B. Sobre o mercúrio.....	8
<b>II. Disposições relevantes da Convenção de Estocolmo e ligações internacionais .....</b>	<b>9</b>
A. Convenção da Basileia .....	9
1. Disposições gerais .....	9
2. Disposições relacionadas ao mercúrio .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
B. Ligações Internacionais .....	11
1. Convenção de Minamata sobre o Mercúrio .....	11
2. Parceria Global da UNEP sobre Mercúrio.....	14
3. Convenção de Rotterdam.....	14
4. Protocolo sobre Metais Pesados .....	14
5. SAICM .....	14
<b>III. Orientações sobre gerenciamento ambientalmente seguro (ESM) .....</b>	<b>15</b>
A. Considerações Gerais.....	15
1. Convenção da Basileia.....	15
2. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico .....	15
3. Gerenciamento do ciclo de vida do mercúrio .....	16
B. Quadro legislativo e regulatório.....	17
1. Registro de geradores de resíduos .....	17
2. Redução e interrupção do mercúrio em produtos e processos industriais.....	18
3. Exigências de movimentos transfronteiriços .....	19
4. Autorização e inspeção de instalações de descarte .....	20
C. Identificação e inventário.....	20
1. Identificação de fontes de resíduos de mercúrio.....	20
2. Inventários .....	25
D. Amostragem, análise e monitoramento.....	26
1. Amostragem .....	26
2. Análise.....	28
3. Monitoramento .....	28
E. Prevenção e minimização de resíduos .....	30
1. Prevenção e minimização de resíduos para processos industriais .....	30
2. Prevenção e minimização de resíduos para produtos com adição de mercúrio ...	32
3. Responsabilidade estendida do produtor .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
F. Manejo, separação, coleta, empacotamento, rotulagem, transporte e armazenamento ...	35
1. Manejo.....	35
2. Separação.....	36
3. Coleta.....	38
4. Empacotamento e rotulagem .....	40
5. Transporte.....	40
6. Armazenamento.....	40
G. Descarte ambientalmente seguro .....	43
1. Operações de recuperação .....	43
2. Operações que não resultam na recuperação de mercúrio ou compostos de mercúrio.....	50

H.	Redução de emissões de mercúrio do tratamento térmico e aterramento de mercúrio ...	60
1.	Redução de emissões de mercúrio do tratamento térmico de resíduos .....	60
2.	Redução de emissões de mercúrio de aterros .....	62
I.	Recuperação de áreas contaminadas .....	62
1.	Identificação de áreas contaminadas e resposta de emergência .....	63
2.	Recuperação ambientalmente segura .....	63
J.	Saúde e segurança .....	64
K.	Resposta de emergência .....	65
1.	Plano de resposta de emergência .....	65
2.	Consideração especial para derramamento de mercúrio ou compostos de mercúrio.....	66
L.	Conscientização e participação .....	67

**Anexo: Bibliografia .....** Erro! Indicador não definido.

## Abreviações e acrônimos

ASGM	Mineração de ouro artesanal ou em pequena escala
ASTM	Sociedade Americana de Testes e Materiais
AOX	Halogenetos absorventes orgânicos
BAT	Melhores técnicas disponíveis
CCME	Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente
CEN	Comitê Europeu de Padronização
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral (Brasil)
CFLs	Lâmpadas fluorescentes compactas
CH <sub>3</sub> Hg <sup>+</sup> or MeHg <sup>+</sup>	Mercúrio monometílico, conhecido como metilmercúrio
Cl	cloro
EMS	Sistema de gerenciamento ambiental
EN	Padrão Europeu
EPA	Agência de Proteção Ambiental (EUA)
EPR	Responsabilidade estendida do produtor
ESM	environmentally sound management
FAO	Organização de Alimentos e Agricultura das Nações Unidas
GEF	Fundo Mundial para o Meio Ambiente
GMP	Projeto Mercúrio Global
HCl	Ácido hidrolórico
HF	Ácido hidroluórico
Hg	mercúrio
HgCl <sub>2</sub>	Dicloreto de mercúrio
HgO	Óxido de mercúrio (II)
HgS	Sulfeto de mercúrio ou cinábrio
HgSO <sub>4</sub>	Sulfato de mercúrio
HNO <sub>3</sub>	Ácido nítrico
IAEA	Agência Internacional de Energia Atômica
IATA	Associação Internacional de Transporte do Ar
ICAO	Organização Internacional de Aviação Civil
IIED	Instituto Internacional do Desenvolvimento e Meio Ambiente
ILO	Organização Internacional do Trabalho
IMERC	Centro Coordenador Interestadual de Redução e Educação sobre o Mercúrio
IMO	Organização Marítima Internacional
ISO	Organização Internacional de Padronização
J-Moss	Identificação japonesa de substâncias específicas (padrão japonês JIS C 0950, intitulado “identificação de presença de substâncias químicas específicas para equipamentos elétricos e eletrônicos”)
JIS	Padrão Industrial japonês
JLT	Teste de lixiviação padronizado japonês
JSA	Associação Japonesa de Padrões
LCD	Displays de cristal líquido
LED	Diodo emissor de luz
MMSD	Mineração, minerais e desenvolvimento sustentável (projeto IIED/WBCSD)
MSW	Resíduos municipais sólidos
NEWMOA	Associação Nordeste de Oficiais Gerenciadores de Resíduos
NGO	Organização não governamental
NIP	Plano nacional de implementação
NIMD	Instituto Nacional do Desastre de Minamata
NO <sub>x</sub>	Óxido de nitrogênio
OEWG	Grupo de Trabalho em Aberto (da Convenção da Basileia)
OECD	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OSPAR	Convenção para a Proteção do Ambiente Marinho do Atlântico Nordeste
QA/QC	Garantia/control de qualidade
PAC	Carbono Ativado em Pó
PACE	Parceria para Ação sobre Equipamentos de Computação
PBB	Bifenilas polibromadas
PBDE	Éteres difenilos polibromados
PCB	Bifenila policlorada
PM	Material particulado
POPs	Poluentes orgânicos persistentes
PRTR	Registro de emissões e transferências de poluentes
PVC	Cloro de polivinila
RoHS	Diretiva 2011/65/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 8 de Junho de 2011 sobre a restrição de uso de certas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos (Diretiva RoHS)
SAICM	Abordagem estratégia para o Gerenciamento Internacional de Químicos

SETAC	Sociedade de Química e Toxicologia Ambiental
SO <sub>2</sub>	Dióxido de enxofre
SOP	Procedimento operacional padrão
SPC	Cimento polimérico de enxofre
S/S	Estabilização e/ou solidificação
TCLP	Processo de lixiviação característico pela toxicidade
TOC	Carbono orgânico total
TS	Especificação técnica
UNDP	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
UNECE	Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa
UNEP	Programa Ambiental das Nações Unidas
UNIDO	Organização do Desenvolvimento Industrial das Nações Unidas
VCM	Monômero de cloreto de vinilo
WBCSD	Conselho Mundial dos Negócios para Desenvolvimento Sustentável
WEEE	Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos
WHO	Organização Mundial da Saúde

## Unidades de medida

µg	micrograma
mg	miligramas
g	grama
kg	quilograma
mg/kg	miligramas(s) por quilograma. Corresponde a partes por milhão (ppm) por massa.
L	litro
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
°C	Grau Celsius

## I. Introdução

### A. Escopo

1. A presente orientação técnica fornece auxílio sobre o gerenciamento ambientalmente seguro (ESM) de resíduos consistindo em, contendo ou contaminados por mercúrio<sup>1</sup> ou compostos de mercúrio<sup>2</sup> aqui referidos como “resíduos de mercúrio”, pertinentes às decisões VIII/33, IX/15, BC-10/7, BC-11/5 e BC-12/4 da Conferência das Partes da Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Descarte e as decisões VII/7 e OEWG-9/4 do Grupo em Aberto da Convenção da Basileia. Esse documento substitui as Orientações Técnicas para o ESM de resíduos consistindo em mercúrio elementar e resíduos contendo ou contaminados por mercúrio, da Convenção da Basileia, adotada pela Conferência das Partes em sua décima reunião.

2. No parágrafo 1 do Artigo 2 (“Definições”) a Convenção da Basileia define resíduos como “substâncias ou objetos que são descartados, estão destinados a serem descartados ou devem ser descartados de acordo com as disposições da lei nacional”. Os seguintes resíduos de mercúrio<sup>3</sup> são abordados no presente documento (ver a tabela 3 para exemplos adicionais):

A: Resíduos consistindo em mercúrio ou compostos de mercúrio (e.g., mercúrio em excesso da desativação de instalações da indústria de cloro e álcali, mercúrio recuperado de resíduos contendo mercúrio ou compostos de mercúrio ou resíduos contaminados por mercúrio ou compostos de mercúrio ou estoque excedente de mercúrio ou compostos de mercúrio designados como resíduos):

B: Resíduos contendo mercúrio ou compostos de mercúrio;

B1: Resíduos de produtos com adição de mercúrio<sup>4</sup> que liberam mercúrio facilmente no ambiente, incluindo quando são quebrados (e.g., termômetros de mercúrio, lâmpadas fluorescentes);

B2: Resíduos de produtos com adição de mercúrio sem ser os listados em B1 (e.g., baterias);

B3: Resíduos contendo mercúrio ou compostos de mercúrio que resultem dos tratamentos de resíduos de mercúrio listados como A, B1, B2 ou C;

C: Resíduos contaminados por compostos de mercúrio (e.g., resíduos gerados de processos de mineração, processos industriais ou processos de tratamento de resíduos).

3. O presente documento tem como foco resíduos de mercúrio categorizados como resíduos perigosos.

<sup>1</sup> “Mercúrio” significa mercúrio elementar (Hg(0), CAS No. 7439-97-6) (ver o Artigo 2 (d) da Convenção de Minamata sobre Mercúrio (doravante referida como “Convenção de Minamata”).

<sup>2</sup> “Composto de mercúrio” significa qualquer substância consistindo em átomos de mercúrio e um ou mais átomos de outros elementos químicos que podem ser separados em diferentes componentes apenas por meio de reações químicas (ver o Artigo 2 (e) da Convenção de Minamata)..

<sup>3</sup> Sob o Artigo 11, parágrafo 2, da Convenção de Minamata, apenas os resíduos consistindo em, contendo ou contaminados por mercúrio ou compostos de mercúrio em quantidades acima dos limites relevantes definidos pela Conferência das partes da Convenção são definidos como resíduos de mercúrio. Essa definição exclui sobrecarga, resíduos de pedras e resíduos de mineração, exceto mineração primária de mercúrio, a menos que contenham mercúrio ou compostos de mercúrio acima dos limites definidos pela Conferência das Partes.

<sup>4</sup> “Produto com adição de mercúrio” significa um produto ou componente que contenha mercúrio ou um composto de mercúrio que tenha sido adicionado intencionalmente (ver o Artigo 2 (f) da Convenção de Minamata).

## B. Sobre o Mercúrio<sup>5</sup>

4. O mercúrio vem sendo utilizado em produtos como utensílios de medição (barômetros, higrômetro, manômetros, termômetros, esfigmomanômetros), interruptores e retransmissores, lâmpadas fluorescentes, baterias, cosméticos, pesticidas, biocidas, antissépticos tópicos e amálgama dentária, e em processos de fabricação como os que envolvem a produção de cloro álcali, acetaldeídos, monômeros de cloreto de vinilo (VCM), metilatos ou etilatos de potássio, poliuretano, e produtos com adição de mercúrio.

5.

O mercúrio também pode ser um subproduto dos processos de refinamento da matéria prima ou de produção, como refinamento de combustíveis e gases e produção de metais não ferrosos. O mercúrio é reconhecido globalmente como um poluente perigoso.<sup>6</sup> As emissões de mercúrio podem ser causadas por atividades humanas (i.e. podem ser causadas pelo homem) mas podem também ser provenientes de causas naturais como erupções vulcânicas e incêndios florestais. Uma vez que o mercúrio é emitido ou liberado ao meio ambiente ele persiste na atmosfera (e.g., como vapor de mercúrio), no solo (e.g., como mercúrio iônico) e na água (e.g., metilmercúrio (MeHg<sup>+</sup>, ou CH<sub>3</sub>Hg<sup>+</sup>). Parte do mercúrio que é liberado ou emitido ao meio ambiente acaba na cadeia alimentar, principalmente devido à biomagnificação.

6. Manejo, coleta, transporte, e descarte inadequado de mercúrio podem levar a emissões de mercúrio ao meio ambiente, bem como o uso de algumas técnicas de descarte.

7. A descarga de águas residuais contendo Mercúrio na Baía de Minamata, Japão, entre 1932 e 1968, (Ministério do Meio Ambiente Japão, 2002) o aterramento ilegal de resíduos contaminados por mercúrio no Camboja em 1998 (Honda et al., 2006; NIMD, 1999) e o caso envolvendo a empresa Thor Chemicals na África do Sul (Lambrecht, 1989) são apenas alguns exemplos de casos nos quais resíduos contendo ou contaminados por mercúrio ou compostos de mercúrio não foram gerenciados de forma ambientalmente segura.

8. As disposições da convenção de Minamata sobre Mercúrio (doravante referida como “Convenção de Minamata”) buscam reduzir a oferta e a procura por mercúrio. A crescente tendência global no sentido da interrupção de produtos com adição de mercúrio e de processos utilizando mercúrio em breve irá resultar na geração de um excesso de mercúrio caso as ofertas de mercúrio continuem no mesmo nível. Além disso, espera-se que nos próximos anos o uso de alguns produtos com adição de mercúrio aumente, como é o caso das lâmpadas fluorescentes que estão sendo usadas para substituir as lâmpadas incandescentes como parte de uma estratégia para a diminuição do uso de carbono, e também do uso de display de cristal líquido (LCD). Garantir o ESM, especialmente de resíduos de mercúrio, será de extrema importância para a maioria dos países.

<sup>5</sup> Para maiores informações sobre mercúrio, incluindo suas propriedades químicas, fontes, comportamento no meio ambiente, e efeitos na saúde humana, bem como riscos do mercúrio e poluição, estão disponíveis nas seguintes fontes (ver bibliografia para referências completas):

- Para ver propriedades químicas: Japan Public Health Association, 2001 Steffen, 2007; WHO, 2003; Spiegel e Veiga, 2006; ILO, 2000 e 2001; Oliveira et al, 1998; e Tajima, 1970.
- Para fontes de emissões antropogênicas: UNEP, 2008a; e o Zero Mercury Working Group, 2009;
- Para comportamento no meio ambiente: Japan Public Health Association, 2001; e Wood, 1974;
- Para riscos à saúde humana: Ozonoff, 2006; Sanbom e Brodberg, 2006; Sakamoto et al, 2005; WHO, 1990; Kanai e Endou, 2003; Kerper et al, 1992; Mottet et al, 1985; Sakamoto et al, 2004; Oikawa et al, 1983; Richardson, 2003; Richardson and Allan, 1996; Gay et al, 1979; Boom et al, 2003; Hylander e Meili, 2005; Bull, 2006; WHO, 1972, 1990, 1991, 2003 and 2008; Japan Public Health Association, 2001; Canadian Centre for Occupational Health and Safety, 1998; Asano et al, 2000; e UNEP, 2008.
- Para poluição por mercúrio: Ministry of the Environment of Japan, 1997 e 2002; Amin-Zaki et al, 1978; Bakir et al, 1973; Damluji e Tikriti, 1972; UNEP, 2002; Lambrecht, 1989; GroundWork, 2005; The School of Natural Resources and Environment, University of Michigan, 2000; e Butler, 1997.

<sup>6</sup> O preâmbulo da Convenção de Minamata reconhece que o mercúrio é um químico globalmente preocupante devido a sua capacidade de transporte atmosférico de longa distância, sua persistência no meio-ambiente uma vez que é introduzido pelo homem, sua habilidade de bioacumulação nos ecossistemas e seus efeitos negativos significantes à saúde humana e ao meio-ambiente.

## II. Disposições relevantes da Convenção de Estocolmo e ligações internacionais

### A. Convenção da Basileia

#### 1. Disposições gerais

9. A convenção da Basileia procura proteger a saúde humana e o meio ambiente contra os efeitos adversos resultantes da geração, manejo, movimentos transfronteiriços e descarte de resíduos perigosos e outros resíduos.

10. No Artigo 2, Parágrafo 4, da convenção o descarte é definido como “qualquer operação especificada no Anexo IV da Convenção”. O Anexo IV contém duas categorias de operação: as que levam à possibilidade de recuperação de recursos, reciclagem, reutilização direta, ou usos alternativos (operações R) e as que não permitem essas possibilidades (operações D).

11. O Artigo 4 (“Obrigações Gerais”), parágrafo 1, estabelece o procedimento pelo qual as partes, exercitando seu direito de proibir a importação para descarte de resíduos perigosos ou outros resíduos, devem informar as outras partes de sua decisão. Parágrafo 1 (a) afirma: “As Partes exercitando seu direito de proibir a importação para descarte de resíduos perigosos ou outros resíduos devem informar as outras Partes de sua decisão de acordo com o Artigo 13.” O Parágrafo 1 (b) afirma: “As Partes devem proibir ou não permitir a exportação de resíduos perigosos e outros resíduos para as partes que proibiram a importação desses resíduos assim que notificados de acordo com o subparágrafo (a) acima.”

12. O Artigo 4, parágrafos 2 (a)-(e) e 2 (g), contém disposições importante da Convenção da Basileia sobre o gerenciamento ambientalmente seguro, o movimento transfronteiriço, a minimização de resíduos e práticas de descarte de resíduos com o objetivo de mitigar efeitos adversos para a saúde humana e o meio ambiente:

“Cada Parte deve tomar as medidas adequadas para:

- (a) Garantir que a geração de resíduos perigosos e outros resíduos dentro de seu país seja reduzida a um mínimo, considerando aspectos sociais, tecnológicos e econômicos;
  - (b) Garantir a disponibilidade de instalações de descarte adequadas, para o gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos perigosos e outros resíduos, que devem ser localizadas, quando possível, dentro do próprio país, não importando o local de seu descarte;
  - (c) Garantir que as pessoas envolvidas no gerenciamento de resíduos perigosos ou outros resíduos dentro do país tomem as medidas necessárias para prevenir a poluição proveniente desses resíduos e de seu gerenciamento e, caso a poluição ocorra, minimizar as suas consequências à saúde humana e ao meio ambiente;
  - (d) Garantir que o movimento transfronteiriço de resíduos perigosos e outros resíduos seja reduzido a um mínimo consistente com o gerenciamento ambientalmente seguro e eficiente desses resíduos, e seja conduzido de maneira a proteger a vida humana e o meio ambiente contra os efeitos adversos que podem resultar desse movimento;
  - (e) Não permitir a exportação de resíduos perigosos e outros resíduos para um Estado ou grupo de Estados pertencentes a uma organização de integração política e/ou econômica das quais seja Parte, particularmente países em desenvolvimento, países que tenham proibido importações na legislação, ou caso tenha razões para acreditar que os resíduos em questão não serão gerenciados de forma ambientalmente segura, de acordo com os critérios a serem decididos pelas Partes em sua primeira reunião;
- (g) Prevenir a importação de resíduos perigosos e outros resíduos caso tenha motivos para acreditar que os resíduos em questão não serão gerenciados de forma ambientalmente segura.”

#### 2. Disposições relacionadas ao Mercúrio

13. O Artigo 1 (“Escopo da Convenção”) define os tipos de resíduos sujeitos a Convenção da Basileia. O subparágrafo 1 (a) do artigo estabelece um processo de duas etapas para determinar se um “resíduo” é um “resíduo perigosos” sob a Convenção: primeiramente, o resíduo deve pertencer a qualquer categoria contida no Anexo 1 da Convenção (“Categorias de resíduos a serem controlados”), e secundamente, o resíduo deve possuir ao menos uma das características listadas no Anexo II da Convenção (“Lista de características perigosas”).

14. Presume-se que os resíduos do Anexo I exibam uma ou mais características perigosas listadas no Anexo III, que podem incluir H6.1 “Venenoso (Agudo)”, H11 “Tóxico (Tardio ou crônico)” ou H12 “Ecotóxico”, a menos que seja provado, por meio de “testes nacionais”, que o resíduo não exibe essas características. Testes nacionais podem ser úteis para identificar uma característica especialmente perigosa listada no Anexo III até que essa característica seja completamente definida. Documentos de orientação para algumas características perigosas do Anexo III foram elaborados sob a Convenção.

15. A Lista A do Anexo VIII descreve resíduos que são “caracterizados como perigosos sob o Artigo 1, parágrafo 1 (a) dessa Convenção apesar de “sua designação nesse Anexo não inviabiliza o uso do Anexo III [características perigosas] para demonstrar que um resíduo não é perigoso” (Anexo I, parágrafo (b)). A lista B do Anexo IX lista resíduos que “não serão abordados pelo Artigo 1, parágrafo 1 (a), dessa Convenção a menos que contenham materiais do Anexo I o suficiente para exibir uma característica do Anexo III”.

16. Conforme descrito no artigo 1, parágrafo 1 (b), “Resíduos que não estão abordados sobre o parágrafo (a) mas estão definidos como, ou são considerados perigosos pela legislação doméstica da Parte de exportação, importação, ou trânsito, também estão sujeitos a Convenção da Basileia.

17. Resíduos de mercúrio listados nos Anexos I e VIII da Convenção são listados na tabela 1 abaixo.

**Tabela 1:** Resíduos de mercúrio listados nos Anexos I e VIII da Convenção da Basileia (ênfase adicionada)

<b>Entradas com referência direta ao mercúrio</b>	
Y29	Resíduo tendo como constituintes: <b><i>Mercúrio, compostos de mercúrio</i></b>
A1010	Resíduos de metal e resíduos consistindo de ligas feitas de qualquer uma das substâncias abaixo: ... - <b><i>Mercúrio</i></b> ... Mas excluindo os resíduos especificados na lista B.
A1030	Resíduos contendo como constituintes ou contaminantes qualquer uma das substâncias abaixo: ... - <b><i>Mercúrio, compostos de mercúrio</i></b> ...
A1180	Resíduos de montagens ou sucata <sup>7</sup> elétrica e eletrônica contendo componentes como acumuladores e outras baterias incluídas na lista A, <b><i>interruptores de mercúrio</i></b> , vidro de tubos de raios catódicos e outros vidros ativados e condensadores PCB, ou contaminados com constituintes do Anexo I (cádmio, <b><i>mercúrio</i></b> , chumbo, bifenila policlorada) em quantidades suficientes para apresentar qualquer uma das características listadas no anexo III (notar entrada relacionada na lista B B1110) <sup>8</sup>
<b>Outras entradas relacionadas a resíduos que podem conter ou estarem contaminados por mercúrio</b>	
A1170	Resíduos não separados de baterias excluindo misturas feitas apenas com baterias da lista B. Resíduos de baterias não especificados na lista B contendo constituintes do anexo I em quantidades suficientes para torná-los perigosos.
A2030	Catalisadores de resíduos excluindo os resíduos especificados na lista B
A2060	Poeiras volantes de usinas elétricas movidas a carvão contendo substâncias do anexo I em concentrações suficientes para que elas exibam características do anexo III (notar a entrada relacionada na lista B B2050)
A3170	Resíduos provenientes da produção de hidrocarbonetos halogenados alifáticos (como o clorometano, dicloroetano, cloreto de vinilo, cloreto de vinidieno, cloreto de alilo e epiclorigrina)
A4010	Resíduos da produção, preparação e uso de produtos farmacêuticos, mas excluindo os resíduos especificados na lista B
A4020	Resíduos clínicos e relacionados; ou seja, resíduos provenientes de práticas médicas, dentárias, veterinárias ou de enfermagem, e práticas similares, e resíduos gerados em hospitais ou outras instalações durante a investigação ou tratamento de pacientes, ou

<sup>7</sup> Essa entrada não inclui conjuntos de sucata da geração de energia elétrica.

<sup>8</sup> PCBs estão em um nível de concentração de 50 mg/kg ou mais.

	projeto de pesquisa
A4030	Resíduos da produção, formulação e uso de biocidas e fitofarmacêuticos, incluindo resíduos de pesticidas e herbicidas fora de especificação, ultrapassados ou impróprios para seu uso original
A4080	Resíduos de natureza explosiva (mas excluindo os resíduos especificados na lista B)
A4100	Resíduos de dispositivos para controle de poluição industrial, como os que limpam efluentes gasosos industriais (mas excluindo os resíduos especificados na lista B)
A4140	Resíduos consistindo em ou contendo químicos fora de especificação ou fora de validade <sup>9</sup> , correspondendo a categorias no anexo 1 e exibindo categorias perigosas do anexo 3
A4160	Carbono ativado gasto não incluído na lista b (notar a entrada relacionada na lista B B2060)

## B. Ligações Internacionais

### 1. Convenção de Minamata sobre o Mercúrio

18. O objetivo da Convenção de Minamata, que foi adotada no dia 10 de outubro de 2013, é proteger a saúde humana e o meio ambiente de emissões antropogênicas de mercúrio e compostos de mercúrio. Para atingir esse objetivo a Convenção de Minamata pretende:

- (a) Reduzir a oferta de mercúrio e controlar o comércio internacional de mercúrio;
- (b) Reduzir a demanda de mercúrio em produtos, processos de fabricação, e mineração de ouro artesanal e de pequena escala;
- (c) Reduzir emissões de mercúrio ao ar, solo e água;
- (d) Garantir o armazenamento interino ambientalmente seguro de mercúrio e composto de mercúrio;
- (e) Garantir o ESM de resíduos de mercúrio e a recuperação de áreas contaminadas; e
- (f) Promover a capacitação, assistência técnica e transferência de tecnologia incluindo por meio de arranjos financeiros, e outros.

19. O artigo 11(“Resíduos de Mercúrio”) da Convenção de Minamata faz as seguintes disposições relacionadas a resíduos:

“1. As definições relevantes da Convenção da Basileia sobre Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Descarte devem ser aplicadas aos resíduos abordados nesta convenção para Partes da convenção da Basileia. Partes dessa convenção que não são partes da Convenção da Basileia devem usar essas definições como orientação conforme aplicadas aos resíduos abordados nessa Convenção.

2. Para o propósito dessa Convenção “resíduos de mercúrio” significam substâncias ou objetos que:

- (a) Consistem de Mercúrio ou compostos de mercúrio;
- (b) Contém Mercúrio ou compostos de mercúrio;
- (c) Estão contaminados por Mercúrio ou compostos de mercúrio;

em um quantidade acima dos limites relevantes definidos pela Conferência das Partes, em colaboração com os órgãos relevantes da Convenção da Basileia de forma harmonizada, que serão descartados ou devem ser descartados de acordo com as disposições de leis nacionais ou dessa Convenção. Essa definição exclui sobrecarga, resíduos de pedras e resíduos de mineração, exceto mineração primária de mercúrio, a menos que contenham mercúrio ou compostos de mercúrio acima dos limites definidos pela Conferência das Partes.

3. Cada parte deve tomar as medidas adequadas para que os resíduos de mercúrio sejam:

- (a) Gerenciados de forma ambientalmente segura considerando as orientações desenvolvidas sob a Convenção da Basileia, de acordo com exigências que a Conferência das Partes deve adotar em um anexo adicional, conforme o artigo 27. Ao desenvolver exigências a Conferência das Partes deve considerar as regulamentações e programas de gerenciamento de resíduos das Partes;

<sup>9</sup> “Fora de validade” significa não utilizado dentro do período recomendado pelo fabricante.

(b) Apenas recuperados reciclados ou diretamente reutilizados caso seja para um uso permitido sob essa Convenção, ou para descarte ambientalmente seguro pertinente ao parágrafo 3 (a);

(c) Para Partes da convenção da Basileia, não transportados através de fronteiras internacionais exceto para o propósito de descarte ambientalmente seguro em conformidade com esse Artigo e com a Convenção. Em circunstâncias onde a Convenção da Basileia não se aplica ao transporte através de fronteiras internacionais, a Parte deve permitir esse transporte apenas após considerar as regras, padrões e orientações internacionais relevantes.

4. A Conferência das Partes deve buscar cooperar intimamente com os órgãos relevantes da Convenção da Basileia na revisão e atualização, conforme adequado, das orientações referidas no parágrafo 3 (a).

5. As partes são encorajadas a cooperar uma com a outra, com as organizações internacionais relevantes e outras entidades, conforme apropriado, para desenvolver e manter capacidade global, regional e nacional para o gerenciamento de resíduos de mercúrio de forma ambientalmente segura.”

20. Os parágrafos 21 a 27 abaixo descrevem outras disposições da Convenção de Minamata relevantes aos resíduos de mercúrio.

21. O artigo 3, parágrafo 5 (b) da Convenção de Minamata dispõe que “cada Parte deve tomar medidas para garantir que, quando a Parte determinar que o excesso de mercúrio da desativação de instalações cloro alcali está disponível, esse Mercúrio seja descartado de acordo com as orientações para o gerenciamento ambientalmente segura referido no parágrafo 3 (a) do artigo 11, usando operações que não levem a recuperação, reciclagem e reutilização direta ou usos alternativos.”

22. O Artigo 4, parágrafo 1, da Convenção dispõe que “cada Parte não deve permitir (tomando as medidas adequadas) a fabricação, importação ou exportação de produtos com adição de mercúrio listados na parte 1 do Anexo A após as datas de interrupção especificadas para esses produtos, exceto quando uma exceção é especificada no anexo A ou a parte tenha registrado uma isenção pertinente ao Artigo 6. A parte 1 do anexo A dispõe que até 2020 a fabricação, importação ou exportação de produtos com adição de mercúrio sujeitos ao parágrafo 1 do Artigo 4 não deverá mais ser permitida (e.g., data de interrupção). Esses produtos estão listados na tabela 2 abaixo. Os produtos a seguir estão excluídos do anexo A:

- “(a) Produtos essenciais para Proteção Civil e usos militares;
- (b) Produtos de pesquisa, calibração de instrumentos, para uso como padrão de referência;
- (c) Em casos onde não existam alternativas viáveis livres de mercúrio, interruptores e retransmissores, lâmpadas frias fluorescentes e lâmpadas fluorescentes externas (CCFÇ e EEFL) para displays eletrônicos, e dispositivos de medição;
- (d) Produtos usados em práticas tradicionais ou religiosas; e
- (e) Vacinas contendo timerosal como preservativo.”

**Tabela 2:** Produtos com adição de mercúrio listados na parte 1 do anexo A (“produtos sujeitos ao artigo 4 parágrafo 1”) da Convenção de Minamata:

Baterias, exceto baterias de botão com óxido de zinco e prata e com um conteúdo de mercúrio < 2 por cento e baterias de ar com botão de zinco com conteúdo de mercúrio menor que < 2 por cento.
Interruptores e transmissões, exceto capacitância de precisão muito alta e pontes de medição e interruptores e retransmissores de alta frequência, trocadores de frequência de rádio e retransmissores em instrumentos de monitoramento e controle com um conteúdo máximo de mercúrio de 20 mg por ponte, interruptor ou retransmissor
Lâmpadas fluorescentes compactas (CFLs) para propósitos gerais de iluminação que tenham 30 watts ou menos com um conteúdo de mercúrio excedendo 5 mg por lâmpada.
Lâmpadas florescentes lineares (LFLs) para propósitos gerais de iluminação: (a) Fósforo triband < 60 watts com um conteúdo de mercúrio excedendo 5 mg por lâmpada; (b) Fósforo halofosfato ≤ 40 watts com um conteúdo de mercúrio excedendo 10 mg por lâmpada.
Lâmpadas de mercúrio de vapor de alta pressão (HPMV) para propósitos gerais de iluminação.
Mercúrio em lâmpadas fluorescentes frias e lâmpadas fluorescentes externas (CCFL e EEFL) para displays eletrônicos: (a) Curta (≤ 500 mm) com um conteúdo de mercúrio excedendo 3.5 mg por lâmpada;

(b) Média (>500 mm e ≤ 1 500 mm) com um conteúdo de mercúrio excedendo 5 mg por lâmpada; (c) Longa (> 1 500 mm) com um conteúdo de mercúrio excedendo 13 mg por lâmpada;
Cosméticos (com conteúdo de mercúrio acima de 1 ppm) incluindo sabonetes e cremes clareadores da pele, e não incluindo cosméticos para a área dos olhos onde o mercúrio é usado como preservador e não existem alternativas seguras para esse uso. <sup>1/</sup>
Pesticidas, biocidas e antissépticos tópicos.
Os seguintes dispositivos de medição não eletrônicos, exceto e dispositivos de medição não eletrônicos instalados em equipamentos de grande escala ou usados para medição de alta precisão, onde não existem alternativas viáveis livres de mercúrio: (a) barômetros; (b) higrômetros; (c) manômetros; (d) termômetros; (e) esfigmomanômetro.

<sup>1/</sup> A intenção é não abordar cosméticos, sabonetes e cremes com traços de contaminação de mercúrio.

23. O Artigo 4, parágrafo 3, da Convenção de Minamata dispõe que “cada Parte deve tomar medidas para os produtos com adição de mercúrio listados na parte 3 do anexo A, conforme as disposições nele delineadas.” A Parte 2 do anexo dispõe que as medidas a serem tomadas pelas partes para interromper o uso de amálgama dentária devem considerar as circunstâncias domésticas do país e as orientações internacionais relevantes e devem incluir duas ou mais das medidas listadas.

24. O Artigo 5, parágrafo 2, da Convenção de Minamata dispõe que “Cada parte não deve permitir o uso de mercúrio ou compostos de mercúrio nos processos de fabricação listados na parte 1 do anexo B após a data de interrupção especificada neste anexo para os processos individuais, exceto quando a parte registrou uma isenção pertinente o Artigo 6.” A parte I do anexo B lista a produção de cloroalcali e acetaldeído na qual o mercúrio ou compostos de mercúrio são usados como um catalisador. Além disso, o artigo 5, parágrafo 3, dispõe que “cada parte deve tomar medidas para restringir o uso de mercúrio ou compostos de mercúrio nos processos listados na parte II do anexo B em conformidade com as disposições feitas nesse anexo”. A parte II do anexo B lista a produção de monômeros de cloreto de vinilo, metilato ou etilato de sódio ou potássio, e a produção de poliuretano que usem catalisadores contendo mercúrio. Medidas para reduzir ou controlar as emissões de mercúrio provenientes dos processos de fabricação ou produção nos quais mercúrio ou compostos de mercúrio são usados, podem resultar na captura e geração de resíduos e substâncias contaminadas por mercúrio ou compostos de mercúrio. Essas substâncias devem ser gerenciadas adequadamente como resíduos.

25. O Artigo 8 Parágrafo 3, da Convenção de Minamata dispõe que “(uma) Parte com fontes relevantes deve tomar medidas para controlar emissões. “Fonte relevante” significa uma fonte que cai em uma das categorias listadas no anexo D da Convenção. Fontes relevantes listadas no anexo D incluem instalações de incineração de resíduos, usinas de energia movidas a carvão, caldeiras industriais movidas a carvão, processos de fundição e torrefação usados na produção de metais não ferrosos, e instalações que produzem clínquer de cimento. O Artigo 8, Parágrafo 4, dispõe que “Para suas novas fontes, cada Parte deve exigir o uso das melhores técnicas disponíveis e melhores práticas disponíveis para controlar, e quando viável reduzir, as emissões o mais rápido possível, mas não após 5 anos da entrada em vigor da Convenção para aquela Parte.” O Artigo 8, Parágrafo 5, dispõe que “para todas as fontes existentes, cada parte deve incluir em um plano nacional e deve implementar uma ou mais das seguintes medidas, considerando suas circunstâncias nacionais e a viabilidade econômica e técnica, o mais rápido possível, mas não após de 10 anos da entrada em vigor da Convenção para aquela Parte:

- (a) Uma meta quantificada de controle e, quando possível, redução de emissões provenientes de fontes relevantes;
- (b) Valores limites de emissões para controle e, quando possível, redução de emissões de fontes relevantes;
- (c) O uso de melhores técnicas disponíveis e melhores práticas ambientais para controlar emissões provenientes de fontes relevantes;
- (d) Uma estratégia de controle de múltiplos poluentes que apresente co-benefícios para o controle de emissões de mercúrio; e
- (e) Medidas alternativas para reduzir emissões provenientes de fontes relevantes.”

Essas medidas e práticas de controle de emissão de mercúrio podem gerar resíduos sólidos contaminados por Mercúrio ou compostos de mercúrio.

26. Por fim, o Artigo 12 da Convenção de Minamata dispõe que “cada Parte deve se esforçar para desenvolver estratégias adequadas para a identificação e avaliação de áreas contaminadas por mercúrio ou compostos de mercúrio” e que “a Conferência das Partes deve adotar orientações sobre o gerenciamento de áreas contaminadas”. É provável que atividades de recuperação de áreas contaminadas por mercúrio gerem resíduos de mercúrio.

## **2. Parceria Global de Mercúrio da UNEP**

27. Na decisão 25/5, Parte III, o conselho governante da UNEP exigiu que o Diretor Executivo da UNEP em coordenação, conforme adequado, com outros governos, organizações intergovernamentais, partes interessadas, e a Parceria Global de Mercúrio, continuasse a melhorar (como parte dação internacional em relação ao mercúrio) os esforços existentes em várias áreas. A Parceria Global de Mercúrio atualmente tem oito prioridades identificadas de ação ou “áreas de parceria.”<sup>10</sup> Uma dessas áreas de parceria é a “área de parceria para o gerenciamento de mercúrio” lançada em 2008 em conjunto com o Ministério do Meio Ambiente do Japão, como líder dessa atividade. Entre outras coisas, a área de parceria identificou e agrupou projetos a nível de país por fluxo de resíduos, e criou uma lista de experts em resíduos de mercúrio.

## **3. Convenção de Roterdã**

28. O anexo 3 da Convenção de Roterdã sobre o Processo de Consentimento Previamente Informado para Certas Substâncias Químicas e Pesticidas Perigosos Objeto de Comércio Internacional lista “compostos de mercúrio, incluindo compostos inorgânicos de mercúrio, compostos de mercúrio alquila e compostos de alquiloalquila e mercúrio de arila”. O Anexo III lista substâncias químicas que foram banidas ou severamente restritas por razões ambientais ou de saúde em ao menos duas regiões sujeitas ao procedimento de consentimento previamente informado.

## **4. Protocolo dos metais pesados**

29. O objetivo do Protocolo de 1998 sobre Metais Pesados da Convenção de 1979 sobre Poluição Transfronteiriça de Longo Alcance, que foi emendada em 2012, é controlar emissões antropogênicas de metais pesados, incluindo mercúrio, que estão sujeitos ao transporte atmosférico transfronteiriço de longo alcance e têm alta probabilidade de causarem efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente. As Partes do Protocolo são chamadas a reduzir emissões de metais pesados abaixo dos níveis de 1990 (ou um ano alternativo entre 1985 e 1995) aplicando melhores técnicas disponíveis para fontes fixas e impondo valores limite de emissões para algumas fontes fixas. As Partes também devem desenvolver e manter inventários de emissões para metais pesados abordados no Protocolo. O Anexo VII do Protocolo lista componentes elétricos contendo mercúrio, dispositivos de medição, lâmpadas fluorescentes, amálgama dentária, pesticidas, tintas e baterias para medidas recomendadas de gerenciamento de produtos, incluindo substituição, minimização, rotulagem, incentivos econômicos, acordos voluntários, e programas para coleta, reciclagem ou descarte.

## **5. SAICM**

30. A Abordagem Estratégica para o Gerenciamento Internacional de Substâncias Químicas (SAICM) é composta de uma declaração ministerial (“A Declaração de Dubai sobre Gerenciamento Internacional de Químicos”), uma estratégia abrangente de políticas, e um plano global de ação. O mercúrio é abordado de forma específica no plano de ação da SAICM, sob a área de trabalho 14: “Mercúrio e outros químicos globalmente preocupantes; químicos produzidos ou usados em grandes volumes; químicos sujeitos à usos de grande dispersão; e outros químicos preocupantes a nível nacional”; atividades específicas sob a área de trabalho estão relacionadas a redução de riscos, a necessidade de ações adicionais e a revisão de informações científicas. Um programa de iniciação rápida (QSP) foi estabelecido sob a SAICM em 2006 para apoiar a capacitação e atividades de implementação em países em desenvolvimento, países subdesenvolvidos, pequenas ilhas e países com economias em transição (UNEP, 2006a). Desde fevereiro de 2014, sete projetos incluindo componentes de mercúrio como uma campanha sobre a minimização do uso de mercúrio e o desenvolvimento de inventários de produtos de mercúrio, emissões de mercúrio, e áreas de mineração foram implementados sob o programa de iniciação rápida (UNEP, 2014a).

---

<sup>10</sup> Para maiores informações, <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/GlobalMercuryPartnership/tabid/1253/language/en-US/Default.aspx>.

### III. Orientações sobre gerenciamento ambientalmente seguro (ESM)

#### A. Considerações Gerais

31. O ESM é um conceito político amplo que é compreendido e implementado de várias maneiras por diferentes países, partes interessadas e organizações. As disposições e documentos de orientação pertinentes ao ESM de resíduos perigosos que se aplicam a resíduos POP sob as convenções da Basileia e Estocolmo, juntamente com elementos de performance produzidos pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), elementos centrais de performance fornecem um entendimento comum de orientações internacionais para apoiar e implementar o ESM de resíduos perigosos e outros resíduos.

#### 1. Convenção da Basileia

32. No artigo 2, parágrafo 8, a Convenção da Basileia define o ESM de resíduos perigosos ou outros resíduos como a tomada de todas as medidas viáveis para garantir que resíduos perigosos ou outros resíduos sejam gerenciados de maneira a proteger a saúde humana e o meio ambiente contra os efeitos adversos que podem resultar desses resíduos.

33. No artigo 4, parágrafo 2 (b), a Convenção exige que cada parte tome as medidas adequadas para “garantir a disponibilidade de instalações de descarte adequadas para o gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos perigosos e outros resíduos, que devem ser localizadas, quando possível, dentro do próprio país, não importando o lugar de descarte”, enquanto no parágrafo 2 ela requer que cada parte “garanta que as pessoas envolvidas no gerenciamento de resíduos perigosos ou outros resíduos tomem as medidas necessárias para prevenir a poluição devido a resíduos perigosos e outros resíduos proveniente desse gerenciamento e, caso a poluição ocorra, minimizar as consequências à saúde humana e ao meio ambiente.”

34. No artigo 4, parágrafo 8, a Convenção exige que “resíduos perigosos ou outros resíduos, a serem exportados, sejam gerenciados de forma ambientalmente segura no estado de importação ou em outra localidade. As orientações técnicas para o gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos sujeitos a essa Convenção devem ser decididas pelas partes em sua primeira reunião.” O presente documento tem a intenção de fornecer definições mais precisas de gerenciamento ambientalmente seguro para aplicação em resíduos de mercúrio, incluindo a definição de métodos de tratamento e descarte adequados para fluxos de resíduos de mercúrio.

35. O *Quadro para o gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos perigosos e outros resíduos* (“quadro ESM”) de 2013, foi adotado na décima primeira reunião da Conferência das Partes da Convenção da Basileia. O quadro estabelece um entendimento comum do que o ESM abrange e identifica ferramentas e estratégias para apoiar e promover a implementação de ESM. É intencionado como um guia prático para governos e outras partes interessadas que participam de gerenciamentos de resíduos perigosos e outros resíduos e constitui o documento de orientação mais abrangente sobre ESM para complementação das orientações técnicas da Basileia.

36. Sobre a Convenção da Basileia o gerenciamento ambientalmente seguro é abordado em múltiplas disposições (referir-se a sessão II A.1 acima) e nas duas declarações seguintes:

(a) A Declaração da Basileia de 1999 sobre Gerenciamento Ambientalmente Seguro, que foi adotada pela Conferência das Partes da Convenção da Basileia em sua quinta reunião urge que as Partes melhorem e fortaleçam seus esforços e cooperação para atingir o ESM, incluindo por meio de prevenção, minimização, reciclagem, recuperação e descarte dos resíduos perigosos e outros resíduos abordados na Convenção da Basileia, considerando preocupações sociais, tecnológicas e econômicas, e também por meio da redução de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e outros resíduos sujeitos à Convenção.

(b) A declaração de Cartagena de 2011 sobre a Prevenção, Minimização e Recuperação de Resíduos Perigosos e outros Resíduos, que foi adotada pela Conferência das Partes da Convenção da Basileia em sua décima reunião e reafirma que a Convenção da Basileia é o principal instrumento legal global para orientar o gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos perigosos e outros resíduos, bem como o seu descarte.

37. Recomendações de critérios ESM para equipamentos de computação foram desenvolvidas sob a Parceria para Ação com relação à Equipamentos de Computação da Convenção da Basileia (PACE)

#### 2. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

38. A OECD adotou uma recomendação sobre o gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos que aborda itens como os principais elementos de performance ESM aplicáveis à instalações de



Raw materials containing Mercury	Matérias primas contendo mercúrio
Production	Produção
Wastes	Resíduos
Use	Uso
Processing/Incineration	Processamento/Incineração
Storage	Armazenamento
Recovery	Recuperação
Stabilisation/Solidification	Estabilização/Solidificação
Permanent storage or specially engineered landfill	Armazenamento permanente ou aterro especialmente projetado
Elemental Mercury	Mercúrio elementar
Mercury added product	Produto com adição de mercúrio
Elemental Mercury, dust, sludge, ash (Collection and transportation)	Mercúrio elementar, poeira, lama, cinzas (Coleta e transporte)
Stabilised/solidified waste	Resíduos estabilizados/solidificados

42. O gerenciamento de mercúrio aborda separação de fontes, coleta, transporte, armazenamento e descarte (e.g., recuperação, solidificação, estabilização, armazenamento permanente e descarte em um aterro especificamente projetado). Quando um governo planeja coletar resíduos de mercúrio ele também precisa planejar o próximo passo de gerenciamento de resíduos, como armazenamento e descarte.

## B. Quadro Legislativo e Regulatório

43. As Partes das Convenções da Basileia devem examinar suas estratégias, políticas, controles, padrões e procedimentos para garantir que estão de acordo com suas obrigações sob a Convenção, incluindo as pertinentes ao movimento transfronteiriço e ao ESM de resíduos de mercúrio; caso também sejam partes da Convenção de Minamata elas devem examinar adicionalmente esses controles, padrões e procedimentos, para garantir que estejam de acordo com suas obrigações relacionadas a resíduos sob essa Convenção.

44. A implementação da legislação deve dar aos governos o poder de adotar e implementar regras e regulamentações específicas, conduzir inspeções e estabelecer penalidades para violações. A legislação sobre resíduos perigosos deve definir resíduos perigosos de acordo com a Convenção da Basileia incluir resíduos de mercúrio na definição de resíduos perigosos. A legislação pode definir o gerenciamento ambientalmente seguro e exigir aderência aos princípios ESM, garantido assim que os países cumpram com as disposições feitas com relação a resíduos de mercúrio. Os componentes e características específicas de um quadro regulatório que cumpra com as exigências da Convenção da Basileia e com outros acordos internacionais são discutidos abaixo<sup>11</sup>

### 1. Registro de geradores de resíduos

45. Uma abordagem para facilitar o gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos de mercúrio envolve o estabelecimento, por meio de regulamentações, de registros de geradores desse tipo de resíduo. Esses registros devem incluir geradores de resíduos de mercúrio em larga escala como usinas de energia, estabelecimentos industriais (instalações cloro-alcali usando tecnologia de células mercúrio, instalações de produção de VCM usando um catalisador de mercúrio ou operação de fundição de mercúrio) bem como hospitais, clínicas médicas e dentárias, institutos de pesquisa, coletores de resíduos de mercúrio, etc. O registro de geradores de resíduos de mercúrio tornaria possível determinar as origens, tipos e volumes de várias modalidades de resíduos de mercúrio bem como as quantidades de produtos com a adição de mercúrio sendo usados por vários geradores de resíduos.

46. Regulamentações sobre registros de geradores de resíduos de mercúrio podem exigir que os geradores de resíduos forneçam seu nome, endereço, o nome da pessoa responsável, o tipo de negócio, as quantidades e tipos de resíduos de mercúrio gerados, e informações sobre esquemas de coleta

<sup>11</sup>Maiores orientações sobre quadros regulatórios da Convenção da Basileia podem ser encontradas nos seguintes documentos: Legislação Nacional Modelo sobre o Gerenciamento de Resíduos Perigosos e Outros Resíduos bem como o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e Outros Resíduos e seu Descarte (UNEP 1995), o Manual para a Implementação da Convenção da Basileia (UNEP, 2015) e em Convenção da Basileia: Um Guia para os Sistemas de Controle (UNEP, 2015b).

aplicáveis a esses resíduos e sobre como os resíduos devem ser manejados e descartados. Pode também ser requisitado que os geradores de resíduos transmitam e forneçam atualizações regulares sobre essas informações às autoridades (governos locais ou centrais). Com base nas quantidades e tipos de resíduos obtidos por meio dos registros, as partes também podem desenvolver programas de inventário de resíduos.

47. Geradores de resíduos de mercúrio devem ter o dever de prevenir emissões de mercúrio ao meio ambiente até que os resíduos sejam entregues aos coletores ou enviados a uma instalação de descarte. Eles devem cumprir rigorosamente com exigências nacionais e locais sobre o gerenciamento de resíduos de mercúrio, e ser responsabilizados pela remediação ou compensação de quaisquer danos ambientais ou à saúde causados no manejo desses resíduos, na medida que for exigido pela legislação aplicável.

## 2. Redução e eliminação de mercúrio em produtos e processos industriais

48. A redução e a interrupção do uso de mercúrio em produtos e processos industriais é uma das maneiras mais eficientes para reduzir emissões de mercúrio ao meio ambiente.

49. As partes da Convenção de Minamata devem desenvolver e aplicar um quadro legislativo ou regulatório para um programa de redução e eliminação de mercúrio, de acordo com as disposições da Convenção de Minamata (ver parágrafos 22 a 24 acima). Uma abordagem para um programa de eliminação envolve o estabelecimento, por meio de legislação ou regulações, de uma data de eliminação até a qual a fabricação, exportação e importação de produtos contendo mercúrio ou compostos de mercúrio e o uso de mercúrio ou compostos de mercúrio em processos (exceto por aqueles que não tem alternativas viáveis ou que estão listados sob isenções) deverá ser eliminada. Essa abordagem exige que os produtores, importadores e exportadores de mercúrio e produtos com adição de mercúrio cumpram com as exigências para que possam embarcar em um programa de eliminação de mercúrio.

50. A Diretiva 2002/95/EC do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de janeiro de 2003 sobre a restrição do uso de certas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos, conhecida como a “Diretiva RoHS”, é um exemplo de uma regulamentação para eliminação do uso de mercúrio em certos produtos. A Diretiva RoHS restringe o uso de mercúrio e outras substâncias em equipamentos elétricos e eletrônicos e, apesar de isenções poderem ser concedidas em casos onde não existem alternativas satisfatórias disponíveis (e.g., alguns tipos de lâmpadas contendo mercúrio), a maioria dos equipamentos elétricos e eletrônicos contendo mercúrio foram eliminados do mercado na União Europeia desde que a Diretiva entrou em vigor em julho de 2006. Uma versão revisada da Diretiva RoHS, conhecida como a Diretiva RoHS 2”, foi adotada em maio de 2011 e entrou em vigor em 21 de julho de 2011.

51. Um outro exemplo da União Europeia é a Diretiva 2006/66/EC do Parlamento Europeu e do Conselho sobre baterias e acumuladores e resíduos de baterias e acumuladores, que proíbe a comercialização de todas as baterias, incorporadas ou não em aparelhos, que contenham mais de 0.0005 por cento de mercúrio por peso. Células de botão com um conteúdo de mercúrio não maior que 2 por cento por peso foram isentas dessa proibição até 1 de outubro de 2015, enquanto baterias e acumuladores colocados no mercado de forma legal, anteriormente à data de aplicação das proibições estabelecidas no Artigo 4 da Diretiva, podem continuar a serem comercializados até acabarem os estoques (União Europeia, 2006).

52. A Noruega impôs um banimento geral no uso de mercúrio em produtos para garantir que o mercúrio não seja usado em produtos onde existem alternativas.<sup>12</sup> A regulamentação proíbe a fabricação, importação, exportação, venda e uso de substâncias ou preparados que contenham mercúrio ou compostos de mercúrio. Portanto, espera-se que a regulamentação reduza o número de

<sup>12</sup> Regulamentações Norueguesas sobre Produtos (Seção 2.3 sobre mercúrio e compostos de mercúrio no Capítulo 2 sobre substâncias, preparações e produtos regulados), tradução não oficial em inglês disponível em: <http://www.miljodirektoratet.no/en/Legislation1/Regulations/Product-Regulations/Chapter-2/> Isenções especiais se aplicam em:

- Uso limitado (limites de concentração especificados) em embalagens, baterias, alguns componentes em veículos e em alguns equipamentos elétricos e eletrônicos de acordo com as Regulamentações da União Europeia aplicadas na Noruega.
- Substâncias/preparações e produtos sólidos processados onde o conteúdo de mercúrio ou compostos de mercúrio seja menor que 0.001 por cento por peso.
- Timerosal como preservador de vacinas.

As Regulamentações não se aplicam ao uso de produtos para propósitos de análise e pesquisa. No entanto, a proibição se aplica à termômetros de mercúrio a serem usados para propósitos de análise e pesquisa.

produtos com adição de mercúrio no mercado, além de reduzir descargas provenientes de produtos que não foram descartados adequadamente como resíduos perigosos.

53. As *Regulamentações para produtos contendo Mercúrio* do Canadá proíbem a fabricação e importação de produtos contendo mercúrio ou qualquer um de seus compostos, com algumas exceções para usos essenciais para os quais não existem alternativas tecnicamente ou economicamente viáveis (e.g., certas aplicações médicas e de pesquisa e amálgama dentária).

### 3. Exigências para movimentos transfronteiriços

54. Sob a Convenção da Basileia, resíduos de mercúrio estão listados no Anexo I, sob a categoria Y29 (resíduos contendo constituintes de mercúrio ou compostos de mercúrio), e são, portanto, considerados perigosos a não ser que, por meio de testes nacionais, fique provado que eles não exibem nenhuma das características listadas no Anexo III (Lista de características perigosas).

55. Caso uma Parte da Convenção tenha legislação nacional que bane a importação de resíduos de mercúrio, e relatou essa informação de acordo com o artigo 4, parágrafo 1 (a), as outras partes devem proibir a exportação desses resíduos a essa parte. Além disso, em casos onde o Estado de importação não proibiu a importação de resíduos de mercúrio, as partes da Convenção devem proibir a exportação dos resíduos para esse Estado caso ele não forneça uma autorização por escrito referente à aquela importação específica.

56. A Convenção de Minamata também inclui uma disposição sobre movimentos transfronteiriços de resíduos de mercúrio no Artigo 11, parágrafo 3 (c) (ver o parágrafo 19 acima).

57. Os movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e outros resíduos devem ser efetuados o mínimo possível, devem também ser consistentes com seu gerenciamento ambientalmente seguro e eficiente e conduzidos de forma a proteger a saúde humana e o meio ambiente de quaisquer efeitos adversos que podem resultar desses movimentos. Movimentos Transfronteiriços desses resíduos são permitidos apenas sob as seguintes condições:

- (a) O país de exportação não possua a capacidade técnica e as instalações, capacitação de pessoal ou locais de descarte adequados necessários para o descarte dos resíduos em questão de forma ambientalmente segura e eficiente;
- (b) Os resíduos em questão sejam necessários como matéria prima para indústrias de reciclagem ou recuperação no país de importação; ou
- (c) O movimento transfronteiriço em questão esteja de acordo com outros critérios decididos pelas partes.

58. Quaisquer movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e outros resíduos devem ser notificados por escrito às autoridades competentes de todos os países envolvidos no movimento (país de exportação, país de importação e, caso aplicável, país de trânsito). Essa notificação deve conter as declarações e informações exigidas na Convenção e devem ser escritas em uma língua aceita pelo Estado de importação. São exigidos consentimento prévio por escrito por parte do país de importação e de exportação e, caso aplicável, dos países de trânsito, além da confirmação da existência de um contrato especificando o gerenciamento ambientalmente seguro dos resíduos entre o exportador e o dono da instalação de descarte antes que qualquer movimento transfronteiriço de resíduos perigosos ou outros resíduos possa acontecer. As partes devem proibir a exportação de resíduos perigosos e outros resíduos caso o país de importação proíba a importação desses resíduos. A convenção também exige que informações sobre quaisquer remessas estejam acompanhadas de um documento de movimento desde o ponto onde o movimento transfronteiriço teve início até o ponto de descarte. Alguns países implementaram proibições nacionais de acordo com a decisão III/1 da Conferência das Partes que contém uma emenda à Convenção que ainda não entrou em vigor, banindo a exportação de resíduos perigosos dos países listados no anexo VII para países não listados no anexo VII.

59. Resíduos perigosos e outros resíduos sujeitos a movimentos transfronteiriços devem ser embalados, rotulados e transportados de acordo com regras e padrões internacionais.<sup>13</sup>

60. Quando os movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e outros resíduos para os quais foi dado consentimento dos países envolvidos não pode ser completado de acordo com os termos do contrato, o país de exportação deve garantir que os resíduos em questão sejam levados de volta ao país caso outros arranjos não possam ser feitos para o seu descarte de forma ambientalmente segura. Isso deve ser feito dentro de 90 dias a partir da notificação do país de importação para o país de exportação

<sup>13</sup> See, e.g., *United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods – Model Regulations* (18th revised edition) (United Nations, 2013).

e o secretariado ou dentro de outro período de tempo com o qual os países envolvidos concordem (Artigo 8). No caso de tráfico ilegal (conforme definido no Artigo 9, parágrafo 1) como resultado de conduta da parte do exportador ou gerador, o país de exportação deve garantir que os resíduos em questão sejam retornados ao país de exportação para descarte ou sejam descartados de acordo com as disposições da Convenção.

12. 61. Quando forem exigidos pelo país de importação ou qualquer país de trânsito que seja Parte da Convenção, os movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos ou outros resíduos devem ser cobertos por seguro, vínculo ou outra forma de garantia.

13.

62. Nenhum movimento transfronteiriço de resíduos perigosos ou outros resíduos é permitido entre uma Parte e uma não-Parte da Convenção a menos que existam acordos bilaterais, multilaterais ou regionais, conforme exigido sob o Artigo 11 da Convenção. Acordos bilaterais e multilaterais que foram notificados ao Secretariado estão listados no website da Convenção da Basileia<sup>14</sup>

63. Deve ser notado que a exportação, a partir da União Europeia, de mercúrio metálico e certos compostos e misturas de mercúrio está banida desde 15 de março de 2011 por meio da Regulamentação (EC) No. 1102/2008 (Comissão Europeia, 2010b). Similarmente, por meio da Lei de Banimento da Exportação de Mercúrio de 2008, os Estados Unidos da América restringem de forma severa a exportação de mercúrio desde janeiro de 2013.

#### **4. Autorização e inspeção de instalações de descarte**

64. Resíduos de mercúrio devem sempre ser descartados em instalações que pratiquem gerenciamento ambientalmente seguro.

65. A maioria dos países possui legislação ou regulamentações específicas ao setor que exigem que as instalações de descarte de resíduos obtenham autorizações ou licenças para que possam começar suas operações. As autorizações ou licenças de operação podem incluir condições específicas (design da instalação e condições operacionais) que devem ser mantidas para que a autorização ou licença continue válida. Pode ser necessário adicionar exigências específicas para resíduos de mercúrio para que o gerenciamento ambientalmente seguro seja cumprido, bem como as exigências da convenção da Basileia, também considerando as recomendações e orientações sobre melhores técnicas disponíveis (BAT), como orientações sobre BAT e orientações provisórias sobre melhores práticas ambientais produzidas sobre a Convenção de Estocolmo, documentos BAT produzidos pela União Europeia (“conhecidos como BREFs”) e orientações para o setor cloro-álcali produzidas pela Concelho Mundial do Cloro e a Eurochlor.<sup>15</sup> Autorizações e licenças devem ser revisadas periodicamente e, caso necessário, atualizadas para melhorar a segurança ocupacional e ambiental por meio do uso de tecnologias melhores ou mais recentes.

66. Instalações de descarte devem ser periodicamente inspecionadas por autoridades independentes ou associações de inspeção técnica, para verificar seu cumprimento com as exigências definidas em suas licenças. A legislação deve permitir que as autoridades conduzam inspeções extraordinárias caso existam provas de descumprimento com exigências da licença por parte das instalações de descarte.

### **C. Identificação e Inventário**

67. Para permitir a ação efetiva de prevenção, minimização e gerenciamento de resíduos de mercúrio, é importante que as partes identifiquem as fontes de geração de resíduos de mercúrio e quantifiquem a quantidade de resíduos de mercúrio gerados e as concentrações de mercúrio nesses resíduos.

#### **1. Identificação de fontes de resíduos de mercúrio**

68. Apesar das fontes de resíduos de mercúrio variarem dependendo do país, globalmente as maiores fontes de resíduos de mercúrio incluem processos industriais utilizando mercúrio ou compostos de mercúrio e dispositivos de mercúrio que se tornaram resíduos. Uma outra grande fonte de emissões de mercúrio é o processamento ou o uso de recursos naturais (e.g., metais não ferrosos, processamento de minérios e combustão de carvão). A figura 2 mostra o uso global estimado de mercúrio em 2007,

<sup>14</sup> For bilateral agreements, see:

<http://www.basel.int/Countries/Agreements/BilateralAgreements/tabid/1517/Default.aspx>;

for multilateral agreements, see:

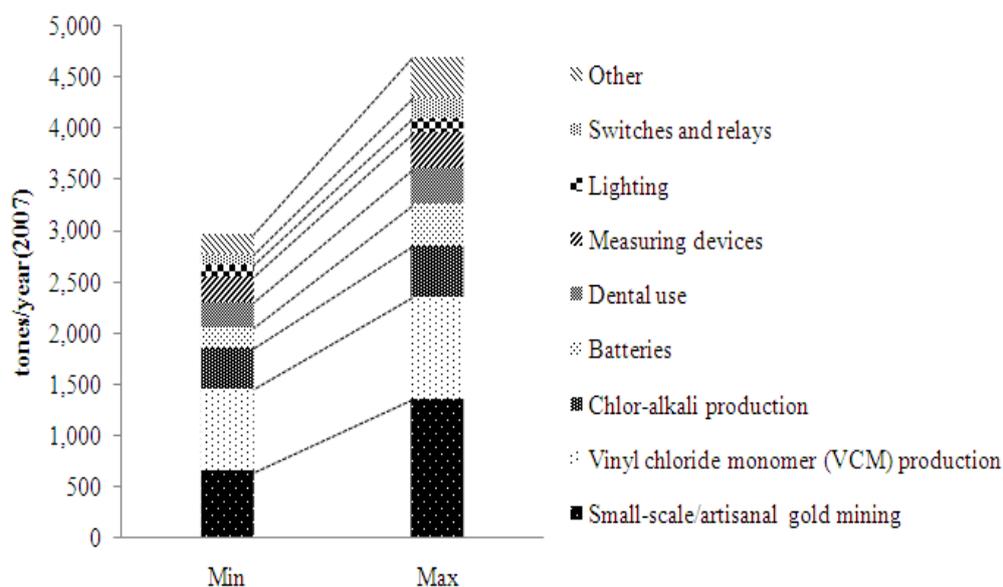
<http://www.basel.int/Countries/Agreements/MultilateralAgreements/tabid/1518/Default.aspx>

<sup>15</sup> Ver compilação em:

<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/PrioritiesforAction/ChloralkaliSector/Reports/tabid/4495/langu age/en-US/Default.aspx>.

separado por aplicação. O maior setor de uso foi mineração de ouro artesanal ou em pequena escala seguido pela produção de monômero de cloreto de vinilo VCM/Cloreto de polivinilo (PVC) e produção de cloro-álcali. O mercúrio também é usado em produtos como baterias, amálgamas dentárias, dispositivos de medição, lâmpadas e dispositivos elétricos e eletrônicos apesar das quantidades de mercúrio usadas nessas categorias variar dependendo do país. A quantidade total de mercúrio usada globalmente em 2007 foi entre 3.000 toneladas e 4.700 toneladas (Maxson, 2010).

**Figure 2:** Usos globais estimados de mercúrio em 2007 (Maxson, 2010)



69. Fontes, categorias e exemplos de resíduos de mercúrio estão resumidos na tabela 3 abaixo.

70. Deve ser notado que em alguns países algumas das fontes industriais apresentadas na tabela 3 (fontes 1, 2, 3, 4 e 7, exceto para processos de produção utilizando mercúrio) não usavam mercúrio tampouco produziam resíduos de mercúrio. Processos industriais dependem das condições tecnológicas e sociais de um país, portanto, essas condições determinarão se produtos livres de mercúrio serão utilizados ou não.

**Tabela 3:** Fontes, categorias e exemplos de resíduos de mercúrio (UNEP 2002; 2005; 2006b; 2006c).

Fonte	Cate- gorias*	Exemplos de tipos de resíduos	Comentários
<b>1. Extração e uso de combustíveis/fontes de energia</b>			
1.1. Combustão de carvão em usinas de energia	C	Resíduos da limpeza de efluente gasoso (cinzas volantes, matéria particulada, águas residuais/lama, etc.)	• Acumulação em cinzas de fundo e resíduos da limpeza de efluente gasoso.
1.2. Outras combustões de carvão	C		
1.3. Extração, refinamento e uso de óleo mineral	C		
1.4. Extração, refinamento e uso de gás natural	C		
1.5. Extração e uso de outros combustíveis fósseis	C		
1.6. Energia gerada por biomassa e geração de calor	C		
<b>2. Produção primária de metais (metais virgens)</b>			
2.1. Extração primária e processamento	C	Resíduos de fundição	• Pirometalurgia de minério de mercúrio

2.2.	do mercúrio Extração e processamento inicial de metais (alumínio, cobre, ouro, chumbo, manganês, mercúrio, zinco, metal ferroso primário, outros metais não ferrosos)	C	Rejeitos, remanescentes do processo de extração, resíduos da limpeza de efluente gasoso, resíduos do tratamento de águas residuais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processamento industrial;</li> <li>• Tratamento térmico de minérios; e</li> <li>• Amalgação.</li> <li>•</li> </ul>
------	--	---	--	---

### 3. Processos de produção com impurezas de mercúrio

3.1.	Produção de cimento	C	Resíduos do processamento, resíduos da limpeza de efluente gasoso, lama	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piroprocessamento de matérias primas e combustíveis com impurezas de mercúrio que ocorrem de forma natural</li> </ul>
3.2.	Produção de massa e papel			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustão de matérias primas com impurezas de mercúrio que ocorrem de forma natural</li> </ul>
3.3.	Produção de cal e fornos agregados leves			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcificação de matérias primas e combustíveis impurezas de mercúrio que ocorrem de forma natural</li> </ul>

### 4. Uso intencional de mercúrio na produção industrial

4.1.	Produção Cloro-álcali com tecnologia de mercúrio	A/C	Resíduos sólidos contaminados por mercúrio, resíduos de eletrodos, resíduos do processo, terra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Célula de mercúrio;</li> <li>• Unidades de recuperação de mercúrio (retorta)</li> </ul>
4.2.	Produção de alcoolatos (e.g., metilatos ou etilatos de sódio ou potássio), ditionito e solução ultrapura de hidróxido de potássio	A/C	Resíduos sólidos contaminados por mercúrio, resíduos de eletrodos, resíduos do processo, terra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Célula de mercúrio;</li> <li>• Unidades de recuperação de mercúrio (retorta)</li> </ul>
4.3.	Produção de VCM com catalisador de cloreto mercúrico (HgCl <sub>2</sub> )	A/C	Resíduos de processamento, resíduos de catalisadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processo de catalisação de mercúrio</li> </ul>
4.4.	Produção de acetaldeído com catalisador de sulfato de mercúrio (HgSO <sub>4</sub> )	A/C	Águas residuais, resíduos de catalisadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processo de catalisação de mercúrio</li> </ul>
4.5.	Outras produções de químicos ou farmacêuticos com compostos e/ou catalisadores de mercúrio	A/C	Resíduos de processamento, águas residuais, resíduos de catalisadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processo de catalisação de mercúrio</li> </ul>
4.6.	Produção de produtos referidos	C	Resíduos de processamento, águas residuais	

em 5. abaixo

**5. Produtos e aplicações com uso intencional de mercúrio**

5.1.	Termômetros e outros dispositivos de medição contendo mercúrio	B1	Produtos usados, obsoletos ou quebrados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercúrio</li> </ul>
5.2.	Interruptores, contatos e retransmissores elétricos e eletrônicos contendo mercúrio			
5.3.	Fontes de luz contendo mercúrio	B1		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercúrio na fase de vapor;</li> <li>• Mercúrio divalente adsorvido em pó fosfórico.</li> </ul>
5.4.	Baterias contendo mercúrio	B2		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercúrio, óxido de mercúrio</li> </ul>
5.5.	Biocidas e pesticidas	B1	Estoques de pesticidas obsoletos, terras e resíduos sólidos contaminados por mercúrio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compostos de mercúrio (principalmente cloreto de etilmercúrio)</li> </ul>
5.6.	Tintas	B1	Estoques de tintas obsoletas, resíduos sólidos contaminados por mercúrio, resíduos do tratamento de águas residuais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acetato fenilomercúrico e compostos de mercúrio similares</li> </ul>
5.7.	Farmacêuticos para uso humano e veterinário	B1	Estoques de farmacêuticos obsoletos, lixo hospitalar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Timerosal;</li> <li>• Cloreto mercúrico;</li> <li>• Nitrato fenilo mercúrico;</li> <li>• Mercurocromo, etc.</li> </ul>
5.8.	Cosméticos e produtos relacionados	B2	Estoques de cosméticos e produtos relacionados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iodeto de mercúrio;</li> <li>• Mercúrio amonizado, etc.</li> </ul>
5.9.	Preenchimentos de amálgamas dentárias	B2/C	Estoques de amálgamas obsoletas, resíduos do tratamento de águas residuais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligas de mercúrio, prata, cobre e latão</li> </ul>
5.10.	Manômetros e medidores	B1	Produtos usados, obsoletos ou quebrados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercúrio</li> </ul>
5.11.	Químicos e equipamentos de laboratório	A/B1/B2/C	Estoque de químicos e equipamento de laboratório, tratamento de águas residuais, resíduos de laboratório	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercúrio;</li> <li>• Cloreto de mercúrio, etc.</li> </ul>
5.12.	Elastômeros de poliuretano	B2/C	Resíduos de produtos defeituosos e excesso, produtos usados e no fim da vida útil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resíduos de elastômeros contendo compostos de mercúrio</li> </ul>
5.13.	Produção de ouro esponjoso/ouro de fontes ASGM	C	Resíduos do efluente gasoso, Resíduos do tratamento de águas residuais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamento térmico do ouro</li> <li>• Processamento industrial</li> </ul>
5.14.	Uso de metal mercúrio em rituais religiosos e medicina folclore	A/C	Resíduos sólidos, resíduos do tratamento de águas residuais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercúrio</li> </ul>
5.15.	Usos diversos de produtos, usos de metal mercúrio e	B1/B2/C	Estoques, resíduos do tratamento de águas residuais, resíduos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semicondutores de detecção infravermelho com mercúrio;</li> </ul>

	outras fontes			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubos Bougie e Cantor;</li> <li>• Usos educacionais, etc.</li> </ul>
<b>6. Produção secundária de metais</b>				
6.1.	Recuperação de mercúrio	A/C	Derramamento durante processos de reciclagem, resíduos do processo de extração, resíduos da limpeza de efluente gasoso, resíduos do tratamento de águas residuais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desativação de instalações cloro-álcali;</li> <li>• Recuperação de medidores de mercúrio usados em gasodutos de gás natural;</li> <li>• Recuperação de manômetros, termômetros e outros equipamentos.</li> </ul>
6.2.	Recuperação de metais ferrosos	C		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trituração;</li> <li>• Fundição de materiais contendo mercúrio;</li> </ul>
6.3.	Recuperação de ouro de e-resíduos (placas de circuito impresso)	A/C		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercúrio;</li> <li>• Processo térmico.</li> </ul>
6.4.	Recuperação de outros metais, como cobre e alumínio	C		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Outros materiais ou produtos/componentes com adição de mercúrio</li> </ul>
<b>7. Incineração de resíduos</b>				
7.1.	Incineração de resíduos sólidos municipais	C	Resíduos da limpeza de efluente gasoso, resíduos do tratamento de águas residuais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produtos e resíduos de processamento com adição de mercúrio;</li> </ul>
7.2.	Incineração de resíduos perigosos			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impurezas naturais de mercúrio em materiais (plásticos, papel, etc.) e minerais de grande volume</li> </ul>
7.3.	Incineração de resíduos hospitalares			
7.4.	Incineração de lamas de esgoto			
<b>8. Armazenamento/aterramento de resíduos e tratamento de águas residuais</b>				
8.1.	Aterros/depósitos controlados	C	Águas residuais, resíduos do tratamento de águas residuais, resíduos sólidos contaminados por mercúrio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produtos e resíduos de processamento com adição de mercúrio;</li> </ul>
8.2.	Armazenamento difuso sob controle relativo			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impurezas naturais de mercúrio em materiais (plásticos, papel, etc.) e minerais de grande volume;</li> </ul>
8.3.	Armazenamento local sem controle de resíduos de produção industrial			
8.4.	Aterramento sem controle de resíduos gerais			
8.5.	Sistema/tratamento de águas residuais		Resíduos do tratamento de águas residuais, lamas pesadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercúrio usado intencionalmente em produtos gastos e resíduos de processamento;</li> <li>• Mercúrio como um rastro antropogênico poluente em grandes volumes de material.</li> </ul>
<b>9. Crematórios e Cemitérios</b>				
9.1.	Crematórios	C	Resíduos da limpeza de efluente gasoso, resíduos do	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preenchimento de amálgamas dentárias</li> </ul>

- 9.2. Cemitérios
- tratamento de águas  
residuais  
Solo contaminado por  
mercúrio

\*A: Resíduos consistindo em mercúrio ou compostos de mercúrio; B: Resíduos contendo mercúrio ou compostos de mercúrio; C: Resíduos contaminados por mercúrio ou compostos de mercúrio.

71. Informações mais detalhadas sobre produtos com adição de mercúrio (e.g., nomes e fabricantes de produtos específicos) estão disponíveis nas seguintes fontes:

- (a) UNEP, 2008. *Relatório sobre os principais produtos e processos contendo mercúrio, seus substitutos e experiência em substituição por produtos e processos livres de mercúrio*. Disponível em: [http://www.chem.unep.ch/mercury/OEWG2/documents/g7/English/OEWG\\_2\\_7.doc](http://www.chem.unep.ch/mercury/OEWG2/documents/g7/English/OEWG_2_7.doc);
- (b) Comissão Europeia, 2008. *Opções para reduzir o uso de mercúrio em produtos e aplicações, e o destino do mercúrio atualmente circulando na sociedade*. Disponível em: [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/study\\_report2008.pdf](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/study_report2008.pdf);
- (c) UNEP Parceria Global do Mercúrio – Área de Parceria de Produtos Contendo Mercúrio. Relatórios e publicações disponíveis em: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/InterimActivities/Partnerships/Products/tabid/3565/language/en-US/Default.aspx>;
- (d) Centro Lowell de Produção Sustentável, 2003. “Uma Investigação de Alternativas à Produtos Contendo Mercúrio”. Disponível em: <http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Docs/lcspfinal.pdf>; e
- (e) O Banco de Dados sobre Produtos com Adição de Mercúrio do Centro Coordenador (IMERC). Disponível em: <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/notification>.

## 2. Inventários

72. Inventários são uma ferramenta importante para identificar, quantificar e caracterizar resíduos. Inventários Nacionais podem ser usados para:

- (a) Estabelecer uma base para quantidades de produtos com adição de mercúrio, produtos de mercúrio, subprodutos contendo mercúrio e resíduos de mercúrio sendo produzidos, em circulação, comercializados, ou sendo utilizados;
- (b) Estabelecer um registro de informações para auxiliar as inspeções de segurança e regulatórias;
- (c) Obter a informação necessária para criar planos para gerenciamento de ciclo de vida de mercúrio;
- (d) Auxiliar a preparação de planos de resposta de emergência; e
- (e) Acompanhar o progresso em direção a redução e eliminação de mercúrio.

73. Após identificar as fontes e tipos de resíduos de mercúrio, informações e quantidades específicas aos processos devem ser usadas para estimar as quantidades de resíduos provenientes das fontes identificadas para diferentes tipos de resíduos em um país específico (ou área, comunidade, etc.) (UNEP, 2005).

74. Em alguns casos é muito difícil coletar os dados necessários para estimar as quantidades de resíduos de mercúrio gerados, especialmente em países em desenvolvimento e países com economias em transição, devido a uma falta de dados, especialmente quando se trata de instalações de pequena escala. Em casos onde essas medições não são possíveis, a coleta de dados pode ser realizada por meio de questionários.

75. O Guia metodológico para realização de inventários nacionais de resíduos perigosos sob a Convenção da Basileia (UNEP, 2015d) deve ser usado na produção de inventários de resíduos de mercúrio. Uma versão anterior do guia metodológico foi testada, incluindo em um projeto piloto sobre inventários nacionais de resíduos perigosos desenvolvido pelo Centro Regional da Convenção da Basileia para o Sudeste da Ásia, cujo relatório final pode ser usado como referência prática.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Ver “Projeto de Demonstração de Inventários Nacionais de Resíduos Perigosos nas Filipinas” (Dezembro 2006). Disponível em: <http://www.bcrc-sea.org/?content=publication&cat=2>.

76. O *Kit de Ferramentas para Identificação e Quantificação de Emissões de Mercúrio* (UNEP, 2013) também pode ser aplicado. Existem duas versões desse kit de ferramentas, que corresponde aos dois níveis do desenvolvimento de inventários (i.e., simplificado e abrangente). O kit de ferramentas tem o objetivo de auxiliar países no desenvolvimento de inventários nacionais de emissões de mercúrio e fornece uma metodologia e banco de dados padronizados que permitem o desenvolvimento de inventários de mercúrio regionais e nacionais consistentes. O kit de ferramentas foi aplicado em vários países (UNEP, 2008c) e em projetos financiados pelo GEF.

77. De acordo com a abordagem de gerenciamento de ciclo de vida, canais ou caminhos por meio dos quais os mercúrios em resíduos podem ser emitidos ao meio ambiente também devem ser identificados. Em vista dos riscos potenciais das emissões de mercúrio ao meio ambiente, os vários tipos de resíduos de mercúrio devem ser classificados em ordem de prioridade de ação. Informações sobre possíveis medidas para mitigar as emissões devem, então, ser coletadas, especialmente com relação a fontes e tipos de resíduos de mercúrio envolvendo grandes quantidades de mercúrio e representando maior risco de emissão ao meio ambiente. As medidas devem ser avaliadas em termos da magnitude das emissões ambientais de mercúrio que podem ajudar a prevenir, seus custos administrativos e sociais, a disponibilidade de técnicas e instalações associadas com essas técnicas, sua aceitação social, etc.

78. Em alguns países, um Registro de Emissão e Transferência de Poluentes (PRTR) é usado para coletar dados sobre conteúdo de mercúrio específico em resíduos e sua transferência em cada instalação. (Kuncova et al., 2007). Dados estão disponíveis ao público.<sup>17</sup>

## D. Amostragem, análise e monitoramento

79. A amostragem, análise e monitoramento são atividades importantes no gerenciamento de resíduos de mercúrio. A amostragem, análise e monitoramento devem ser conduzidos por profissionais treinados, de acordo com um programa bem projetado e usando métodos aceitos internacional ou nacionalmente, além de serem realizados usando sempre o mesmo método durante todo o programa. Essas atividades também devem estar sujeitas a garantia de qualidade rigorosa e medidas de controle de qualidade. Erros na amostragem, análise ou monitoramento, ou desvios dos procedimentos operacionais padrão, podem resultar em dados sem valor ou até em dados que prejudiquem o programa. Cada parte deve, portanto, desenvolver padrões para garantir que o treinamento, protocolos e capacidade laboratorial sejam adequadas para amostragem, análise e monitoramento e garantir a existência de um laboratório capacitado para cumprir com os padrões operacionais exigidos.

80. Como existem vários motivos para amostragem, análise e monitoramento, e como os resíduos existem em várias formas físicas diferentes, vários métodos de amostragem, análise e monitoramento estão disponíveis. Apesar de ir além do escopo desse documento discuti-los especificamente, as próximas três seções consideram os principais elementos que devem estar inclusos na amostragem, análise e monitoramento. As prioridades do teste de resíduos devem ser estabelecidas com base em conhecimento existente (ou na falta dele) sobre o conteúdo de mercúrio de diferentes tipos de resíduos (e.g., teste de resíduos de lâmpadas de mercúrio provavelmente não será uma prioridade, pois já existem informações significativas sobre seu conteúdo de mercúrio disponíveis).

81. Para informações sobre boas práticas laboratoriais, a série da OECD sobre boas práticas laboratoriais (OECD, vários anos) pode ser consultada; sobre considerações metodológicas gerais, o *Guia para identificação de populações em risco de exposição a mercúrio* da UNEP/WHO contém informações úteis e pode ser utilizado.<sup>18</sup> Orientações adicionais sobre monitoramento global de mercúrio estão sendo desenvolvidas por meio de um projeto financiado pela UNEP GEF que também deve estabelecer um banco de dados online de laboratórios operacionais de mercúrio.<sup>19</sup>

### 1. Amostragem

82. O objetivo geral de qualquer atividade de amostragem é obter uma amostra que possa ser usada para o propósito específico e.g., caracterização do site, cumprimento dos padrões regulatórios ou adequação dos métodos de tratamento ou de disposição propostos. Esse objetivo deve ser identificado

<sup>17</sup> Por exemplo, o PRTR da República Tcheca (disponível em <http://www.irz.cz>; apenas em tcheco) coleta dados específicos sobre mercúrio e compostos de mercúrio transferidos para meios ambientais a partir de resíduos, bem como dados sobre o manejo de resíduos de mercúrio.

<sup>18</sup> Available at: [http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/IdentifyingPopnatRiskExposuretoMercury\\_2008Web.pdf](http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/IdentifyingPopnatRiskExposuretoMercury_2008Web.pdf).

<sup>19</sup> Development of a Plan for Global Monitoring of Human Exposure to and Environmental Concentrations of Mercury (GEF ID 5409).

antes da amostragem ser iniciada. É indispensável que exigências de qualidade para equipamentos, transporte e rastreabilidade sejam cumpridas.

83. Procedimentos de amostragem padronizados devem ser estabelecidos e acordados antes do início da campanha de amostragem (tanto em matriz- quanto mercúrio- específica). Elementos desses procedimentos incluem:

- (a) O número de amostras a serem tiradas, a frequência da amostragem, a duração do projeto de amostragem e uma descrição do método de amostragem (incluindo procedimentos de garantia de qualidade utilizados, e.g., brancos de campo e cadeia de custódia);
- (b) Seleção de localização ou áreas e horário de retirada da amostra (incluindo descrição e localização geográfica);
- (c) Identidade da pessoa que tirou a amostra e as condições durante a amostra;
- (d) Descrição completa das características da amostra – rótulo;
- (e) Preservação da integridade das amostras durante transporte e armazenamento (anterior a análise);
- (f) Cooperação íntima entre o amostrador e o laboratório de análise; e
- (g) Equipe de amostragem adequadamente treinada.

84. A amostragem deve cumprir com a legislação nacional específica, caso exista, ou com regulamentações e padrões internacionais. Em países onde não exista regulamentação, uma equipe qualificada deve ser nomeada. Procedimentos de amostragem incluem os seguintes:

- (a) Desenvolvimento de um procedimento operacional padrão (SOP) para amostragem de cada uma das matrizes para análise de mercúrio subsequente;
- (b) Aplicação de procedimentos de amostragem bem estabelecidos como os desenvolvidos pela ISO, a Sociedade Americana para o Teste de Materiais (ASTM), A União Europeia, A Agência Norte Americana de Proteção ao Meio Ambiente (EPA), O Sistema Global de Monitoramento do Meio Ambiente (GEMS), e o Comitê Europeu para a Padronização Eletrotécnica (CENELEC) (Ver Padrão de coleta, logística e tratamento para WEEE [Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos] – Parte 1: Exigências Gerais de Tratamento, em particular as especificações para despoluição).
- (c) Estabelecimento de procedimentos de controle e garantia de qualidade (QA/QC).

85. Todas essas etapas devem ser seguidas para que um programa de amostragem seja bem-sucedido. Similarmente, a documentação deve ser completa e rigorosa.

86. O mercúrio pode ocorrer e ser amostrado em líquidos, sólidos, gases e biota:

- (h) Líquidos:
  - (i) Lixiviado de aterros;
  - (ii) Líquido coletado de derramamentos;
  - (iii) Água (água de superfície, água potável e efluentes industriais);
- (i) Sólidos:
  - (i) Estoques, produtos e formulações consistindo em, contendo ou contaminadas por Mercúrio;
  - (ii) Sólidos de fontes industriais e processos de tratamento e descarte (cinzas volantes, cinzas de fundo, lama, resíduos de reação, outros resíduos, roupas, etc.);
  - (iii) Recipientes, equipamentos ou outros materiais de empacotamento (amostras de enxágue e limpeza), incluindo os lenços ou tecido usado na coleta de amostras de toalhas;
  - (iv) Terra, sedimentos, entulhos e adubos;
- (j) Gases:
  - (i) Ar (interior) de instalações manejando resíduos de mercúrio;
  - (ii) Emissões de mercúrio ao ar do tratamento de resíduos de mercúrio;

- (iii) Efluente gasoso de incineradores de resíduos;
- (d) Biota:
  - (i) Materiais biológicos (sangue, urina e cabelo, especialmente os obtidos por meio de monitoramento da saúde dos trabalhadores);
  - (ii) Plantas e animais.

87. Em programas de monitoramento ambiental e humano, tanto matrizes bióticas quanto abióticas podem ser incluídas:

- (a) Materiais de plantas e alimentos;
- (b) Cabelo humano, urina, unhas, leite materno ou sangue;
- (c) Ar (ambiente, depósito úmido ou seco ou, possivelmente, neve).

## 2. Análise

88. A análise se refere a extração, purificação, separação, identificação, quantificação e comunicação das concentrações de mercúrio encontradas na matriz de interesse. Para obter resultados significativos e aceitáveis, o laboratório de análise deve ter a infraestrutura necessária (dependências) e experiência comprovada com a matriz e a espécie de mercúrio (e.g., participação bem-sucedida em estudos comparativos inter-laboratórios e em esquemas de teste de proficiência externos).

89. O reconhecimento do laboratório de acordo com a ISO 17025 ou outros padrões de órgãos independentes é importante. Critérios indispensáveis para a obtenção de resultados de alta qualidade incluem:

- (a) Especificação da técnica analítica usada;
- (b) Manutenção do equipamento analítico;
- (c) Validação de todos os métodos usados (incluindo métodos internos); e
- (d) Treinamento da equipe do laboratório.

90. Tipicamente, a análise de mercúrio é realizada em um laboratório exclusivo. Para situações específicas, existem kits de teste disponíveis que podem ser usados no campo para propósitos de triagem.

91. Para a análise de mercúrio, não existe um método analítico único. Os métodos de análise das várias matrizes de mercúrio, ou para conteúdo total de mercúrio ou especificação de mercúrio, foram desenvolvidos pela ISO, o Comitê Europeu de Padronização (CEN) e pela EPA e a Associação Japonesa de Padronização a nível nacional. A tabela 4 lista alguns exemplos de métodos para análise de mercúrio em resíduos, efluente gasoso e águas residuais. A maioria dos métodos internos são variações desses. Como é o caso com análises químicas, os laboratórios devem usar apenas métodos validados e a performance deve ser avaliada por meio de programas QA/QC.

92. Além disso, procedimentos e critérios de aceitação para armazenamento, manejo e preparação da amostra no laboratório, e.g., homogeneização, devem ser estabelecidos.

93. As etapas individuais na determinação analítica incluem:

- (a) Extração;
- (b) Purificação;
- (c) Identificação por meio de detectores adequados como plasma por acoplamento indutivo (ICP), espectroscopia por fluorescência atômica (AFS), analisadores amino ácidos (AAS) e instrumentos compactos;
- (d) Quantificação e comunicação conforme exigido; e
- (e) Divulgação de acordo com regulamentações.

## 3. Monitoramento

94. No Artigo 10 (“Cooperação Internacional”), parágrafo 2 (b), a Convenção da Basileia exige que as partes “cooperem na monitoração dos efeitos do gerenciamento de resíduos perigosos para a saúde humana e o meio ambiente”. Os programas de monitoramento devem indicar se uma operação de gerenciamento de resíduos perigosos está em funcionamento de acordo com o seu design, e deve detectar mudanças na qualidade ambiental geradas pela operação.

95. As informações do programa de monitoramento devem ser usadas para garantir que diferentes tipos de resíduos perigosos sejam gerenciados de forma adequada, identificar problemas potenciais relacionados a possíveis emissões ou exposição e determinar que ajustes a abordagem do gerenciamento podem ser adequados. Ao implementar um programa de monitoramento, governos, reguladores, municípios e gerentes de instalações de reciclagem e tratamento podem identificar problemas e tomar as medidas adequadas para remedia-los.

96. Deve ser observado que vários sistemas de medição contínua de mercúrio estão disponíveis comercialmente para alguns tipos de monitoramento de mercúrio. Esse monitoramento pode ser exigido sob legislação local ou nacional.

**Tabela 4:** Análise química do mercúrio em resíduos, efluente gasoso e águas residuais

Objetivo		Método
Resíduos	Determinar a mobilidade de mercúrio em resíduos	EN 12457-1 to 4: Caracterização de resíduos – Lixiviado – Teste de conformidade para lixiviação de materiais e lamas de resíduos granulares (CEN, 2002a)
		EN 12920: Caracterização de resíduos – Metodologia para determinação do comportamento de lixiviação de resíduos sob condições específicas (CEN, 2006)
		EN 13656: Caracterização de resíduos – Digestão auxiliada por micro-ondas da mistura de ácidos fluorídrico (HF), nítrico (HNO <sub>3</sub> ) e clorídrico (HCl) para determinação subsequente dos elementos nos resíduos (CEN, 2002b)
		EN 13657: Caracterização de resíduos – Digestão para determinação subsequente de porção solúvel de água régia contidas nos elementos dos resíduos (CEN, 2002c)
		TS 14405: Caracterização de resíduos – Teste de comportamento do lixiviado – Teste de percolação de fluxo ascendente (CEN, 2004)
	Determinar as concentrações de mercúrio em resíduos	Método EPA 1311: TCLP, Procedimento de Caracterização de Toxicidade da Lixiviação (EPA, 1992)
		EN 13370: Caracterização de resíduos –Análise de eluatos – Determinação de Amônia, AOX, condutividade, Hg, índice de fenol, TOC, CN- de fácil liberação, F- (CEN, 2003)
		EN 15309: Caracterização de resíduos e solo – Determinação de composição elementar por meio de fluorescência raio-X (CEN, 2007)
		Método EPA 7471B: Mercúrio em resíduos sólidos e semi-sólidos (Técnica manual de vapor-frio) (EPA, 2007d)
		Método EPA 7473: Mercúrio em sólidos e soluções por meio de decomposição térmica, amalgamação, e espectrometria e absorção atômica (EPA, 2007e)
Método EPA 7470A: Mercúrio em resíduos líquidos (Técnica manual de vapor-frio) (EPA, 1994)		
Efluente gasoso	EN 13211: Qualidade do ar – Emissões de fontes fixas – Método manual de determinação da concentração total de mercúrio (CEN, 2001) * Esse método determina o conteúdo total de mercúrio (i.e., Hg metálico/elementar + Hg iônico).	
	EN 14884: Qualidade do ar – Emissões de fontes fixas – Determinação total de mercúrio: Sistemas automatizados de medição (CEN, 2005)	
	JIS K 0222: Método de análise do mercúrio em efluente gasoso (JSA, 1997)	
	Método EPA 0060: Determinação de Metais em Emissões de Grandes Volumes (EPA, 1996)	
	Para a especificação de mercúrio	ASTM D6784 - 02(2008) Método de Teste Padronizado para Mercúrio Elementar, Oxidado, Ligado a Partículas e Total em Efluente Gasoso Gerado de Fontes Fixas Movidas a Carvão (Ontario Hydro Method) (ASTM International, 2008)

Objetivo	Método
Águas residuais	ISO 5666: 1999: Qualidade da água – determinação de mercúrio (ISO, 1999)
	ISO 16590: 2000: Qualidade da água – determinação de mercúrio – Métodos envolvendo enriquecimento por amalgamação (ISO, 2000)
	ISO 17852: 2006: Qualidade da água – determinação de mercúrio – Método usando espectrometria de fluorescência atômica (ISO, 2006)

## E. Prevenção e minimização de resíduos

97. A prevenção e minimização de resíduos de mercúrio são as primeiras e mais importantes etapas do sistema ESM desses resíduos. No artigo 4, parágrafo 2, a Convenção da Basileia urge que as partes “garantam que a geração de resíduos perigosos e outros resíduos ... seja reduzida a um mínimo”. A prevenção da geração de resíduos deve ser a opção preferencial de qualquer política de gerenciamento de resíduos para que a necessidade de gerenciamento de resíduos seja reduzida, permitindo que os recursos para ESM sejam usados de forma mais eficiente. Os parágrafos 100 a 122 abaixo fornecem informações sobre como prevenir e minimizar resíduos de mercúrio de fontes importantes de resíduos..

98. O Artigo 5 da Convenção de Minamata exige que as partes interrompam o uso de mercúrio na produção de cloro-álcali e acetaldeído e restrinjam o uso de mercúrio na produção de monômero de cloreto de vinilo, metilatos e etilatos de sódio ou potássio, e na produção de poliuretano com uso de catalisadores contendo mercúrio (para maiores detalhes, ver o parágrafo 24 do presente documento).

### 1. Prevenção e minimização para processos industriais

99. Existem vários processos industriais que utilizam mercúrio; no entanto, devido à alta quantidade de mercúrio usado em mineração de ouro artesanal e de pequena escala, bem como a alta produção de monômero de cloreto de vinilo e de cloro e soda cáustica (cloro-álcali), essa subseção discute medidas de prevenção e minimização que dizem respeito apenas a esses três processos.

#### (a) Minerações de Ouro Artesanal e em Pequena Escala

100. Técnicas livres de mercúrio como métodos gravimétricos e em combinação com métodos sem uso de mercúrio estão disponíveis. Em casos onde alternativas viáveis não estão disponíveis, soluções provisórias que levem a técnicas livres de mercúrio devem ser aplicadas. Essas soluções podem incluir tecnologias de captura e reciclagem de mercúrio como retortas e capelas de laboratório, reativação de mercúrio, e evitação de processamento intensivo em mercúrio como amalgamação de minério inteiro. Detalhes sobre essas soluções provisórias podem ser encontrados nos seguintes materiais de referência:

(a) GMP, 2006. Manual para treinamento de mineradores de ouro artesanais e em pequena escala, UNIDO, Vienna, Austria. Disponível em:

[http://communitymining.org/attachments/221\\_training%20manual%20for%20miners%20GMP%20arcelo%20Veiga.pdf?phpMyAdmin=cde87b62947d46938306c1d6ab7a0420](http://communitymining.org/attachments/221_training%20manual%20for%20miners%20GMP%20arcelo%20Veiga.pdf?phpMyAdmin=cde87b62947d46938306c1d6ab7a0420);

(b) Projeto MMSD. 2002. Mineração artesanal e em pequena escala, Documentos sobre mineração e desenvolvimento sustentável das Nações Unidas e outras organizações;

(c) UNEP, 2010. *Fórum global sobre mineração artesanal e em pequena escala* (relatório da reunião). Disponível em:

<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/GlobalForumonASGM/tabid/6005/Default.aspx>;

(d) UNEP, várias datas. Relatórios e publicações da Parceria Global sobre Mercúrio. Disponível em:

<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/PrioritiesforAction/ArtisanalandSmallScaleGoldMining/Reports/tabid/4489/language/en-US/Default.aspx>;

(e) EUA EPA. 2008. Manual para construção de um sistema de coleta de mercúrio para uso em lojas de ouro. Disponível em: <http://www.epa.gov/oia/toxics/asgm.html>.

101. Mineradores artesanais, suas famílias e comunidades em proximidade de operações de mineração devem ser educados sobre os riscos de exposição ao mercúrio e perigos à saúde relacionados, bem como sobre os impactos ambientais do uso de mercúrio em ASGM.

102. Uma vez que a conscientização sobre riscos ambientais e à saúde do uso de mercúrio em ASGM aumentar, treinamento em técnicas e sistemas para prevenção de geração de resíduos devem ser disponibilizados.

**(b) Produção de monômero de cloreto de vinilo (VCM)**

103. A produção de VCM usando o processo acetileno envolve o uso de cloreto de mercúrio como catalisador. Métodos para prevenção e minimização de resíduos de mercúrio na produção de VCM podem ser divididos em duas categorias primárias: (a) métodos alternativos de fabricação livres de mercúrio; (b) métodos para melhor gerenciamento de mercúrio durante o processo de produção e para captura de emissões ambientais de mercúrio.

104. Na fabricação de VCM livre de mercúrio, o VCM é fabricado usando uma variedade de métodos livres de mercúrio mais comumente baseados na oxicloração de etileno (The Office of Technology Assessment, 1983). Apesar de métodos livres de mercúrio serem comuns mundialmente, em vários países o processo de acetileno continua sendo usado pois é significativamente menos dispendioso em áreas onde o carvão é mais barato que o etileno (Maxson, 2011). Esforços para desenvolver um catalisador livre de mercúrio para o processo acetileno resultaram no desenvolvimento (por Johnson Matthey) de um catalisador livre de mercúrio para a fabricação de VCM que inclui ouro em sua formulação e está pronto para comercialização. Ele é economicamente viável e pode ser utilizado para substituição direta de catalisadores em reatores VCM já existentes.<sup>21</sup> 105. Medidas sugeridas para reduzir a geração de resíduos contaminados por mercúrio incluem melhor gerenciamento de mercúrio e melhor uso de controles ambientais para captura de emissões de mercúrio; desenvolvimento e aplicação de catalisadores com pouco mercúrio; implementação de reformas tecnológicas para prevenir a evaporação de cloreto de mercúrio; prevenção contra envenenamento de catalisador; e atraso no depósito de carbono para reduzir o uso de mercúrio. Medidas de Controle Ambiental para capturar emissões de mercúrio incluem adsorção de mercúrio por meio do uso de carbono ativado em removedores de mercúrio e o uso de sistemas desacidificação como torres de espumação e lavagem; a reciclagem e reutilização de efluentes contendo mercúrio; a coleta de lamas contendo mercúrio; a recuperação de mercúrio proveniente de substâncias evaporadas contendo mercúrio; a melhora dos controles de emissão na reciclagem e produção de catalisadores. Para maiores informações, o “Relatório do Projeto de Redução de Uso e Emissão de Mercúrio na Produção de PVC Carboneto” (Ministério de Proteção ao Meio Ambiente da China, 2010) deve ser consultado.

**(c) Produção de Cloro-álcali**

106. Com a substituição do processo de célula de mercúrio pelos processos livres de mercúrio nas instalações de produção de cloro-álcali as emissões de mercúrio e geração de resíduos de mercúrio são eliminadas. A produção de cloro-álcali livre de mercúrio emprega ou processos de diafragma ou de membrana. Processos de membrana são mais custo-efetivos do que processos de diafragma, pois eles exigem menos eletricidade. (Maxson, 2011) Apesar do processo de células de mercúrio estar sendo substituído, em 2012 ainda existiam 75 instalações usando o processo em 40 países. Resíduos sólidos dessas instalações cloro-álcali equivalem a 163.465 toneladas em 2012. (UNEP Global Mercury Partnership, 2013). Em 2010, instalações usando o processo de célula de mercúrio representaram cerca de 10% da capacidade de produção de cloro-álcali. No Japão o processo de célula de mercúrio já havia sido eliminado em 1986. No início de 2013, 28% da produção de cloro Europeia era baseada na tecnologia de célula de mercúrio. Fabricantes europeus de cloro se comprometeram voluntariamente com a substituição ou desativação de todas as instalações utilizando o processo de célula de mercúrio até 2020 (Euro Chlor). Nos Estados Unidos o uso do processo de célula de mercúrio diminuiu de 14 instalações em 1996 para 2 instalações em 2012 (Chlorine Institute, 2009; UNEP Global Mercury Partnership, 2013).

107. Resíduos contaminados por mercúrio gerados em instalações cloro-álcali podem incluir lamas semi-sólidas do tratamento da água, salmouras e tratamento cáustico, grafite e carbono ativado provenientes do tratamento de gás, resíduos de replicação, e mercúrio coletado em tanques ou poços. Além da monitoração de possíveis vazamentos e boa gestão interna, a geração de resíduos de mercúrio pode ser reduzida por meio da redução da evaporação de mercúrio, de um melhor controle de emissões, da recuperação de mercúrio de águas residuais, efluentes gasosos e tratamento cáustico. Para maiores informações, os seguintes documentos e website devem ser consultados:

(a) Comissão Europeia, 2013. *Implementação da decisão da comissão de 9 de dezembro de 2013 estabelecendo as melhores técnicas disponíveis (BAT), sob a Diretiva 2010/75/EU do Parlamento Europeu e do Conselho sobre Emissões Industriais, para a produção de cloro-álcali (2013/732/EU).*

(b) Relatórios e publicações da Parceria Global sobre o Mercúrio, no setor cloro-álcali. Disponível em:

<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/GlobalMercuryPartnership/ChloralkaliSector/Report>

<sup>21</sup> Ver [http://www.matthey.com/innovation/innovation\\_in\\_action/vcm-catalyst](http://www.matthey.com/innovation/innovation_in_action/vcm-catalyst).

ts/tabid/4495/language/en-US/Default.aspx (this link contains more than 20 guidelines for the chlor-alkali industry).

## **2. Prevenção e minimização de resíduos para produtos com adição de mercúrio**

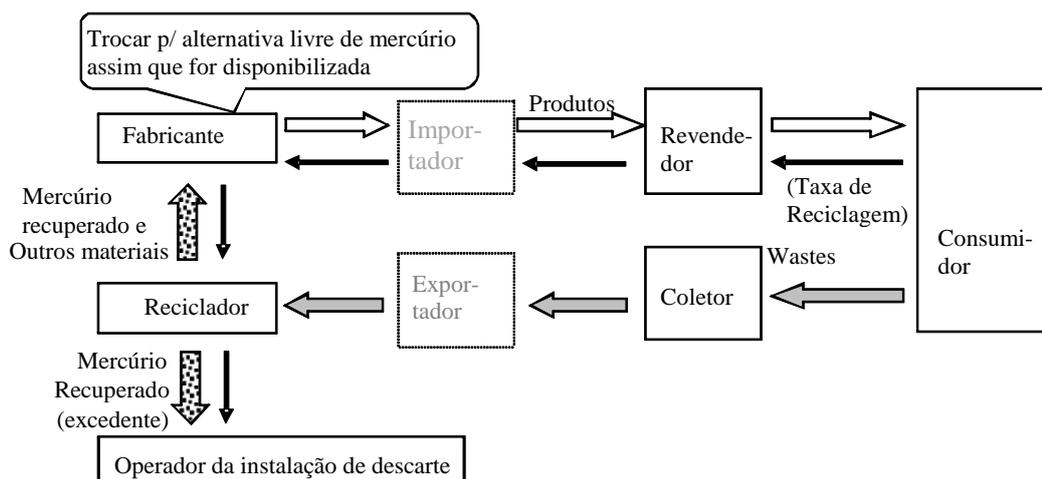
108. Introduzir alternativas livres de mercúrio e banir produtos com adição de mercúrio são maneiras importantes de prevenir a geração de resíduos de mercúrio. Sob a Convenção de Minamata a fabricação, exportação, e importação de produtos específicos com adição de mercúrio fica proibida a partir de 2020 (ver parágrafo 22 acima).

109. Estabelecer limites máximos de conteúdo de mercúrio em produtos onde alternativas livres de mercúrio não são viáveis no futuro próximo, ajudaria, como uma medida de transição, a reduzir a geração de resíduos de mercúrio no setor de produtos com adição de mercúrio. A substituição desses produtos por alternativas livres de mercúrio ou com pouco conteúdo de mercúrio pode ser facilitada por meio do consumo verde.

110. Em setores onde produtos com adição de mercúrio ainda estão sendo utilizados, o estabelecimento de um sistema fechado seguro para utilização do mercúrio é desejável. A contaminação de fluxos de resíduos por mercúrio pode ser prevenida por meio:

- (a) Do uso de produtos livres de mercúrio;
- (b) Do estabelecimento de limites máximos de conteúdo de mercúrio em produtos; e
- (c) Do estabelecimento de padrões de aquisição que favoreçam a compra de produtos livres de mercúrio ou com pouco conteúdo de mercúrio.

111. Resíduos contendo mercúrio devem ser separados de outros resíduos e coletados, e, quando viável, o mercúrio deve ser recuperado dos resíduos e reutilizado, substituindo o uso de mercúrio primário em processo de produção, ou descartado de forma ambientalmente segura (ver a figura 3). Esquemas de responsabilidade estendida do produtor (EPR) podem ser instrumentos eficientes para encorajar a produção de produtos livres de mercúrio ou com pouco conteúdo de mercúrio, e a coleta desses produtos após ele se tornarem resíduos. Outras abordagens podem incluir o fornecimento de um desconto para a coleta de produtos gastos com adição de mercúrio.

**Figura 3: Sistema Fechado para Utilização de Mercúrio****(a) Produtos livres de mercúrio**

112. A substituição de mercúrio em produtos depende de fatores como eficiência ou performance dos substitutos, custo do produto substituto e custo geral, impactos ao meio ambiente e à saúde humana, tecnologia, políticas de governos e economias de escala. Muitos tipos de alternativa livres de mercúrio estão atualmente disponíveis. Informações detalhadas sobre alternativas livres de mercúrio estão disponíveis nas seguintes publicações:

(d) *Lista de alternativas a produtos com adição de mercúrio* (UNEP, 2014b);

(e) *Substituição de termômetros e esfigmomanômetros de mercúrio no setor da Saúde: Orientação Técnica* (WHO, 2010);

(f) *Relatório sobre os principais produtos e processos contendo mercúrio, seus substitutos e experiências na troca para produtos e processos livres de mercúrio* (UNEP, 2008b); e

(g) *Opções para redução do uso de mercúrio em produtos e aplicações e o destino do mercúrio que atualmente circula na sociedade* (Comissão Europeia, 2008).

**(b) Setting maximum limits of mercury content in products**

113. Limites de conteúdo de mercúrio devem ser estabelecidos para produtos com adição de mercúrio até que esses produtos possam ser substituídos. Esses limites podem resultar em menos mercúrio sendo usado por produto no setor de produção, o que, por sua vez, pode resultar em menos mercúrio sendo emitido ao longo do ciclo de vida do produto (incluindo emissões acidentais ou provenientes de quebras) e na redução de quantidade total de mercúrio em resíduos que exigem gerenciamento específico. A Convenção de Minamata estabelece limites de conteúdo de mercúrio para certos produtos, as Partes dessa Convenção devem seguir tais limitações (ver parágrafo 22 acima).

114. Os limites para o conteúdo de mercúrio podem ser estabelecidos por meio de legislação (ver exemplos na Seção III B, 2 abaixo) ou por meio de ação voluntária da indústria sob planos de gerenciamento ambiental/de mercúrio. Como foi previamente informado, exigências legais para limites de conteúdo de mercúrio em baterias e lâmpadas fluorescentes foram estabelecidas na União Europeia, e vários estados dos Estados Unidos adotaram limites de conteúdo para lâmpadas. No Japão, limites para conteúdo de mercúrio em lâmpadas fluorescentes foram estabelecidos por uma associação da Indústria e o governo nacional usou esses limites como critérios para selecionar lâmpadas fluorescentes sob políticas de consumo Verde. No Canadá, as *Regulamentações de Produtos Contendo Mercúrio* estabelecem limites de quantidade de mercúrio para lâmpadas fluorescentes e outros tipos de lâmpadas.

115. Para reduzir a quantidade de mercúrio em lâmpadas, os fabricantes desenvolveram várias tecnologias para injetar quantidades específicas de mercúrio em lâmpadas individuais que correspondam às quantidades mínimas de mercúrio exigidas para performance adequada da lâmpada. Exemplos de métodos de injeção precisa de mercúrio em lâmpadas incluem a utilização de amálgamas de mercúrio, uma pelota de ligas de mercúrio, um anel de ligas de mercúrio, e uma cápsula de mercúrio ao invés da injeção de mercúrio (Ministério do Meio Ambiente do Japão, 2010).

116. Uso da amálgama de mercúrio como dosagem pode ter vantagens ambientais e de performance ao longo do uso e no ciclo de vida de lâmpadas fluorescentes compactas (CFLs) e outros tipos de lâmpadas com adição de mercúrio. O ponto forte dos métodos de dosagem precisa de mercúrio é que eles minimizam a exposição dos trabalhadores e dos consumidores bem como as emissões ambientais de vapor de mercúrio durante a fabricação, transporte, instalação, armazenamento, reciclagem e descarte, particularmente quando as lâmpadas quebram. Além disso, métodos de dosagem precisa de mercúrio permitem que os fabricantes produzam CFLs que contenham conteúdos de mercúrio muito baixos (dois miligramas ou menos) ao mesmo tempo cumprindo com importantes exigências de performance, como alta eficiência e vida útil longa.

(c) **Aquisição**

117. Programas de aquisição de produtos livres de mercúrio devem ser encorajados para contribuir com a prevenção de resíduos e promover o uso de produtos livres ou com pouco conteúdo de mercúrio. Práticas de compra devem, quando possível, serem dirigidas à compra de produtos livres de mercúrio, exceto nos poucos casos onde alternativas à produção de mercúrio estão indisponíveis por questões práticas ou tecnológicas, ou à compra de produtos cujo conteúdo de mercúrio é mínimo.

118. Usos maiores de produtos com adição de mercúrio, como em instituições do governo e dependências hospitalares, podem ter um importante papel no estímulo da demanda por produtos livres de mercúrio caso implementem programas de aquisição verde. Em alguns casos, incentivos financeiros podem ser usados para encorajar programas de consumo verde. Alguns estados nos Estados Unidos, por exemplo, subsidiaram a compra de termômetros livres de mercúrio.

**3. Responsabilidade Estendida do Produtor**

119. A responsabilidade estendida do produtor é definida como uma política ambiental na qual a responsabilidade de um produtor por um produto é estendida ao estágio de pós-consumo. “Produtor” é considerado o dono ou importador de uma marca, exceto em casos como embalagens, e em situações onde o dono da marca não pode ser identificado, como é o caso de eletrônicos, nos quais o fabricante (e importador) seriam considerados como o produtor (OECD, 2001a). Programas EPR transferem a responsabilidade pelo gerenciamento de fim de vida útil dos produtos do governo local ou dos contribuintes para os produtores, e podem criar incentivos para os produtores incorporarem considerações ambientais no design de seus produtos e garantir que o custo do gerenciamento e descarte ambientalmente seguro desses produtos ao se tornarem resíduos estejam refletidos nos preços dos produtos. EPRs podem ser implementados por meio de abordagens obrigatórias ou voluntárias, ou uma combinação das duas (e.g., via acordos negociados). Programas de coleta podem ser incorporados em programas EPR (ver o parágrafo 147 abaixo).

120. Programas EPR, dependendo de seu design, podem atingir vários objetivos, incluindo: (1) liberar os governos locais do encargo financeiro e, em alguns casos, operacional de descartar resíduos/produtos/materiais; (2) encorajar companhias a projetar produtos para reutilização e reciclagem e reduzir tanto a quantidade quanto a periculosidade dos materiais usados; (3) incorporar custos do gerenciamento de resíduos nos preços dos produtos; e (4) promover a inovação das tecnologias de reciclagem. Portanto EPR promove um mercado no qual os preços refletem o custo ambiental dos produtos (OECD 2001a). Descrições detalhadas de esquemas EPR estão disponíveis em várias publicações da OECD sobre o assunto.<sup>23</sup>

121. Quando programas EPR são usados, as autoridades ambientais devem desenvolver quadros regulatórios estabelecendo as responsabilidades das partes interessadas relevantes, padrões para o gerenciamento de produtos e os componentes que todos os programas EPR devem ter, e encorajar a participação das partes relevantes e do público. As autoridades ambientais também devem monitorar a performance dos programas EPR (e.g., quantidade de resíduos coletados, quantidade de mercúrio recuperado e custos acumulados da coleta, reciclagem e armazenamento) e fazer recomendações para melhorias, conforme necessário. A responsabilidade da implementação dos programas EPR deve ser dividida entre todos os produtores de um produto e não devem existir produtores “pegando carona” (i.e., produtores que não têm que implementar EPR) nesses programas, para evitar uma situação na qual certos produtores são forçados a arcar com uma parcela desproporcional dos custos do EPR que vai além da sua parcela do produto no mercado.

122. Na União Europeia, por exemplo, lâmpadas fluorescentes, incluindo CFLs, são um dos produtos sujeitos às exigências da *Diretiva 2012/19/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 4 de julho de 2012 sobre resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (WEEE)*. A Diretiva exige responsabilidade estendida do produtor pelo gerenciamento de fim de vida útil de equipamentos

<sup>23</sup> Disponível em: <http://www.oecd.org/env/tools-evaluation/extendedproducerresponsibility.htm>.

elétricos e eletrônicos que contenham, *inter alia*, mercúrio. Outros exemplos de programas EPR são um programa da União Europeia para baterias e um programa EPR para lâmpadas fluorescentes e baterias na República da Coreia.<sup>24</sup>

## F. Manejo, separação, coleta, empacotamento, rotulagem, transporte e armazenamento

123. Os procedimentos de manejo, separação, coleta, empacotamento, rotulagem, transporte e armazenamento de resíduos de mercúrio anteriormente ao seu descarte são similares aos aplicáveis a outros tipos de resíduos perigosos. No entanto, como as propriedades físicas e químicas do mercúrio o tornam altamente móvel no meio ambiente, o ESM de resíduos de mercúrio exige o uso de precauções e técnicas de manejo adicionais.

124. Orientações técnicas específicas sobre as formas mais adequada de manejar resíduos de mercúrio são fornecidas nessa sessão, porém é imperativo que os geradores também consultem e cumpram com as exigências nacionais e locais aplicáveis. Para o transporte e movimento transfronteiriço de resíduos perigosos, os seguintes documentos devem ser consultados para determinar exigências específicas:

- (a) UNEP, 2015a. *Manual para a Implementação da Convenção da Basileia*;
- (b) Organização Marítima Internacional, 2014. *Código Marítimo Internacional sobre Bens Perigosos*;
- (c) Organização Internacional de Aviação Civil, 2013. *Instruções Técnicas para o Transporte Seguro de Bens Perigosos por Ar*;
- (d) Associação Internacional do Transporte por Ar, 2014. *Manual de Regulamentações para Bens Perigosos*; e
- (e) Nações Unidas, 2013. *Recomendações das Nações Unidas sobre o Transporte de Bens Perigosos, Regulamentações Modelo*.

125. Orientações específicas para manejo, separação, coleta, empacotamento, rotulagem, transporte e armazenamento de resíduos de mercúrio estão disponíveis nos seguintes materiais de referência:

- (a) UNDP, 2010. Dispositivos médicos: *Orientações sobre a Limpeza, Armazenamento Temporário ou Intermediário, e Transporte de Resíduos de Mercúrio de Dependências Hospitalares*;
- (b) WHO, 2010. *Uso Futuro de Materiais para Restauração Dentária (Capítulo 6, Melhores práticas de gerenciamento para resíduos de amálgamas)*; e
- (c) O Projeto de Assistência na Reciclagem de Lâmpadas, sem data. *Módulo de Treinamento (versão de 1 hora) para Geradores e Manejadores de Lâmpadas Fluorescentes e outras Lâmpadas (e Balastros) Contendo Mercúrio*.

126. Informações relevantes sobre as características perigosas e riscos dos resíduos de mercúrio devem ser coletadas e analisadas para planejar o manejo adequado desses resíduos, por exemplo, por meio da consulta e cumprimento com as instruções fornecidas sobre os químicos neles contidos e fichas de segurança relacionadas. Para rotulagem e empacotamento, O Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Químicos (GHS) desenvolvido pelas Nações Unidas, deve ser considerado, conforme adequado.

### 1. Manejo

127. Aqueles manejando resíduos de mercúrio devem prestar atenção especial à prevenção de evaporação e derramamento de mercúrio no meio ambiente. Resíduos de mercúrio devem ser colocados em recipientes a prova de gás e líquidos que estejam distintivamente marcados, indicando seu conteúdo “tóxico” de mercúrio. Os recipientes mais adequados para armazenamento de resíduos de mercúrio são recipientes de aço especialmente projetados, o caso é o mesmo para amalgamados de mercúrio com outros metais, incluindo zinco, cobre e prata. Alguns plásticos são permeáveis a vapores de mercúrio e devem ser evitados caso possível.

128. Usuários devem manejar de forma segura e prevenir quaisquer quebras ou danos à produtos com adição de mercúrio como lâmpadas fluorescentes, termômetros e dispositivos elétricos e eletrônicos. Resíduos de produtos com adição de mercúrio como tintas e pesticidas devem ser manejados de forma segura e não devem ser descarregados em pias, vasos sanitários, bueiros ou outros sistemas de escoamento de chuva. Resíduos de produtos com adição de mercúrio não devem ser misturados com

<sup>24</sup> Informações disponíveis em: [http://eng.me.go.kr/content.do?method=moveContent&menuCode=pol\\_rec\\_pol\\_rec\\_sys\\_responsibility](http://eng.me.go.kr/content.do?method=moveContent&menuCode=pol_rec_pol_rec_sys_responsibility).

outros resíduos. Caso esses produtos sejam acidentalmente quebrados ou derramados, procedimentos de limpeza devem ser seguidos (ver a subseção III.K.2 abaixo).

129. Aqueles que manejarem resíduos contaminados com mercúrio não devem os misturar com outros resíduos. Resíduos contaminados com mercúrio devem ser colocados em recipientes selados para prevenir a emissão de mercúrio ao meio ambiente.

## 2. Separação

130. A separação e a coleta de resíduos de mercúrio são fatores chave no ESM pois caso esses resíduos sejam descartados como resíduos sólidos municipais (MSW) sem qualquer forma de separação, o mercúrio neles contido pode ser emitido ao ambiente por aterramento ou incineração.

131. Resíduos industriais de mercúrio devem ser gerenciados como resíduos perigosos separados de outros resíduos gerados em instalações industriais de acordo com as leis nacionais aplicáveis. O gerenciamento separado desses resíduos permite o tratamento adequado para extração de mercúrio ou estabilização de resíduos para descarte adequado sem diluição do conteúdo de mercúrio. Diluição do conteúdo de mercúrio por meio de mistura com outros resíduos pode tornar o tratamento menos eficiente, ou pode reduzir a concentração de mercúrio de forma inadequada fazendo com que ela fique abaixo dos limites a serem estabelecidos sob o parágrafo 2 do Artigo 11 da Convenção de Minamata, prejudicando, portanto, o gerenciamento adequado desses resíduos.

132. As seguintes questões devem ser consideradas ao estabelecer e implementar programas de coleta para resíduos de mercúrio, especialmente resíduos com adição de mercúrio provenientes de residências e entidades institucionais e comerciais:

- (a) Divulgação dos programas, localização de depósitos e períodos de coleta para que todos os potenciais detentores de resíduos de mercúrio possam usufruir;
- (b) Incluir, quando possível, a coleta de todos os resíduos de mercúrio nos programas de coleta;
- (c) Disponibilizar recipientes aceitáveis e materiais de transporte seguro para detentores de resíduos de mercúrio para os resíduos que precisarem ser reembalados ou tornados seguros para transporte;
- (d) Estabelecer mecanismos simples e de baixo custo para a coleta;
- (e) Garantir a segurança tanto das pessoas que farão a entrega dos resíduos de mercúrio para os depósitos como dos trabalhadores desses depósitos;
- (f) Garantir que os operadores dos depósitos estejam usando um método de descarte aceitável;
- (g) Garantir que programas e dependências cumpram com todas as exigências legislativas aplicáveis; e
- (h) Garantir a separação de resíduos de mercúrio de outros fluxos de resíduos.

Dependendo da legislação local e nacional, a rotulagem dos produtos que contém mercúrio pode ajudar a garantir a separação adequada e, conseqüentemente, o descarte ambientalmente adequado de produtos com adição de mercúrio no fim de sua vida útil. Sistemas de rotulagem para produtos com adição de mercúrio devem ser implementados por produtores durante o estágio de fabricação desses produtos para facilitar a identificação de produtos que contem mercúrio e necessitam de manejo especial sob programas de coleta e reciclagem.<sup>25</sup> Pode ser necessário que os rótulos cumpram com leis nacionais do “direito de saber”, que podem exigir a revelação da identidade e propriedades de ingredientes químicos tóxicos em produtos. Sistemas de rotulagem para produtos com adição de mercúrio também podem exigir que rótulos incluam instruções sobre o uso adequado desses produtos, bem como instruções de gerenciamento de resíduos que encorajem a reciclagem e o descarte adequado.

<sup>25</sup> By way of example, guidelines are available at: <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/labelinginfo.cfm> and the labelling scheme can be found at: <http://www.digitaleurope.org/Services/MecuryFreeLogo.aspx>

Sistema de rotulagem para produtos com adição de mercúrio podem auxiliar no alcance dos seguintes objetivos:<sup>26</sup>

- (a) Informar os consumidores no momento da compra que esses produtos contêm mercúrio e podem exigir manejo especial no fim de sua vida útil;
- (b) Identificar produtos com Adição de mercúrio no momento do descarte para que eles possam ser mantidos fora de proporção de resíduos destinados para aterros e incineração e serem, portanto, reciclados;
- (c) Informar os consumidores sobre a presença de mercúrio em produtos para que eles tenham informações que possam leva-los a buscar alternativas mais seguras; e
- (d) Promover o “direito de saber” do público sobre a presença de substâncias tóxicas em produtos.

Fabricantes podem indicar a presença de mercúrio em produtos com adição de mercúrio usando o símbolo internacional para Mercúrio “Hg” nos rótulos de produtos. Por exemplo produtos com adição de mercúrio vendidos em alguns estados dos Estados Unidos devem conter esse símbolo:

<sup>27</sup> . Na União Europeia, o símbolo químico “Hg” deve estar impresso em baterias com adição de mercúrio sob a diretiva 2006/66/EC (União Europeia). O uso de um símbolo semelhante nos rótulos de embalagens de lâmpadas com adição de mercúrio comercializadas internacionalmente pode promover o reconhecimento global de que essas lâmpadas contêm mercúrio. Informações adicionais fornecidas em línguas locais podem servir para explicar o significado do símbolo.

Nos Estados Unidos, a Sessão de Lâmpadas da Associação Nacional de Fabricantes de Elétricos (NEMA) afirma que uma abordagem nacional ou internacional harmonizada com relação à rotulagem de lâmpadas com adição de mercúrio é um componente essencial para a distribuição econômica e eficiente de lâmpadas eficientes em energia.<sup>28</sup> Em 19 de Julho de 2010, a Comissão Federal do Comércio dos Estados Unidos promulgou uma regra<sup>29</sup> exigindo que, a partir de 19 de julho de 2011 embalagens para lâmpadas CFLs, lâmpadas de LED e lâmpadas incandescentes tradicionais incluam novos rótulos para ajudar os consumidores a escolher as lâmpadas mais eficientes para suas necessidades de iluminação. Para lâmpadas com adição de mercúrio, tanto a embalagem quanto as próprias lâmpadas devem ser rotuladas conforme o seguinte exemplo:<sup>30</sup>

**Figura 4:** Exemplo de rotulagem de produto (lâmpada fluorescente: esquerda para embalagem, direita para produto)

<sup>26</sup> By way of example, guidelines on the four points are available at: <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/labelinginfo.cfm> (NEWMOA, 2004).

Under the Law for Promotion of Effective Utilization of Resources in Japan, manufacturers and importers must include a label bearing the J-Moss symbol (<http://home.jeita.or.jp/eps/200512jmoss/orange.jpg>) if any of the products (personal computers, air conditioners, television sets, refrigerators, washing machines, microwaves and home driers) contains lead, mercury, cadmium, hexavalent chromium, polybrominated biphenyls (PBBs) and/or polybrominated diphenyl ethers (PBDEs).

<sup>27</sup> Available at: <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/labelinginfo.cfm>

<sup>28</sup> Available at: <http://www.nema.org/Policy/Environmental-Stewardship/Lamps/Documents/Labeling%20White%20Paper%20Final%2010%2004.pdf> and <http://www.nef.org.uk/energysaving/lowenergylighting.htm>.

<sup>29</sup> Appliance Labeling Rule, 75 Fed. Reg. 41696 (July 19, 2010).

<sup>30</sup> Available at: <http://www.ftc.gov/os/2010/06/100618lightbulbs.pdf> (last visited on 29 May 2011). For information about recycling etc., see: <http://www.epa.gov/cfl/cflrecycling.html>.

## Contém Mercúrio

Para maiores informações sobre limpeza e descarte adequado visitar [epa.gov/cfl](http://epa.gov/cfl).

## Descarte de Mercúrio

[epa.gov/cfl](http://epa.gov/cfl).

2. Quando produtos com adição de mercúrio são exportados e se tornam resíduos em países de importação, consumidores, usuários e outras partes interessadas nesses países podem não ser capazes de ler ou compreender os rótulos de produtos escritos em uma língua estrangeira. Nesses casos, importadores, exportadores, fabricantes ou agências nacionais responsáveis pela rotulagem de produtos devem se certificar de que os rótulos sejam adequados à localidade e/ou estejam escritos na(s) língua(s) relevante(s).

### 3. Coleta

#### (a) Coleta de resíduos consistindo em mercúrio ou compostos de mercúrio

Resíduos consistindo em mercúrio ou compostos de mercúrio, como os gerados durante a desativação de instalações cloro-álcali usuárias do processo de célula de mercúrio, são diferentes de outros resíduos de mercúrio em termos do perigo que eles têm potencial de representar caso manejados de forma inadequada. Resíduos consistindo em mercúrio ou compostos de mercúrio também podem ser gerados em volumes maiores do que outros resíduos de mercúrio, o que dificulta sua coleta segura. Mercúrio em grandes volumes deve ser cuidadosamente embalado em recipientes adequados anteriormente ao envio para instalações específicas de armazenamento ou descarte.<sup>31</sup>

#### (b) Coleta de produtos com adição de mercúrio

Resíduos de produtos com adição de mercúrio, após se tornarem resíduos, devem ser coletados separadamente de outros resíduos e esforços devem ser feitos para prevenir ao máximo a quebra e contaminação. A quantidade de resíduos gerados por residências, e por outros geradores como companhias, governos, escolas e outras organizações, varia, portanto, é recomendado que os resíduos dos dois grupos (residências e organizações maiores) sejam coletados separadamente.

Existem três opções, discutidas abaixo, para coleta de produtos com adição de mercúrio provenientes de residências como os referidos na tabela 2 acima, baterias de mercúrio podem ser coletadas juntamente com outros tipos de bateria.

#### (i) Estações de coleta de resíduos e depósitos de coleta

Resíduos contendo mercúrio devem ser descartados em um recipiente especialmente projetado em estações de coleta ou depósitos para evitar a mistura desses resíduos com outros resíduos. Resíduos contendo Mercúrio devem ser coletados exclusivamente por coletores autorizados pelo governo local ou por outras autoridades adequadas.

Caixas ou recipientes para resíduos contendo mercúrio devem ser disponibilizadas para uso do público nas estações de coleta. Resíduos contendo mercúrio como lâmpadas fluorescentes, termômetros com adição de mercúrio e baterias, devem ser armazenados apenas em recipientes coloridos e marcados. Os recipientes específicos devem todos ser da mesma cor e/ou ter o mesmo logotipo para facilitar a conscientização do público. A quebra de lâmpadas fluorescentes e termômetros deve ser evitada, inter alia, por meio de caixas adequadamente projetadas e do fornecimento de informações por escrito sobre os procedimentos de coleta. Recipientes diferentes devem ser usados para lâmpadas de tubos e CFLs. Para CFLs, é importante minimizar

<sup>31</sup> The United States Department of Energy provides detailed guidance on the safe handling and storage of mercury, which is available from: <http://energy.gov/em/services/waste-management/waste-and-materials-disposition-information>.

a “queda livre” das lâmpadas instalando defletores ou flaps. Alternativamente, um pequeno aviso pode pedir que os usuários coloquem suas lâmpadas gastas cuidadosamente dentro da caixa, sem quebra-las. Uma outra opção para minimizar a quebra das lâmpadas seria pedir que os consumidores entreguem as lâmpadas fluorescentes para membros qualificados da equipe da estação de coleta. No caso de quebra de lâmpadas, a área afetada deve ser ventilada imediatamente e a equipe deve ser informada para aplicar os procedimentos de limpeza.<sup>32</sup> Estações de coleta para lâmpadas podem ser estabelecidas ao ar livre para minimizar a exposição dos trabalhadores caso ocorra quebra de lâmpadas.

**(ii) Coleta em locais ou lojas públicas**

Resíduos contendo mercúrio, especialmente lâmpadas fluorescentes usadas, termostatos, baterias de mercúrio e termômetros podem ser coletados por veículos especialmente projetados em locais públicos, como prefeituras e outros prédios públicos, ou em lojas de eletrônicos, shoppings ou outlets, contanto que os recipientes adequados sejam utilizados. Caixa e recipientes específicos para resíduos contendo mercúrio devem ser projetados para acomodar as características desses resíduos e minimizar a quebra. Apenas recipientes especificamente projetados para resíduos contendo mercúrio, e que sejam capazes de conter vapores de lâmpadas quebradas, devem ser usados em áreas públicas de coleta.<sup>33</sup> Consumidores devem poder levar suas lâmpadas fluorescentes, baterias de mercúrio, termostatos e termômetro de mercúrio usados para essas localidades gratuitamente. Coletores autorizados, como coletores municipais ou coletores do setor privado (e.g., coletores fornecidos pelos produtores), devem coletar os resíduos em caixas ou recipientes de coleta específicos.

Caixas e recipientes para resíduos contendo mercúrio devem ser monitoradas para garantir que nenhum outro tipo de resíduo seja depositado nelas. Elas devem ser rotuladas e colocadas em áreas onde possam ser monitoradas, ou dentro de prédios, em áreas bem ventiladas, ou do lado de fora, em áreas cobertas e protegidas.

**(iii) Coleção em residências por coletores**

A coleta de resíduos de dispositivos de mercúrio de residências por coletores autorizados pode ser realizada para lidar com certos resíduos contendo mercúrio como e-resíduos contendo mercúrio. Para garantir a coleta eficiente desses resíduos por parte de coletores locais, arranjos especiais ou mecanismos legais são frequentemente exigidos; por exemplo, o governo ou outras agências e produtores de produtos com adição de mercúrio podem precisar fornecer arranjos para a coleta de resíduos contendo mercúrio por coletores locais.

**(iv) Coleta coordenada por companhias e associações**

A coleta de resíduos de produtos com adição de mercúrio de companhias e entidades comerciais pode ser realizada por associações de empresas ou comércio de forma eficiente. No Japão, por exemplo, a Associação Médica de Tóquio estabeleceu um sistema ad hoc de coleta para termômetros de mercúrio e esfigmomanômetros desnecessários que coletou centenas desses dispositivos durante o período de coleta de um mês. Durante o período de coleta, cada instituição médica membro foi encorajada a trazer os dispositivos para uma filial da associação local e pediu-se que elas pagassem taxas específicas de transporte e descarte. A associação médica de Tóquio coordenou com filiais de associações locais e transportadores e gerenciadores de resíduos para garantir a coleta e o descarte eficientes dos dispositivos coletados. Cada instituição médica membro foi beneficiada com taxas mais baixas de transporte pois o sistema criou economias de escala e arranjos eficientes de transporte.

**(v) Programas de “retorno” para coleta**

Programas de retorno podem se referir a vários programas estabelecidos para redirecionar produtos gastos ou resíduos de produtos do fluxo de resíduo com o propósito de reciclagem, reutilização, remodelação, e em alguns casos recuperação. Programas de retorno costumam ser iniciativas voluntárias desenvolvidas pelo setor privado (e.g., fabricantes e revendedores) que oferecem aos consumidores a oportunidade de retornar produtos usados em seus locais de compra e em outras instalações especificadas. Alguns programas de retorno oferecem incentivos financeiros aos consumidores, outros são liderados ou gerenciados por governos (e.g., esquemas

<sup>32</sup> Ver EPA, “Limpendo uma CFL quebrada” Disponível em: <http://www.epa.gov/cfl/cflcleanup.html>; Projeto de Políticas de Mercúrio, 2008, *Abordando os Riscos do Mercúrio Provenientes da Quebra de CFL*, disponível em: [http://mpp.cclearn.org/wp-content/uploads/2008/08/final\\_shedding\\_light\\_all.pdf](http://mpp.cclearn.org/wp-content/uploads/2008/08/final_shedding_light_all.pdf); e a Agência Alemã de Proteção ao Meio Ambiente, disponível em: <http://umweltbundesamt.de/energie/licht/hgf.htm> (em alemão).

<sup>33</sup> Ver Glenz et al, 2009.

de depósito de garrafas), e outros servem para financiar parcialmente as atividades de descarte ou reciclagem. Programas de retorno para coleta geralmente focam em produtos de consumo que são amplamente utilizados, como baterias, interruptores, termostatos, lâmpadas fluorescentes e outros produtos com adição de mercúrio (Honda, 2005).

No Japão, os Produtores coletam e reciclam lâmpadas fluorescentes usadas por meio de sistemas de leasing para estabelecimentos de negócios sob o Serviço Akari Anshin (Panasonic, 2009) e o Pacote Hitachi de Serviços de Iluminação (Hitachi, 2006).

(c) **Coleta de resíduos contaminados por mercúrio ou compostos de mercúrio**

Instalações de tratamento de esgoto e incineradores de resíduos costumam ser projetados para incluir equipamentos para coleta de lamas de esgoto, cinzas e resíduos que podem conter traços de mercúrio e outros metais pesados. Dispositivos de controle de poluição do ar por mercúrio em incineradores pode aumentar as concentrações de mercúrio em cinzas volantes coletadas. Caso as concentrações de mercúrio nesses resíduos excedam o critério para resíduos perigosos, os resíduos devem ser coletados separadamente.

**4. Embalagem e rotulagem**

Resíduos de mercúrio sendo transportados de dependências de geradores ou de pontos de coleta pública para unidades de tratamento de resíduos devem ser adequadamente embalados e rotulados. Embalagens e rótulos para transporte são comumente controlados por legislação de transporte de resíduos perigosos ou bens perigosos, que deve ser consultada. Caso não exista essa legislação ou a legislação existente não forneça orientações suficientes, materiais de referência publicados por governos nacionais bem como pelo IATA, IMO e UNECE, devem ser consultados. Padrões internacionais para rotulagem e identificação adequada de resíduos foram desenvolvidos, incluindo os seguintes materiais de referência:

(a) Nações Unidas, 2003. *Sistema Globalmente Harmonizado para Classificação e Rotulagem de Químicos* (revisado e melhorado a cada dois anos); e

(b) OECD, 2001. *Sistema Harmonizado e Integrado de Classificação de Perigos Ambientais e à Saúde Humana Provenientes de Substâncias e Misturas Químicas*.

**5. Transporte**

Resíduos de mercúrio devem ser transportados de forma ambientalmente segura para evitar derramamentos acidentais; eles também devem ser rastreados durante o transporte até chegarem ao seu destino final. Anteriormente ao transporte, planos de contingência devem ser preparados para minimizar impactos ambientais associados com derramamentos, incêndios e outras potenciais emergências. Durante o transporte os resíduos de mercúrio devem ser identificados, embalados e transportados de acordo com as Recomendações das Nações Unidas sobre o Transporte de Bens Perigosos (Regulamentações Modelo) (Livro Laranja) ”.

Companhias transportando resíduos dentro de seus próprios países devem ser certificadas como transportadoras de materiais e resíduos perigosos, e seu pessoal deve ser qualificado e certificado como manejadores de materiais e resíduos perigosos de acordo com leis nacionais e locais aplicáveis. Os transportadores devem manejar resíduos de mercúrio de forma a prevenir quebras, emissões ambientais e exposição à umidade.

Orientações sobre o transporte seguro de materiais perigosos podem ser obtidas em IATA, IMO, UNECE e ICAO (ver o parágrafo **Erro! Fonte de referência não encontrada.** acima).

**6. Armazenamento**

(a) **Armazenamento de resíduos contendo mercúrio por geradores de resíduos aguardando coleta**

Resíduos contendo mercúrio devem ser armazenados de forma temporária antes de serem coletados para descarte. Resíduos contendo mercúrio devem ser armazenados em segurança e mantidos separados de outros resíduos até que sejam levados para estações de coleta de resíduos ou recolhidos por programas de coleta ou serviços contratados. Grandes volumes de resíduos devem ser armazenados de maneira a minimizar as emissões de mercúrio ao meio ambiente incluindo, caso viável, por meio do uso de recipientes fechados, blocos de concreto impermeável com controle de escoamento ou coberturas de lona a prova d'água. Resíduos devem ser armazenados por geradores por um período limitado de tempo, conforme permitido por padrões e regulamentações nacionais, e devem (em todos os casos) ser enviados para descarte adequado assim que for possível.

Resíduos de residências contendo mercúrio, principalmente lâmpadas fluorescentes e outras lâmpadas, baterias com adição de mercúrio e termômetros, devem ser embalados de forma adequada (e.g., usando embalagem do produto ou caixa na qual caiba o produto) e armazenados temporariamente. Quaisquer dispositivos de mercúrio que sejam quebrados durante o manejo devem ser limpos, e todos os materiais de limpeza devem ser armazenados ao ar livre até serem coletados para gerenciamento adicional.<sup>34</sup> Resíduos líquidos contendo mercúrio, como tintas e pesticidas, devem ser mantidos em seus recipientes originais, cujas tampas devem permanecer totalmente fechadas. Recipientes e embalagens contendo resíduos com adição de mercúrio não devem ser armazenados juntamente com outros resíduos; recipientes e embalagens devem ser marcados e armazenados em um lugar seco e seguro, como um armazém ou outro espaço que não costuma ser frequentado por pessoas.

Além das orientações contidas nos parágrafos 154 e 155 acima, usuários de mercúrio em larga escala como governos, empresas e escolas, também precisaram de planos para armazenamento de grande quantidade de resíduos de mercúrio. Quando as caixas ou embalagens originais não estiverem disponíveis, recipientes que sejam especialmente projetados para armazenar resíduos contendo mercúrio (e.g., recipientes para lâmpadas florescentes) devem ser adquiridos. Recipientes ou caixas para armazenamento de resíduos contendo mercúrio devem ser marcados e datados e armazenados em um lugar seco. O uso de uma área ou sala separada de áreas de trabalho, ou o uso de áreas não abertas ao público, para o armazenamento desses resíduos é recomendado. Essas áreas não devem dividir sistemas de ventilação com áreas de trabalho ou áreas públicas e devem ter seus próprios sistemas de ventilação ou serem ventilados diretamente para o lado de fora. Orientações desenvolvidas pela UNDP para resíduos de mercúrio gerados em instalações hospitalares, fornecem recomendações detalhadas a esse respeito e podem ser aplicáveis a várias dependências comerciais gerando resíduos de mercúrio.

**(b) Armazenamento de resíduos de mercúrio enquanto aguardam operações de descarte**

O Armazenamento de resíduos de mercúrio em instalações de descarte deve minimizar também o potencial para emissões de mercúrio ao meio ambiente.

**(i) Considerações técnicas e operacionais para instalações de armazenamento**

Em termos de localização e design, as instalações de armazenamento não devem, por princípio, serem construídas em localizações sensíveis. Localizações sensíveis podem incluir planícies aluviais, pantanais, águas subterrâneas, áreas de terremoto, terreno cárstico, terreno instável, e áreas com condições climáticas desfavoráveis e utilizações incompatíveis do solo para evitar quaisquer riscos de emissões de mercúrio e qualquer possibilidade de exposição humana e do meio ambiente ao mercúrio. No entanto, essas limitações de localização podem não ser aplicáveis em casos onde design técnico e exigências legais governam o gerenciamento ambientalmente seguro de instalações de armazenamento. Áreas de armazenamento devem ser projetadas para garantir a segurança das dependências e prevenir reações químicas e físicas desnecessárias ao mercúrio. Os pisos das instalações de armazenamento devem ser cobertos com materiais resistentes ao mercúrio para prevenir vazamento e penetração de mercúrio provenientes de derramamentos acidentais. Instalações de armazenamento devem ter sistemas de alarme de incêndio e supressão de incêndios, bem como ambientes de pressão negativa, para evitar que emissões de mercúrio escapem das instalações. A temperatura nas áreas de armazenamento deve ser mantida o mais baixo possível, preferencialmente em uma temperatura constante de 21 graus Celsius. Áreas de armazenamento para resíduos de mercúrio devem ser claramente sinalizadas com placas de aviso (FAO, 1985; EPA, 1997b; UNEP, 2015c; Departamento de Energia dos EUA, 2009).

Em termos operacionais as dependências de armazenamento devem ser mantidas trancadas para evitar roubos ou acesso não autorizado. O acesso a resíduos de mercúrio deve ser restrito a aqueles com o treinamento adequado em, entre outras coisas, identificação de tipos de resíduos de mercúrio, perigos específicos do mercúrio e manejo desses resíduos. É recomendado que construções de armazenamento para todos os tipos de mercúrio não sejam usadas para armazenar outros resíduos ou materiais líquidos. Inventários completos dos resíduos mantidos na área de armazenamento devem ser criados e atualizados conforme resíduos são adicionados ou removidos. Inspeções regulares das áreas de armazenamento devem ser realizadas com foco especialmente em danos, vazamentos, derramamentos e deterioração. A limpeza e descontaminação devem ser realizadas rapidamente, mas não sem alertar as autoridades

<sup>34</sup> Materiais devem ser armazenados ao ar livre pois vários recipientes comumente disponibilizados, como sacolas plásticas, são permeáveis ao vapor de mercúrio. Ver: Departamento de Proteção ao Meio Ambiente do Maine, 2008.

pertinentes, e em conformidade com leis e regulamentações nacionais. (FAO, 1985; EPA, 1997b).

Em relação a segurança das dependências, procedimentos específicos para a área devem ser desenvolvidos para implementar exigências de segurança identificadas para o armazenamento de resíduos de mercúrio. Um plano de emergência viável, preferencialmente com diversos procedimentos, deve ser desenvolvido e implementado imediatamente no caso de derramamento acidental e outras emergências. A proteção da vida humana e do meio ambiente é de importância crucial. No caso de emergência, deve existir uma pessoa responsável que possa autorizar modificações nos procedimentos de segurança quando necessário para permitir a ação da equipe de resposta de emergência. Localização e acesso adequado à área devem ser garantidos (Agência de Gerenciamento Ambiental, República das Filipinas, 1997; UNEP, 2015c; Departamento de Energia dos EUA, 2009).

**(ii) Considerações especiais para armazenamento de resíduos consistindo em mercúrio ou compostos de mercúrio**

Recipientes para resíduos consistindo em mercúrio ou compostos de mercúrio devem ser estruturalmente adequados e possibilitar o armazenamento ambientalmente seguro desses resíduos. Os recipientes devem cumprir com as seguintes exigências: (1) eles não devem ter sido danificados por quaisquer materiais previamente armazenados ou terem contido materiais que possam ter reações adversas com mercúrio; (2) sua integridade estrutural deve estar intacta; (3) eles não devem estar corroídos; (4) eles devem ter um revestimento protetor (tinta) para prevenir a corrosão. Materiais adequados para recipientes de mercúrio incluem carbono e aço inoxidável, que não reagem com o mercúrio em temperatura ambiente. Não é necessário revestimento protetor para a superfície interior desses recipientes contanto que o mercúrio neles armazenado cumpra com as exigências de pureza e não haja água presente dentro do recipiente. Revestimentos protetores (pintura epóxi e galvanoplastia) devem ser aplicados a todas as superfícies externas de aço-carbono de maneira a não deixar nenhum aço exposto. Os revestimentos devem ser aplicados de maneira a minimizar bolhas, descascamentos e rachaduras na pintura. Rótulos incluindo informações sobre os nomes dos fornecedores dos resíduos de mercúrio, a origem dos resíduos, o número do recipiente, peso bruto, a data de injeção de mercúrio e um rótulo de “corrosíveis” indicando que o recipiente contém materiais corrosíveis, devem ser afixados em cada recipiente (Departamento de Energia dos EUA, 2009). Além disso, o rótulo deve mostrar que o recipiente cumpre com exigências técnicas específicas com relação a tensão, estabilidade de pressão, resistência a choques, comportamento quando expostos ao calor, etc.

Recipientes para resíduos consistindo em mercúrio ou compostos de mercúrio devem ser armazenados verticalmente em pallets acima do chão. Os corredores nas áreas de armazenamento devem ser amplos o suficiente para permitir a passagem de times de inspeção, equipamentos de carregamento e equipamentos de emergência. Os pisos das instalações devem ser revestidos com revestimento epóxi e terem cores claras para permitir a detecção de pingos de mercúrio. O piso e o revestimento do piso devem ser frequentemente inspecionados para garantir que o piso não tenha rachaduras e que o revestimento esteja intacto. O piso não deve ser penetrado por ralos ou canos, e pisos inclinados ou caleiras de fluxo aberto com bordas arredondadas (para evitar que mercúrio fique preso embaixo das caleiras) podem ser usados para facilitar a coleta de derrames. Ao escolher os materiais para construção das paredes das instalações de armazenamento, materiais que não absorvam vapores de mercúrio devem ser selecionados. É importante incluir sistemas redundantes para prevenir as emissões de mercúrio no caso de uma ocorrência inesperada (Departamento de Energia dos EUA, 2009; Concelho Mundial do Cloro, 2004).

3. Ao armazenar resíduos consistindo em mercúrio ou compostos de mercúrio, o conteúdo de mercúrio desses resíduos deve ser o mais puro possível para evitar reações químicas e a degradação dos recipientes. Um conteúdo de mercúrio maior que 99.9 por cento é recomendado. Para técnicas de purificação, ver a subseção II.G.1 (b) (v) abaixo.

**(iii) Considerações especiais para armazenamento de resíduos contaminados por mercúrio ou compostos de mercúrio**

4. Resíduos líquidos em recipientes devem ser colocados em bandejas de contenção ou áreas curvadas e a prova de vazamentos. O volume de conteúdo líquido deve ser ao menos 125 por cento do volume máximo de resíduos líquidos, considerando o espaço ocupado por itens armazenados na área de contenção.

5. Resíduos sólidos devem ser armazenados em recipientes selados como barris ou baldes, recipientes de aço ou em recipientes especialmente construídos que não emitam vapor de mercúrio.

## G. Descarte ambientalmente seguro

6. As seguintes operações de descarte, conforme disposto no Anexo IV, partes A e B, da Convenção da Basileia, devem ser permitidas com o propósito de gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos de mercúrio:<sup>36</sup>

- D5 Aterro especialmente projetado;
- D9 Tratamento físico-químico;
- D12 Armazenamento permanente;
- D13 Mescla ou mistura<sup>37</sup> antes de submissão às operações D5, D9, D12, D14 ou D15;
- D14 Reempacotamento antes de submissão às operações D5, D9, D12, D13 ou D15;
- D15 Armazenamento aguardando as operações D5, D9, D12, D13 ou D14;
- R4 Reciclagem/ recuperação de metais e compostos metálicos;
- R5 Reciclagem/ recuperação de materiais inorgânicos;
- R8 Recuperação de componentes de catalisadores;
- R12 Troca de resíduos para submissão às operações R4, R5, R8 ou R13;
- R13 Acumulação de materiais intencionados para as operações R4, R5, R8 ou R12.

7. Além disso, uma forma de preenchimento em instalações subterrâneas também pode ser permitida onde resíduos são utilizados em instalações subterrâneas para propósitos de segurança de mineração, tirando vantagem das propriedades estruturais respectivas dos resíduos.<sup>39</sup> Na Alemanha, por exemplo, esse processo é regulado pelo *Decreto sobre Estufagem Subterrânea com Resíduos* (ver: [http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/underground\\_waste\\_stowage.pdf](http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/underground_waste_stowage.pdf)), cujas exigências são equivalentes às encontradas na *Diretiva 1999/31/EC do Conselho da União Europeia de 26 de abril de 1999 sobre o aterro de resíduos* e incluem procedimentos para autorização e supervisão especial.

8. Caso uma das operações de recuperação descritas na subseção II.G.1 abaixo sejam realizadas e o mercúrio subsequentemente enviado para um aterro especialmente projetado ou armazenamento permanente (i.e., operações D5 ou D12), a operação de recuperação cairá sob a categorias D13 e D19 (mescla ou mistura, ou tratamento físico-químico). Por outro lado, caso uma das operações que não leva à recuperação de mercúrio ou compostos de mercúrio descritas na subseção II.G.2 abaixo (e.g., estabilização) seja realizada e o resíduo de mercúrio seja subsequentemente enviado para uma das operações “R” listadas no parágrafo 166 acima, a operação também constituirá uma operação “R”. Essas duas conclusões podem não ser aplicáveis a todos os países.

### 1. Operações de recuperação

9. A recuperação de mercúrio de resíduos sólidos geralmente engloba: (1) pré-tratamento; (2) tratamento térmico; e (3) purificação, conforme mostrado na figura 5 abaixo. Para minimizar as emissões de mercúrio do processo de recuperação de mercúrio, as instalações devem empregar sistemas fechados. Todo o processo deve ocorrer sob pressão reduzida para prevenir vazamento de vapores de mercúrio em áreas de processamento (tanel, 1998). The small amount of exhausted air that is emitted in the recovery process must pass por meio de vários filtros de partículas e um filtro de carvão ativado que absorva o mercúrio antes do ar ser exausto ao meio ambiente.

10. Exemplos de resíduos de mercúrio cuja recuperação pode gerar emissões de mercúrio são resíduos de equipamentos com adição de mercúrio que emitem mercúrio ao meio ambiente

<sup>36</sup> Para informações sobre armazenamento aguardando operações de descarte (operações R13 e D15), ver a seção III, F, 6.

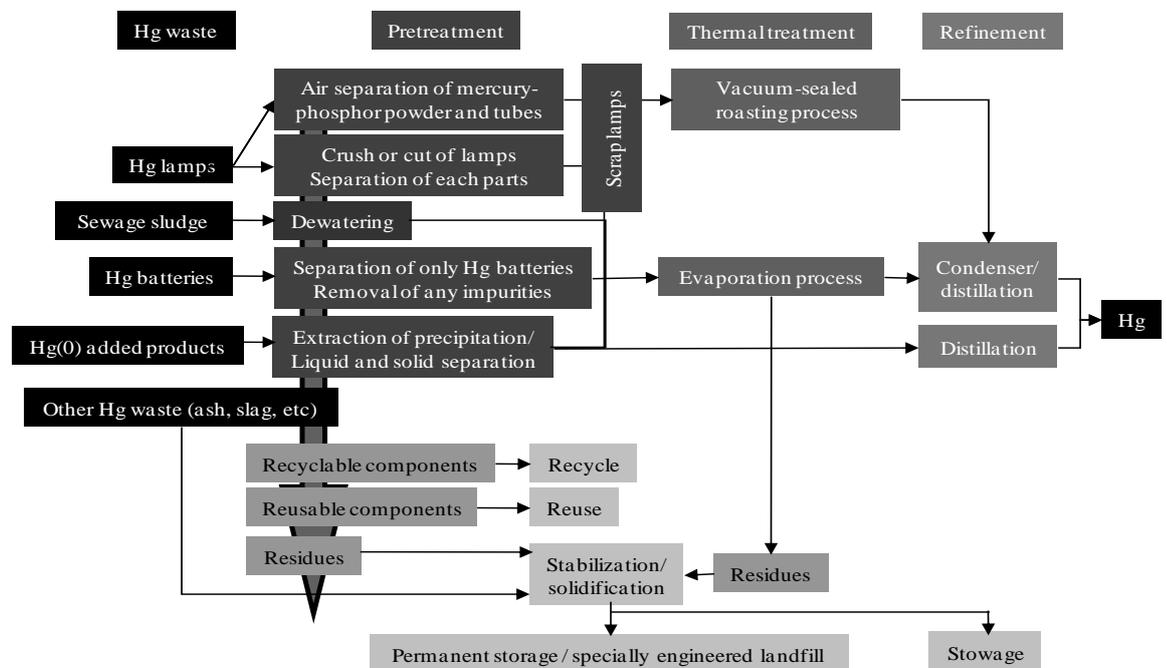
<sup>37</sup> Exemplos incluem pré-processamento como triagem, esmagamento, secagem, trituração, condicionamento ou separação.

<sup>39</sup> Esse preenchimento de sulfeto de mercúrio resultando da estabilização de resíduos consistindo em mercúrio é atualmente possível na Alemanha.

quando quebrados e resíduos contaminados com altas concentrações de mercúrio. O primeiro caso inclui dispositivos de medição contendo mercúrio (termômetros, esfigmomanômetros e manômetros) e interruptores e retransmissores de mercúrio, e também pode incluir lâmpadas com adição de mercúrio. O segundo caso inclui lamas de tratamento de águas residuais de sistemas purificadores em fundições não ferrosas de metal. Nos EUA, padrões específicos foram estabelecidos para o tratamento e recuperação de resíduos perigosos com adição de mercúrio, incluindo os que possuem um conteúdo de mercúrio maior ou igual a 260 mg/kg, anterior ao descarte em terra desses resíduos (ver o Código Norte Americano de Regulamentações Federais (CRF) Título 40 (Proteção ao Meio Ambiente), Seção 268.40: Aplicabilidade de padrões de tratamento).

11. As Orientações Técnicas sobre a reciclagem/recuperação ambientalmente segura de metais e compostos de metais (R4) da Convenção da Basileia tem foco principalmente na reciclagem e recuperação ambientalmente segura de metais e compostos de metais, incluindo mercúrio, que estão listados no Anexo I da Convenção (“Categorias de Resíduos a serem controladas”). É possível reciclar resíduos de mercúrio, especialmente resíduos consistindo de mercúrio ou compostos de mercúrio, em instalações especiais que têm tecnologias avançadas mercúrio-específicas. Deve ser observado que procedimentos adequados devem ser empregados nesse tipo de reciclagem para prevenir quaisquer emissões de mercúrio ao meio ambiente. Além disso, mercúrio reciclado pode ser vendido no mercado internacional de produtos, onde poderá ser reutilizado. A reciclagem de mercúrio<sup>40</sup> normalmente é determinada pelo grau de uso permitido e por uma avaliação comercial de se ele poderá ser recuperado com lucro.

**Figura 5:** Fluxo de recuperação de mercúrio de resíduos sólidos (Nomura Kohsan Co. Ltd., 2007)



Tradução dos termos da imagem

Hg waste	Resíduos Hg
Pretreatment	Pré-tratamento
Thermal treatment	Tratamento térmico
Refinement	Refinamento

<sup>40</sup> Ver o artigo 11(3)(b) da Convenção de Minamata. Além disso, notar que o artigo 3(5)(b) dessa convenção previne a reciclagem de mercúrio em excesso (mas não resíduos de mercúrio) da desativação de instalações cloro-álcali)

Air separation of Mercury-phosphor powder and tubes	Separação aérea de pó de fósforo de mercúrio e tubos
Scrap lamps	Sucata de lâmpadas
Vacuum-sealed roasting process	Processo de torrefação selado a vácuo
Hg lamps	Lâmpadas Hg
Crush or cut lamps separation of each part	Lâmpadas esmagadas ou cortadas Separação de cada parte
Sewage sludge	Lama de esgoto
Dewatering	Drenagem
Hg batteries	Baterias Hg
Separation of only Hg batteries Removal of any impurities	Separação de baterias somente Hg Remoção de impurezas
Evaporation process	Processo de evaporação
Condenser/distillation	Condensador/destilação
Hg (0) added products	Produtos com adição de Hg (0)
Extraction of precipitation/ liquid and solid separation	Extração de precipitação/separação líquida e sólida
Distillation	Destilação
Other Hg waste (Ash, slag, etc)	Outros resíduos Hg (Cinzas,escória, etc.)
Recyclable components	Componentes recicláveis
Recycle	Reciclar
Reusable components	Componentes reutilizáveis
Reuse	Reutilizar
Residues	Resíduos
Stabilization/solidification	Estabilização/solidificação
Permanent storage/specially engineered landfills	Armazenamento permanente/ aterros especialmente projetados
Stowage	Estiva

12. A recuperação de mercúrio de águas residuais é normalmente atingida por meio de oxidação química, precipitação química, ou adsorção seguida de vários processos de tratamento. O mercúrio existe em águas residuais devido a descarga intencional ou acidental de mercúrio de termômetros, amálgamas dentárias, ou processos industriais que usam mercúrio ou compostos de mercúrio. O mercúrio pode ser encontrado em águas residuais de tipos-úmidos de dispositivos de controle de poluição do ar e em lixiviado de aterros onde resíduos contendo mercúrio, como termômetros de mercúrio, são descartados. O mercúrio em águas residuais não deve ser emitido no ambiente aquático, onde o mercúrio é metilado e transformado em metilmercúrio, que então é bioacumulado e biomagnificado na cadeia alimentar.

13. Pré-tratamento anterior à reciclagem/recuperação do mercúrio (operação R4) se enquadra na operação R12 (ver o parágrafo 166 acima), enquanto torrefação, purificação, oxidação/precipitação química e adsorção se enquadram na operação R4.

(a) **Pré-tratamento (troca de resíduos para submissão à operações R4 ou R13)**

14. Antes de passar por tratamento térmico, os resíduos que contém ou estão contaminados por mercúrio são tratados para aumentar a eficiência do tratamento térmico; processos de pré-tratamento incluem, *inter alia*, remoção de materiais que não contenham mercúrio por meio de esmagamento e separação por ar, desaguamento de lamas, e remoção de impurezas. Exemplos de pré-tratamentos específicos para resíduos de mercúrio estão resumidos na Tabela 5 abaixo.

Tabela 5: Exemplos de operações de pré-tratamento por tipo de resíduo

Tipo do resíduo	Pré-tratamento
<i>Fluorescent lamps</i>	<p><b>Esmagamento mecânico</b></p> <p>Lâmpadas com adição de mercúrio devem ser processadas em uma máquina que esmaga e separa as lâmpadas em três categorias: vidro, tampas de atarraxar e misturas em pó de mercúrio e fósforo. Isso é alcançado pela ingestão das lâmpadas em uma câmara selada de esmagamento e peneiração. Após o processo estar completo, a câmara automaticamente remove os produtos finais para prevenir contaminação cruzada. Tampas de atarraxar e vidro devem ser removidos e enviados para reutilização na fabricação. No entanto, pinos de metal de tampas de atarraxar devem ser removidos e tratados separadamente, já que seu conteúdo de mercúrio é considerável. Pós de mercúrio e fósforo devem ser descartados ou processados adicionalmente para separar o mercúrio do fósforo (Nomura Kohsan Co. Ltd., 2007).</p> <p>Vidros de lâmpadas com adição de mercúrio esmagadas podem conter quantidades significativas de mercúrio e devem ser termicamente tratados para remover o mercúrio anteriormente ao seu envio para recuperação (Jang, 2005) ou descarte. Caso o vidro seja enviado para uma unidade de fundição para refundição, como parte do processo de recuperação, a unidade deve ter controle de poluição do ar especificamente direcionado para captura de mercúrio emitido (e.g., injeção de carbono ativado).</p> <p>Um sistema de alta performance para exaustão deve prevenir a emissão de quaisquer vapores ou poeiras de mercúrio durante todo o processo.</p> <p><b>Separação do ar</b></p> <p>As tampas de atarraxar de alumínio de lâmpadas fluorescentes (retas, circulares e compactas) são cortadas por bicos de hidrogênio. Ar é então soprado nas lâmpadas cortadas para remover pós de mercúrio-fósforo adsorvidos no vidro (Jang, 2005). O pó mercúrio-fósforo é coletado em um precipitador e partes de vidro são esmagadas e enxaguadas com ácido causando a remoção completa do pó mercúrio-fósforo absorvido no vidro. Além disso, as tampas de atarraxar são esmagadas e alumínio, ferro e plástico são magneticamente separados para reciclagem (Kobelco Eco-Solutions Co. Ltd., 2001; Ogaki, 2004).</p>
<i>Baterias com adição de mercúrio</i>	<p><b>Remoção de impurezas</b></p> <p>Para reciclar o mercúrio de baterias com adição de mercúrio, as baterias devem ser coletadas separadamente e armazenadas em recipientes adequados antes do tratamento e reciclagem. Caso baterias com adição de mercúrio sejam coletadas juntamente com outros tipos de baterias ou com resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, as baterias com adição de mercúrio devem ser separadas dos outros tipos de baterias. Antes do tratamento de torrefação, impurezas misturadas e adsorvidas nas baterias devem ser removidas, preferencialmente por meio de um processo mecânico. Além disso, a triagem mecânica do tamanho das baterias é necessária para um processo de torrefação eficiente (Nomura Kohsan Co. Ltd., 2007).</p>
<i>Sewage sludge</i>	<p><b>Desaguamento</b></p> <p>Lamas de esgoto têm um conteúdo de água alto que pode chegar a mais de 95%. Como resultado, lamas contaminadas com mercúrio e destinadas para destruição precisam ser desaguadas até um percentual de cerca de 20 a 35% de sólidos antes de qualquer tratamento térmico. Após o desaguamento as lamas de esgoto devem ser tratadas por meio de um processo de torrefação (Nomura Kohsan Co. Ltd., 2007; EPA, 1997a). Águas extraídas provavelmente necessitarão ser gerenciadas como resíduos de mercúrio.</p>
<i>Resíduos de produtos com adição de mercúrio</i>	<p><b>Extração</b></p> <p>Resíduos de produtos com adição de mercúrio, como termômetros e barômetros, devem ser coletados sem quebras, caso possível. Após a coleta, o mercúrio nos produtos deve ser extraído, e o mercúrio extraído deve ser destilado para purificação sob pressão reduzida.</p>

Tipo do resíduo	Pré-tratamento
<i>Resíduos contendo mercúrio acoplados a dispositivos</i>	<p><b>Desmontagem</b></p> <p>Resíduos contendo mercúrio, como interruptores e retransmissores elétricos, estão normalmente acoplados a dispositivos elétricos. Portanto, esses resíduos devem ser removidos desses dispositivos sem quebra do vidro externo dos dispositivos.</p> <p>Monitores de computador e televisões com displays de LCD contêm uma ou mais pequenas lâmpadas para iluminação, normalmente localizadas ao longo da extremidade externa das telas. Apesar de tecnologias mais novas por vezes usarem LED nessas pequenas lâmpadas, a maioria das telas LCD contêm lâmpadas fluorescentes de vapor de mercúrio. Essas lâmpadas de mercúrio costumam quebrar durante o manejo e processamento mecânico, emitindo assim vapor de mercúrio, portanto, elas devem ser cuidadosamente removidas manualmente<sup>41</sup> e não devem ser tratadas por processamento mecanizado como trituração, a menos que as máquinas de trituração tenham os equipamentos de controle de poluição necessários para gerenciar essas operações e tenham autorização para processar lâmpadas de mercúrio, como é o caso nas instalações de tratamento de mercúrio. Para maiores informações, ver a sessão 7.3 das <i>Orientações sobre recuperação e reciclagem ambientalmente seguras de equipamentos de computação no fim da vida útil</i>, da Parceria para Ação com relação à Equipamentos de Computação da Convenção da Basileia (PACE) (documento UNEP/CHW.10/INF/23). Maiores informações sobre a presença de mercúrio em LCD podem ser encontradas em “Demonstração de tecnologias para reciclagem de LCD”, um relatório produzido em 2010 pelo Programa de Ação sobre Resíduos e Recursos (disponível em: <a href="http://www.wrap.org.uk">http://www.wrap.org.uk</a>).</p>

**(b) Reciclagem/recuperação de mercúrio ou compostos de mercúrio**

**(i) Tratamento térmico**

15. Instalações de tratamento térmico para resíduos contendo ou contaminados por mercúrio ou compostos de mercúrio como lamas de esgoto, terras contaminadas e outros resíduos de áreas contaminadas devem ser equipadas com tecnologia de coleta de vapor de mercúrio, para recuperação de mercúrio (ITRC, 1998; Chang and Yen, 2006).

16. A dessorção térmica é um processo que usa troca de calor direta ou indireta para aquecer principalmente contaminantes orgânicos a uma temperatura suficiente para volatiliza-los e separa-los de uma matriz sólida contaminada e depois coletar ou destruí-los. A dessorção térmica por meio da troca de calor indireta é a opção recomendada para o mercúrio e seus compostos. Ar, gás de combustão ou um gás inerte são usados como meio de transferência para componentes vaporizados. Sistemas de dessorção térmica envolvem processos de separação física que transferem contaminantes de uma fase para outra. Os sistemas têm dois principais componentes, um dessorção e um sistema de tratamento/coleta de efluente gasoso.<sup>42</sup>

17. Existem vários processos de evaporação para o tratamento de resíduos de mercúrio, incluindo destilação via forno rotativo e processamento térmico a vácuo.

18. A destilação em forno rotativo serve para remover e recuperar mercúrio em resíduos como chorume mineral industrial, chorume da movimentação de gás natural, carbonos ativos, catalisadores, células de botão e terras contaminadas, por meio de evaporação e reciclagem dos produtos livres de mercúrio resultantes (e.g., vidro, ferro e metais não ferrosos zeólitos). Quaisquer poluentes ou hidrocarbonetos e enxofre são removidos no processo de tratamento.

19. No processo de destilação por meio de forno rotativo, resíduos de livre fluxo e resíduos transportáveis são alimentados em um forno rotativo por um funil de alimentação com uso de um sistema de dosagem. Os resíduos são tratados a temperaturas de até 800°C, com uma temperatura

<sup>41</sup> Ver a sessão III.J para detalhes sobre precauções de segurança para trabalhadores.

<sup>42</sup> A primeira unidade em larga escala de dessorção térmica para o tratamento de resíduos contendo mercúrio foi construída para a recuperação da Fábrica Química Marktredwitz (CFM) em Wölsau, Alemanha. A operação começou em outubro de 1993, incluindo a primeira fase de otimização. Cerca de 50.000 toneladas de resíduos sólidos contaminados foram tratadas com sucesso entre agosto de 1993 e junho de 1996. Unidades de dessorção térmica também foram usadas para descontaminar a antiga instalação cloro-álcali em Usti nad Labem na República Tcheca e descontaminar o solo em Taipei (Chang and Yen, 2006).

inicial de ao menos 356°C para causar a evaporação do mercúrio nos resíduos. Os resíduos de entrada são movidos igualmente no forno rotativo. The required residence time of the waste in the rotary kiln depends on the input material but is usually between 0.5-1.5 hours O tempo de retenção exigido para o tratamento é realizado sob pressão baixa para garantir que o sistema opere com segurança. Caso necessário, nitrogênio é adicionado para criar uma atmosfera inerte no forno rotativo para maior segurança. O fluxo de ar exausto do forno rotativo flui para dois purificadores de gás por meio de um filtro de poeira no qual mercúrio, água e hidrocarbonetos são condensados. O gás de exaustão é então alimentado em um sistema de filtragem de carbono ativado para limpeza final.<sup>43</sup>

20. Resíduos pré-tratados, como pó de mercúrio-fósforo em lâmpadas fluorescentes, vidro esmagado de lâmpadas, baterias com adição de mercúrio limpas, lamas de esgoto desaguadas e terra que passou por triagem, podem ser tratados em unidades de torrefação/replicação equipadas com tecnologia de coleta de vapor de mercúrio por meio da qual o mercúrio pode ser recuperado. No entanto, deve ser observado que metais voláteis, incluindo mercúrio e substâncias orgânicas (incluindo poluentes orgânicos persistentes), são emitidos durante a torrefação e outros tratamentos térmicos e são transferidos dos resíduos de entrada para tanto o efluente gasoso resultante quanto para cinzas voláteis. Portanto, dispositivos de tratamento de efluente gasoso devem ser usados para capturar poluentes volatilizados e prevenir que os poluentes sejam emitidos no meio ambiente (ver a subseção III.H.1 abaixo).

21. O processamento térmico a vácuo permite o tratamento de termômetros, baterias (células de botão em particular), amálgamas dentárias, interruptores e retransmissores elétricos, pó fluorescente, tubos de exaustão, vidro esmagado, terras, lamas, resíduos de mineração, e materiais de catalisador, entre outros. O processo térmico a vácuo geralmente inclui os seguintes estágios:

- (a) Aquecimento dos resíduos de entrada em um forno especial ou em uma operação de carregamento a temperaturas entre 340 °C e 650 °C e pressões de algumas milibars, para que o mercúrio contido nos resíduos evapore;
- (b) Aplicação de pós-tratamento térmico ao vapor contendo mercúrio em temperaturas entre 800°C e 1000°C, onde, por exemplo, compostos orgânicos podem ser destruídos;
- (c) Coleta e arrefecimento de vapores contendo mercúrio;
- (d) Uso de destilação para gerar mercúrio líquido puro.

22. Os resíduos que permanecem ao fim do processo térmico a vácuo são essencialmente livres de mercúrio e são reciclados ou descartados dependendo de sua composição.<sup>44</sup>

## (ii) Oxidação química

23. A oxidação química de mercúrio e compostos organomercuriais em resíduos é realizada para converter o mercúrio em sais de mercúrio e destruir os compostos organomercuriais. A oxidação química é um método eficiente para tratar resíduos líquidos e aquosos, como chorume e rejeitos, contendo ou contaminados por mercúrio. Agentes oxidantes usados no processo de oxidação química incluem hipoclorito de sódio, ozônio, peróxido de hidrogênio, dióxido de cloro, e cloro livre (gás). A oxidação química pode ser conduzida como um processo contínuo ou por fornada em tanques de mistura ou reatores de fluxo em pistão. Compostos de halogeneto de mercúrio formados no processo de oxidação são separados da matriz de resíduos, tratados e enviados para tratamento subsequente como lixiviação ácida e precipitação (EPA, 2007a).

## (iii) Precipitação química

24. A precipitação usa químicos para transformar contaminantes dissolvidos em sólidos insolúveis que podem precipitar ou serem removidos por floculação ou filtração. Na co-precipitação o contaminante pode ser em forma dissolvida, coloidal ou suspensa. Contaminantes dissolvidos não precipitam, mas são adsorvidos em outras espécies que são precipitadas. Contaminantes coloidais ou suspensos se tornam enredados com outras espécies precipitadas ou são removidos por meio de processos como coagulação e floculação. Processos para remoção de mercúrio de águas residuais podem incluir uma combinação de precipitação e co-precipitação. O sólido precipitado/co-precipitado é então removido da fase líquida por meio de clarificação ou

<sup>43</sup> Ver <http://www.nqr-online.de/index.php?id=17348&L=1>.

<sup>44</sup> Ver [www.gmr-leipzig.de/gbverfahren.htm](http://www.gmr-leipzig.de/gbverfahren.htm).

filtração. Informações mais detalhadas podem ser encontradas no relatório intitulado “Tecnologias de tratamento para mercúrio em terras, resíduos e água (EPA, 2007b).

**(iv) Tratamento de adsorção**

25. Materiais de adsorção mantêm o mercúrio em suas superfícies por meio de vários tipos de forças químicas como ligações de hidrogênio, interações dipolo-dipolo e forças van der Waals. A capacidade de adsorção é afetada pela área de superfície, distribuição do tamanho de poros e química da superfície. Materiais de adsorção costumam ser colocados em uma coluna, por meio da qual passam o mercúrio ou compostos de mercúrio adsorvidos como resíduos líquidos. A coluna deve ser regenerada ou substituída com novo meio quando as áreas de adsorção são preenchidas (EPA, 2007b). O adsorvente gasto resultante é resíduo de mercúrio.

26. Exemplos de materiais de adsorção incluem carbono ativado e zeólito. O carbono ativado é um material carbônico que tem várias aberturas finas interconectadas e tipicamente tem base amadeirada (cascas de coco e serragem), oleosa ou de carvão. Ele pode ser classificado, com base em sua forma, em carbono ativado em pó ou carbono ativado granular. Vários produtos de carbono ativado estão comercialmente disponíveis, oferecendo as vantagens específicas de seus materiais individuais. Mercúrio e outros metais pesados, bem como substâncias orgânicas, são adsorvidas por carbono ativado (Bansal, 2005). Zeólitos são minerais silicatos que ocorrem naturalmente, mas também podem ser produzidos sinteticamente. Zeólitos, especialmente clinoptilolite, têm forte afinidade com íons de metais pesados onde o mecanismo de adsorção é uma troca iônica (Chojnacki et al., 2004). Resinas de troca iônica se provaram úteis na remoção de mercúrio de fluxos aquosos, particularmente em concentrações de mercúrio na ordem dos 1 µg/L a 10 µg/L. Aplicações de troca iônica normalmente servem para tratar sais mercúrios, como cloretos mercuriais, que são encontrados em águas residuais. O processo de troca iônica envolve a suspensão de um meio, que pode ser uma resina sintética ou mineral, em uma solução onde metais iônicos suspensos são trocados no meio. A resina de troca de ânions pode ser regenerada com soluções ácidas fortes, mas isso é difícil já que os sais de mercúrio não estão altamente ionizados e não são facilmente eliminados da resina. A resina, portanto, deve ser descartada. Além disso, compostos orgânicos de mercúrio não ionizam, portanto o processo de adsorção costuma ser irreversível e a resina deve ser descartada como resíduo perigoso em uma instalação de descarte que não leve a recuperação (Amuda, 2010).

**(v) Destilação de mercúrio – purificação**

27. Após o tratamento de resíduos, o mercúrio coletado é purificado por meio de destilação sucessiva (EPA, 2000). Mercúrio de alta pureza é produzido pela destilação por meio de vários estágios, cada estágio permitindo que um grau mais alto de pureza seja atingido. Mercúrio de alta pureza é necessário para vários usos do mercúrio, ou caso esse mercúrio esteja destinado para armazenamento por vários anos, já que a alta pureza auxiliará a prevenir reações químicas entre o recipiente e impurezas.

**2. Operações que não levam a recuperação do mercúrio ou dos compostos de mercúrio**

28. Antes dos resíduos de mercúrio passarem pelo descarte final de acordo com as operações D5 e D12, eles devem ser tratados para cumprirem com os critérios de aceitação das instalações de descarte (ver a subseção III.G.2 (b) e (c) abaixo). Resíduos consistindo de mercúrio ou compostos de mercúrio devem ser estabilizados e/ou solidificados antes do descarte final e o descarte final deve ser realizado de acordo com leis e regulamentações nacionais e locais. É observado que vários métodos de descarte final estão sendo desenvolvidos atualmente, e.g., os métodos referidos nos parágrafos 198 e 203. As operações de tratamento anteriores às operações D5 e D12 se enquadram na operação D9 (ver a subseção III.G.2 (a) abaixo).

**(a) Tratamento físico-químico**

**(i) Estabilização e solidificação**

29. Processos de estabilização incluem reações químicas que podem mudar as características perigosas dos resíduos ao reduzir a mobilidade e, por vezes, a toxicidade dos constituintes dos resíduos. Processos de solidificação modificam apenas o estado físico dos resíduos (e.g., convertendo um líquido em um sólido) por meio do uso de aditivos sem modificar as propriedades químicas dos resíduos (Comissão Europeia, 2003).

30. S/S é aplicada, por exemplo, em resíduos consistindo de mercúrio ou compostos de mercúrio e resíduos contaminados por mercúrio como terras, lamas, cinzas e líquidos. S/S reduz a mobilidade dos contaminantes no meio ao liga-los fisicamente dentro de uma massa

estabilizada ou induzindo reações químicas que podem reduzir sua solubilidade ou volatilidade, ou ambos, reduzindo, portanto, sua mobilidade (EPA, 2007b). Nos EUA, apenas resíduos de mercúrio de baixa concentração (aqueles com conteúdo de mercúrio abaixo dos 260 mg/kg) podem passar por estabilização, após a qual eles podem ser aterrados.

31. A estabilização induz reações químicas entre um agente estabilizador e contaminantes de resíduos para reduzir a mobilidade dos contaminantes, e a solidificação envolve ligar ou anexar quimicamente os contaminantes em uma massa estabilizada. A solidificação é usada para encapsular ou absorver resíduos, e forma um material sólido quando líquidos livres que não sejam mercúrio estão presentes nos resíduos. Resíduos podem ser encapsulados de duas formas: microencapsulação e macroencapsulação. A microencapsulação é o processo de misturar os resíduos com um material de revestimento antes da solidificação ocorrer. A Macroencapsulação se refere ao processo de despejar um material de revestimento por cima e em volta de uma massa de resíduos, juntando-a, portanto, em um bloco sólido (EPA, 2007b).

32. Falando de forma geral, o processo de solidificação envolve a mistura de terra ou resíduos com aglutinantes como cimento Portland, cimento polimérico de enxofre (SPC), aglutinantes de sulfeto ou fosfato, poeira de forno de cimento, resinas de poliéster ou compostos de polissiloxano para criar uma polpa, pasta ou outro tipo de substância semi-líquida, que é então curada em forma sólida por um período de tempo (EPA, 2007b).

33. Existem duas principais abordagens químicas ao processo de solidificação que podem ser aplicadas a resíduos de mercúrio (Hagemann, 2009):

- (a) Conversão química em sulfeto de mercúrio; e
- (b) Amalgamação (formação de uma liga sólida com metais adequados).

34. Em ambas as abordagens, o risco de volatilidade e lixiabilidade podem ser reduzidos a um nível aceitável caso o índice de conversão para sulfeto de mercúrio (porcentagem de mercúrio reagido) atinja quase 100%. Caso um índice suficientemente alto não seja atingido a probabilidade de volatilidade e lixiabilidade do mercúrio permanece alta, como é o caso com amálgamas (Mattus, 1999).

35. Apesar de tecnologias adequadas para estabilização e solidificação de resíduos consistindo em mercúrio poderem reduzir emissões de mercúrio ao meio ambiente, a eficiência a longo prazo dessas tecnologias não foi suficientemente estudada. Portanto, a coleta e análise de informações e dados sobre essa eficiência são necessárias.

### **Estabilização como sulfeto de mercúrio**

36. Uma das abordagens mais importantes e bem investigadas à estabilização é a conversão de mercúrio em sulfeto de mercúrio (HgS), que é bem menos solúvel e tem menor volatilidade do que a maioria dos compostos de mercúrio e é, portanto, menos móvel no meio ambiente. O mercúrio é misturado com enxofre elementar ou outras substâncias contendo enxofre para formar HgS. A produção de HgS pode resultar em dois tipos diferentes de HgS, alfa-HgS (cinábrio) and beta-HgS (meta-cinábrio). Alfa-HgS puro é de cor vermelha intensa e tem solubilidade aquosa um pouco menor se comparado ao beta-HgS, que tem cor vermelha. HgS é um pó de densidade 2.5-3 g/cm<sup>3</sup>.

37. HgS pode ser produzido por meio da mistura de mercúrio e enxofre em condições ambientes por um certo período de tempo, até que o HgS seja produzido. Para começar o processo de reação, uma certa energia de ativação é necessária e pode ser fornecida pela mixagem vigorosa da mistura. Entre outros fatores, taxas altas de ruptura e temperaturas altas durante o processo incentivam a produção de alfa-HgS, enquanto um tempo maior de processamento favorece a criação de beta-HgS. Moagem excessivamente longa na presença de oxigênio pode levar à produção de óxido de mercúrio (II) (HgO). Como HgO tem solubilidade aquosa mais alta do que HgS, sua criação deve ser evitada por meio da moagem sob condições atmosféricas inertes ou por meio da adição de um antioxidante (e.g. sulfeto de sódio). Como a reação entre mercúrio e enxofre é exotérmica, uma atmosfera inerte também contribui para a segurança da operação. O processo de conversão é robusto e relativamente simples, mas controles rígidos são necessários para prevenir as perdas voláteis de mercúrio durante a conversão. Além disso, resíduos de tratamento devem ser testados para garantir a completude da conversão para sulfeto de mercúrio.

38. Sulfeto de mercúrio também pode ser formado por meio da criação de uma reação entre mercúrio e enxofre na fase de vapor. A reação do mercúrio com o enxofre em um recipiente fechado a temperatura e pressão elevadas também podem formar a forma cinábrio alfa

de sulfeto de mercúrio (Patente dos Estados Unidos: US 7691361 B1, 10 de abril, 2010). Esse processo está sendo desenvolvido nos EUA, mas ainda não está comercialmente disponível.

39. O HgS é altamente insolúvel em água e tem volatilidade muito baixa. Apesar do HgS ser extremamente estável e não reativo quimicamente, a exposição a condições ambientais normais resultará na sua conversão em outros compostos de mercúrio ao longo do tempo. O isolamento do HgS do meio ambiente por meio de encapsulação e descarte em um aterro especialmente projetado ou armazenamento subterrâneo permanente pode, portanto, ser necessário para garantir que ele não se converta em outros compostos de mercúrio. Além disso, o fato de que matéria orgânica dissolvida e altas concentrações de cloreto em lixiviados aumentam emissões provenientes do HgS (Waples et al., 2005; Science Applications International Corporation, 2002) sugere que o mercúrio convertido em HgS deve ser descartado de maneira a garantir que os resíduos não tenham contato com água ou outros tipos de resíduos, especialmente os que contêm matéria orgânica e cloreto. E mais, como os microrganismos habitantes de sistemas de drenagem de minas ácidas, que são dominados por bactérias Fe-oxidantes e S-oxidantes, no microcosmo com metacínabrio (beta-HgS) aumentam as concentrações de Hg dissolvido (Jew et al, 2014), a exclusão, ou ao menos a inibição da influência desses microrganismos em aterros especialmente projetados e armazenamento subterrâneo permanente podem ser exigidas para o descarte de mercúrio tratado com HgS.

40. Como se trata de um material em forma de pó fino, o manejo de HgS está sujeito a exigências específicas, incluindo estabilização, para evitar, por exemplo, o risco de emissão de poeiras. O processo de estabilização leva a um aumento de volume de aproximadamente 300% e um aumento de peso de aproximadamente 16 por cento, com base no peso molecular comparado do mercúrio. Para a solidificação de sulfeto de mercúrio, materiais com conteúdo alcali baixo devem ser usados, já que um estudo recente indica que emissão de mercúrio de sulfeto de mercúrio aumenta quando o valor do pH do eluato excede 10 (Mizutani et al., 2010).

41. Um processo de estabilização em larga escala para resíduos consistindo em mercúrio que usa enxofre para formar HgS também está disponível<sup>45</sup>. O processo ocorre em um misturador a vácuo operado em uma atmosfera a vácuo inerte que garante bom controle e operação segura do processo. O misturador é operado em fornadas. Um filtro de poeira e um filtro de carbono ativado previnem emissões da instalação. A reação entre mercúrio e enxofre ocorre em nível estequiométrico. O produto resultante consiste em sulfeto de mercúrio vermelho. O produto resultante é termodinamicamente estável até 350°C.

#### **Estabilização e solidificação de polímero de enxofre (SPSS)<sup>46, 47</sup>**

42. O processo de estabilização e solidificação de polímero de enxofre (SPSS)<sup>48</sup> envolve a estabilização do enxofre seguida pela solidificação, com a vantagem de uma menor chance de vaporização de mercúrio e lixiviado, pois, o produto final é monolítico com uma área de superfície baixa. O processo envolve duas etapas: na primeira etapa, o mercúrio é estabilizado com enxofre para formar beta-HgS (pó meta-cinábrio) (López et al, 2010; López-Delgado et al, 2012); na segunda, o beta-HgS é incorporado e microencapsulado em uma matriz de enxofre polimérico a 135°C para obtenção de um fluido que é arrefecido para temperatura ambiente, em moldes, para obter blocos sólidos (monólitos). A segunda etapa é a criação de uma barreira para prevenir emissões de mercúrio ao ambiente, minimizando, portanto, a possibilidade do HgS se converter em outras formas de mercúrio ao reduzir seu contato com o meio ambiente. O processo SPSS consome pouca energia, envolve baixas emissões de mercúrio, não exige água, não têm efluentes e não gera resíduos sem ser HgS. Controles devem ser realizados para prevenir emissões de mercúrio e para garantir condições seguras para trabalhadores e para o ambiente, incluindo controles de engenharia para prevenir possíveis incêndios e explosões.

43. Uma carga Hg relativamente alta do monólito (cerca de 70%) pode ser atingida com esse processo. O processo é robusto e relativamente simples e seu produto final é altamente insolúvel na água e tem alta resistência a ambientes corrosivos, é resistente a ciclos de

<sup>45</sup> Ver <http://www.nqr-online.de/index.php?id=17348&L=1>.

<sup>46</sup> Essa seção contém informações fornecidas pelo Centro Tecnológico Nacional de Descontaminação de Mercúrio. This section contains information provided by the National Technological Centre for Mercury Decontamination (CTNDM) (Espanha). Para maiores informações, favor entrar em contato com: [info@ctndm.es](mailto:info@ctndm.es) ou visitar: <http://www.ctndm.es>.

<sup>47</sup> Existe uma definição padrão para cimento de polímero de enxofre em ASTM C1159-98.

<sup>48</sup> O projeto de uma instalação industrial na Espanha para desenvolver esse processo já foi desenvolvido e o orçamento para sua construção foi aprovado; a disponibilidade comercial dessa instalação é esperada para o fim de 2015.

congelamento/descongelamento e tem alta força mecânica. A tecnologia SPSS pode ser diretamente aplicada a resíduos consistindo em mercúrio com diferentes graus de pureza, sem a necessidade de destilação prévia, e a uma grande variedade de resíduos contendo mercúrio sem necessitar do tratamento prévio desses resíduos (López et al., 2010, López-Delgado et al., 2012, López et al., 2015). Todos os produtos finais microencapsulados (de mercúrio metálico, resíduos de zinco, resíduos de alumínio e poeiras de lâmpadas fluorescentes) são sólidos compactos que tem estabilidade e resistência similar ao concreto. O processo SPSS garante, portanto, a imobilização completa do mercúrio, o tornando impermeável e de porosidade extremamente baixa, minimizando assim o risco de emissões de mercúrio ao meio ambiente. Os produtos finais são blocos monolíticos rígidos, cujo formato pode ser adaptado para facilitar o transporte.

44. Amostras de monólitos (de 40 x 40 x 160 mm) tiveram lixiviação testada de acordo com os padrões europeus TS 14405 (CEN, 2004) e EN-12457-4 (CEN, 2002a), com testes envolvendo uma avaliação de percolação de fluxo dinâmico em monólitos encapsulados e uma avaliação de lixiviação por agitação em materiais granulares obtidos por meio do esmagamento de monólitos. Todas as concentrações de mercúrio encontradas nos lixiviados, para um índice líquido/sólido de 10 l/kg, foram <0.01 mg/kg, portanto os monólitos cumpriram com os critérios da União Europeia para a aceitação de resíduos em aterros para resíduos inertes (<0.01 mg/kg, conforme a decisão 2003/33/EC do Conselho, estabelecendo critérios e procedimentos para a aceitação de resíduos em aterros (União Europeia, 2003).

45. Outro exemplo de uma tecnologia similar é a solidificação de beta-HgS com enxofre modificado. O primeiro passo é formar beta-HgS por meio da mistura de mercúrio com uma pureza de 99.9% ou mais com pó de enxofre, e o segundo passo envolve a solidificação do beta-HgS com enxofre modificado por meio da mistura das duas substâncias por uma hora e o aquecimento subsequente da mistura a 130°C por uma hora. Resultados de um teste de lixiviação japonês (JLT-13) de sulfeto de mercúrio solidificado mostram que os índices de lixiviação do produto variam entre 0.0009 e 0.0018 mg/L, o que é abaixo do padrão do teste de eluição (0.005 mg/L) (Comitê sobre a consideração do gerenciamento ambientalmente seguro de resíduos de mercúrio, 2014).

#### **Estabilização e solidificação com micro-cimentos de enxofre<sup>49</sup>**

46. O tratamento de resíduos de mercúrio com micro-cimentos de enxofre é uma outra tecnologia de solidificação e estabilização. A aplicação dos resultados da tecnologia em uma matriz sólida garante o confinamento do mercúrio devido à sua precipitação na forma de óxidos, hidróxidos e sulfetos altamente insolúveis. A tecnologia está comercialmente disponível e foi testada em resíduos com baixos níveis de contaminação de mercúrio ( $Hg \leq 2$  por cento por peso).

47. Uma vez que o material contaminado a ser tratado é caracterizado, a quantidade e tipo de micro-cimento adequada para a aplicação é determinada. Micro-cimentos devem ter as seguintes características para que um nível adequado de estabilização e micro-encapsulação do mercúrio contido em materiais contaminados possa ser atingido:

- (a) Devem ser inorgânicos e todas as partículas devem ser menores que um certo tamanho (alguns microns);
- (b) Devem conter componentes estabilizadores de mercúrio, como sulfetos alcali;
- (c) Devem ter propriedades mecânicas extremamente altas, para que a volatilização e a lixiviação de mercúrio possam ser evitadas;
- (d) Devem ter um percentual de escória de forno de explosão acima de 60%, e um conteúdo de componente C3A de clínquer Portland abaixo dos 3% e um conteúdo alcali abaixo dos 0,6%.

48. O processo envolve a mistura de resíduos contaminados por mercúrio com o microcimento enxofre selecionado e com água; a mistura é então descarregada no molde selecionado e maturada por um período de 24 a 48 horas em áreas a prova d'água e a prova de vazamentos. O produto final pode tomar diferentes formas; as com menor quantidade de superfícies expostas, como grandes blocos cúbicos, são recomendadas para os resíduos mais contaminados.

1. A tecnologia de tratamento de microcimento de enxofre foi testada em, entre outros, resíduos contendo mercúrio obtidos da dragagem de lamas contaminadas da barragem Flix em Tarragona,

<sup>49</sup> Essa seção contém informações fornecidas pelo Cement International Technologies S.L. Para maiores informações, contactar: [info@cementinternationaltechnologies.com](mailto:info@cementinternationaltechnologies.com), ou consultar: <http://www.cemintech.com>.

Espanha. Os produtos finais garantem um alto nível de força e durabilidade e permitem o manejo e transporte seguros, os valores de lixiviação segundo testes de acordo com o padrão EN 12457-4 (European Committee for Standardization (2002a) com o índice sólido/água de 10/1 são abaixo de 0,003 mg/kg, bem abaixo dos critérios de aceitação da União Europeia para aterros de resíduos sólidos inertes (<0.01 mg/kg, as per Decision 2003/33/EC). É um produto inerte e tem alta força e durabilidade permitindo manejo e transporte mecânico seguros.

### **Amalgamação**

2. Amalgamação é a dissolução e solidificação de mercúrio em outros metais como cobre, níquel, zinco e estanho, resultando em um produto sólido, não volátil. É um subconjunto de tecnologias de solidificação. Dois processos genéricos são usados para amalgamar mercúrio em resíduos: substituição aquosa e não aquosa. O processo aquoso envolve a mistura de um material base finamente dividido, como zinco ou cobre, em águas residuais que contenham sais de mercúrio dissolvidos; o metal de base reduz sais mercuriais ou mercúricos em mercúrio, que dissolve no metal para formar uma liga metálica sólida com base em mercúrio chamada de amálgama. O processo não aquoso envolve a mistura de pós metálicos finos em resíduos de mercúrio formando uma amálgama solidificada. O processo de substituição aquosa é aplicável tanto a sais de mercúrio quanto a mercúrio, enquanto o processo não aquoso é aplicado apenas ao mercúrio. No entanto, mercúrio na amálgama resultante é tipicamente usado em combinação com uma tecnologia de encapsulação, apesar de existirem preocupações com relação a volatilização e lixiviação que demonstram que essa opção não deve ser priorizada para tratar resíduos consistindo em mercúrio (EPA 2007b).

#### **(ii) Enxágue de terras e extração ácida**

3. Enxágue de terras é um tratamento *ex situ* de terras e sedimentos contaminados com mercúrio. É um processo com base em água que usa uma combinação de separação física de partículas e separação química com base aquosa para reduzir as concentrações de contaminação na terra. O processo é baseado no conceito de que a maioria dos contaminantes tendem a se ligar às partículas mais finas da terra (argila e lodo) e não às partículas maiores (areia e cascalho). Métodos físicos podem ser usados para separar as partículas maiores relativamente limpas das partículas mais finas, pois as partículas mais finas estão ligadas às partículas maiores por meio de processos físicos (compactação e adesão). Esse processo concentra assim a contaminação ligada às partículas mais finas para tratamento adicional. A extração ácida também é uma tecnologia *ex situ* que usa um químico de extração, como ácido clorídrico ou ácido sulfúrico para extrair contaminantes de uma matriz sólida os dissolvendo no ácido. Os contaminantes metálicos são recuperados da solução ácida de lixiviação usando técnicas como eletrólise de fase aquosa. Informações mais detalhadas podem ser encontradas em “Tecnologias de tratamento para mercúrio em terras, resíduos e água” (EPA 2007b).

#### **(b) Descarte em aterros especialmente projetados**

4. Resíduos contaminados com mercúrio ou compostos de mercúrio que cumpram com os critérios de aceitação para aterros especialmente projetados, conforme definido por regulamentações nacionais ou locais, podem ser descartados em aterros especialmente projetados.

5. Resíduos contendo mercúrio ou compostos de mercúrio<sup>50</sup> que resultem da estabilização e solidificação de resíduos consistindo em mercúrio ou compostos de mercúrio que cumpram com os critérios de aceitação para aterros especialmente projetados, conforme definidos por regulamentações nacionais ou locais, podem ser descartados nesses aterros. Medidas adicionais devem ser tomadas nesses aterros para minimizar emissões e metilação de mercúrio, por exemplo, por meio da prevenção de fluxos de águas da chuva ou águas subterrâneas, a proibição da mistura de diferentes tipos de resíduos no local do aterro, a manutenção de registros de quantidades de resíduos e áreas aterradas, a coleta de lixiviados e o monitoramento a longo prazo de emissões de mercúrio e metilmercúrio de áreas de aterro, e.g., no ar e em águas subterrâneas.

6. Algumas jurisdições definiram critérios de aceitação de aterros para resíduos contaminados com mercúrio ou compostos de mercúrio. Sob a legislação da União Europeia, apenas resíduos com limites de lixiviação de 0.2 e 2 mg Hg/kg de substâncias secas em um índice líquido-sólido de 10 l/kg podem ser aceitos em aterros para resíduos não perigosos e perigosos, respectivamente. Sob as regulamentações de tratamento de resíduos de mercúrio dos EUA,

<sup>50</sup>Resíduos de produtos com adição de mercúrio devem ser tratados para remover ou recuperar o mercúrio. Esse tratamento produzirá resíduos consistindo em mercúrio ou compostos de mercúrio e resíduos contaminados com mercúrio ou compostos de mercúrio.

apenas resíduos com baixa concentração de mercúrio podem ser tratados e aterrados (resíduos com alta concentração devem ser replicados para recuperação de mercúrio). Resíduos de mercúrio tratados devem lixiviar menos de 0.025 mg/l de mercúrio (de acordo com testes TCLP) para serem aceitos para descarte em aterros. Sob a legislação Japonesa, resíduos tratados com concentração de mercúrio igual ou menor que 0.005 mg/l (Método de Teste de Lixiviação: Teste Japonês Padronizado de Lixiviação No. 13 (JLT-13) (Ministério do Meio Ambiente Notificação No. 13) podem ser aceitos em aterros para resíduos industriais (tipo com controle de lixiviação) e resíduos com concentração de mercúrio em excesso de 0.005mg/L devem ser descartados em aterros para resíduos industriais perigosos (tipo isolado) (ver a figura 6) (Ministério do Meio Ambiente do Japão, 2007b). Além disso, o descarte de certos resíduos de mercúrio em aterros está banido em alguns países.

7. Quando resíduos contendo mercúrio ou compostos de mercúrio que resultam da estabilização e solidificação (S/S) de resíduos consistindo em mercúrio ou compostos de mercúrio são descartados em um aterro especialmente projetado, consideração especial deve ser dada à combinação de métodos S/S e métodos para o descarte final desses resíduos. Sulfeto de mercúrio é termicamente decomposto em temperaturas de fogo e pode ser oxidado por oxigênio atmosférico em temperaturas de aproximadamente 250-300°C em mercúrio gasoso e dióxido de enxofre. O selamento de superfície de um aterro pode ser permeado por ar a longo prazo. Sulfeto de mercúrio pode então entrar em contato com oxigênio atmosférico e se tornar oxidado em mercúrio e sulfato. A formação de metilmercúrio pode ocorrer sob certas condições geoquímicas. Tanto mercúrio gasoso quanto metilmercúrio podem ser emitidos para fora do aterro via circuito de gás (gás do aterro) (German Federal Environment Agency, 2014).

8. Além da prevenção de incêndios, métodos para a estabilização e solidificação de resíduos consistindo em mercúrio ou compostos de mercúrio bem como a estrutura e selagem do aterro que os aceitar devem responder ao mecanismo referido no parágrafo anterior para garantir que emissões dos resíduos descartados sejam minimizadas.

9. Como uma opção para o descarte de resíduos consistindo em mercúrio, o Japão identificou tratamentos específicos e tipos de aterros que podem ser combinados para descartar esses resíduos, nominalmente: 1) estabilização de mercúrio como sulfeto de mercúrio (HgS), seguida de solidificação (e.g., por meio do uso de enxofre modificado conforme descrito no parágrafo 206) e descarte em um tipo especial de aterro para resíduos industriais, com medidas adicionais tomadas para minimizar emissões e metilização do mercúrio, por exemplo, por meio da prevenção de fluxos de águas da chuva ou águas subterrâneas, a proibição da mistura de diferentes tipos de resíduos no local do aterro e a manutenção de registros de quantidades de resíduos e áreas aterradas; e 2) estabilização de mercúrio como HgS seguida pela solidificação e descarte em um tipo isolado de aterro para resíduos perigosos industriais (ver a figura 6). Maiores especificações sobre essas combinações serão determinadas com base em experimentos e estudos adicionais (Ministério do Meio Ambiente do Japão, 2015).

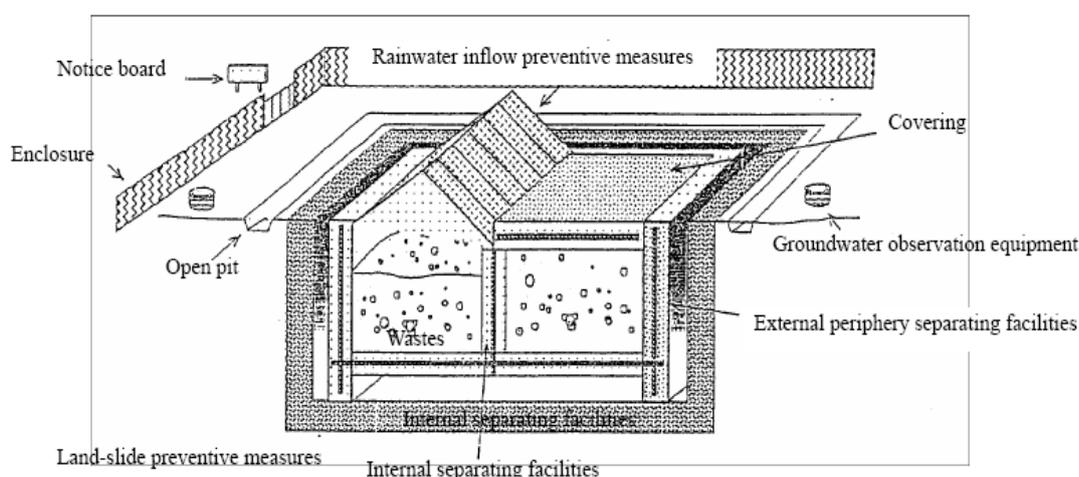
10. Um aterro especialmente projetado é um sistema ambientalmente seguro para descarte de resíduos sólidos e é uma área onde resíduos sólidos são cobertos e isolados um do outro e do meio ambiente. Todos os aspectos de operações de aterros devem ser controlados para garantir a saúde e segurança de todos que vivem e trabalham nas proximidades do aterro (UNEP, 1995b).

11. Em princípio, e por um período definido de tempo, um aterro pode ser projetado para ser ambientalmente seguro contanto que a área seja adequada e precauções adequadas e gerenciamento eficiente sejam realizados. Exigências específicas com relação à localização, design e construção, operações e monitoração devem ser cumpridas em aterros especialmente projetados para prevenir vazamentos e contaminação do meio ambiente. Além disso, controle e supervisão devem ser aplicados aos processos de seleção de localidade e design e construção, operação e monitoramento, e cuidados de desativação e pós-desativação (UNEP, 1995b). Licenças para aterros devem incluir especificações sobre os tipos e concentrações de resíduos a serem aceitos, sistemas de controle e coleta de lixiviado e gás, monitoramento de águas subterrâneas, segurança do aterro, e exigências de desativação e pós-desativação.

12. Atenção especial deve ser prestada com relação a medidas exigidas para proteger águas subterrâneas da infiltração de lixiviado no solo. A proteção do solo, águas subterrâneas e águas de superfície devem ser atingidas por meio de uma combinação de barreira geológica e um sistema de revestimento de fundo durante a fase operacional do aterro e uma combinação de barreira geológica e revestimento de topo durante a desativação e pós-desativação. Um sistema de drenagem e coleta de lixiviados deve ser instalado dentro do aterro para permitir que o lixiviado seja bombeado para a superfície para tratamento anterior à descarga em sistemas de

água. Além disso, procedimentos de monitoramento devem ser estabelecidos para as fases de operação e pós-operação do aterro para que quaisquer efeitos ambientais adversos causados pelo aterro possam ser identificados e medidas corretivas adequadas sejam tomadas. As escolhas do método de desenvolvimento e revestimento do aterro devem ser tomadas considerando a área, a geologia e outros fatores específicos do projeto. Princípios adequados de engenharia geotécnica devem ser aplicados a diferentes aspectos de aterros especialmente projetados, como a construção de diques, declives, células de aterro, estradas e estruturas de drenagem (Concelho Canadense de Ministros do Meio Ambiente, 2006). Por exemplo, áreas de aterro podem ser encapsuladas por concreto a prova d'água e cobertas pelos tipos de equipamentos que previnem fluxo de água da chuva como telhados e sistemas de drenagem de água da chuva (Ver a figura 6) (Ministério do Meio Ambiente do Japão, 2007a). Vários sistemas de revestimento e controle de lixiviação se provaram eficientes sob condições variáveis. As Orientações Técnicas sobre aterros especialmente projetados (D5) da Convenção da Basileia fornecem detalhes sobre alguns exemplos de sistemas de contenção que podem ser considerados caso as condições sejam adequadas (UNEP, 1995b).

**Figura 6:** Exemplo de um aterro especialmente projetado (aterro para resíduos industriais perigosos (tipo isolado) (Ministério do Meio Ambiente do Japão, 2007a)



13. Para maiores informações sobre aterros especialmente projetados, ver as Orientações Técnicas sobre aterros especialmente projetados (D5) da Convenção da Basileia (UNEP, 1995b).

**(c) Descarte em armazenamento permanente (instalações subterrâneas)**

14. Após ser solidificado ou estabilizado, quando adequado, resíduos de mercúrio que cumpram com os critérios de aceitação para armazenamento permanente (operação de descarte D12) podem ser permanentemente estocados em recipientes especiais em áreas designadas em instalações de armazenamento subterrâneas como pedras de sal.

15. A tecnologia para armazenamento subterrâneo é baseada em engenharia de mineração, que usa tecnologias e metodologias para escavar áreas de mineração e construir câmaras de mineração como redes entrelaçadas de pilares.<sup>51</sup> Minas desativadas podem ser usadas para o armazenamento permanente de resíduos solidificados e estabilizados uma vez que eles tenham sido avaliados e especialmente adaptados para esse propósito.

16. Além disso, os princípios e experiência obtidos com o descarte subterrâneo de resíduos radioativos podem ser aplicados ao armazenamento subterrâneo de resíduos de mercúrio. Enquanto a escavação de repositórios subterrâneos profundos pode ser atingida usando tecnologias padronizadas para mineração ou engenharia civil, essas operações podem ser conduzidas apenas quando as localizações são acessíveis (e.g., localizações abaixo da superfície ou perto de costas), unidades de rochas são razoavelmente estáveis e praticamente não existem fluxos de águas subterrâneas, e as profundidades de escavação variam entre 250 m e 1000 m. Em uma profundidade maior que 1000 m, as escavações se tornam cada vez mais tecnicamente difíceis e dispendiosas (World Nuclear Association, 2010).

<sup>51</sup> A Alemanha, por exemplo, tem experiência significativa com armazenamento subterrâneo de resíduos perigosos.

17. As seguintes publicações, entre outras, contêm informações detalhadas sobre armazenamento subterrâneo permanente de resíduos de mercúrio:

(a) União Europeia, 2003. “Safety Assessment for Acceptance of Waste in Underground Storage”, Appendix A to *Council Decision 2003/33/EC of 19 December 2002 establishing criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 1999/31/EC*. Disponível (em inglês) em: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:011:0027:0049:EN:PDF>;

(b) BiPRO, 2010. *Requirements for Facilities and Acceptance Criteria for the Disposal of Metallic Mercury*. Disponível (em inglês) em: [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/bipro\\_study20100416.pdf](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/bipro_study20100416.pdf);

(c) International Atomic Energy Agency, 2009. *Geological Disposal of Radioactive Waste: Technological Implications for Retrievability*. Disponível (em inglês) em: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1378\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1378_web.pdf);

(d) World Nuclear Association, 2010. *Storage and Disposal Options*. Disponível (em inglês) em: <http://www.world-nuclear.org/info/inf04ap2.html>;

(e) Latin America and the Caribbean Mercury Storage Project, 2010. *Options analysis and feasibility study for the long-term storage of mercury in Latin America and the Caribbean*. Disponível (em inglês) em: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/InterimActivities/Partnerships/SupplyandStorage/LACMercuryStorageProject/tabid/3554/language/en-US/Default.aspx>; and

(f) Asia-Pacific Mercury Storage Project, 2010. *Options analysis and feasibility study for the long-term storage of mercury in Asia*. Disponível (em inglês) em: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/InterimActivities/Partnerships/SupplyandStorage/AsiaPacificMercuryStorageProject/tabid/3552/language/en-US/Default.aspx>.

18. Armazenamento permanente em instalações localizadas subterraneamente em minas de sal geologicamente isoladas e formações de rochas rígidas é uma opção para separar resíduos perigosos da biosfera por períodos geológicos de tempo. Avaliações de riscos específica da área de acordo com a legislação nacional pertinente, como as disposições sobre avaliação de segurança para aceitação de resíduos em armazenamentos subterrâneos contidas no apêndice A do anexo da decisão 2003/33/EC do Conselho (União Europeia, 2003) que estabelece critérios e procedimentos para aceitação de resíduos em aterros, devem ser realizadas para quaisquer instalações subterrâneas de armazenamento sendo consideradas.

19. Resíduos devem ser descartados de maneira a (a) excluir quaisquer reações indesejáveis entre diferentes tipos de resíduos e entre resíduos armazenados e revestimentos de armazenamento; e (b) prevenir o armazenamento e o transporte de substâncias perigosas. Autorizações operacionais devem definir os tipos de resíduos que devem ser geralmente excluídos. Resíduos devem ser isolados via uma combinação de barreiras projetadas e barreiras naturais (rochas, sal, argila), também conhecida como abordagem “multicamadas” ao descarte de resíduos. As instalações devem ser checadas ou monitoradas periodicamente para garantir que a contenção continue segura e estável. Esse conceito é geralmente denominado multi-barreiras, com a embalagem dos resíduos o repositório projetado e a geologia todos fornecendo barreiras para prevenir quaisquer vazamentos de mercúrio de alcançarem humanos ou o meio ambiente (BiPRO, 2010; União Europeia, 2003; IAEA, 2009; World Nuclear Association, 2010).

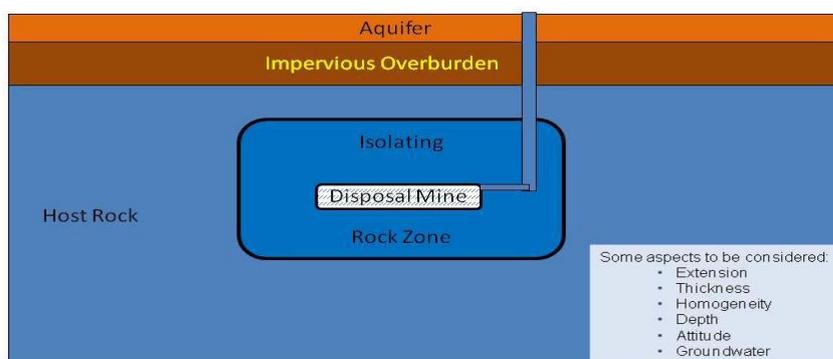
20. Fatores específicos que podem afetar o comportamento de mercúrio nas rochas hospedeiras e formações geológicas usadas para armazenamento permanente, como o layout de instalações de armazenamento, tipos de contenções usadas, localização e condições de armazenamento, monitoramento, condições de acesso, estratégia de fechamento do armazenamento, selagem e preenchimento e profundidade de instalações de armazenamento, necessitam ser considerados separadamente das propriedades dos resíduos a serem armazenados e dos sistemas de armazenamento a serem usados. Rochas hospedeiras potenciais para armazenamento permanente de resíduos de mercúrio incluem rochas de sal e formações de rochas rígidas (rochas vulcânicas como granito, rochas metamórficas, e rochas sedimentares gnaiss como calcário ou arenito). (BiPRO, 2010; União Europeia, 2003; IAEA, 2009; World Nuclear Association, 2010).

21. As seguintes questões devem ser consideradas ao selecionar uma área para armazenamento permanente para o descarte de resíduos de mercúrio:

- (a) Cavernas ou túneis usados para armazenamento devem ser completamente separados de áreas de mineração ativa ou que podem ser reabertas para mineração;
- (b) Caverna ou túneis devem ser localizados em formações geológicas que sejam bem abaixo de zonas onde águas residuais estejam presentes ou em formações que sejam completamente isoladas de zonas contendo água por rochas impermeáveis ou camadas de argila; e
- (c) Cavernas e túneis devem ser localizados em formações geológicas que sejam extremamente estáveis e não em áreas sujeitas a terremotos.

22. Para garantir a inclusão completa de resíduos em áreas permanentes de armazenamento, a mina de descarte e qualquer área em sua proximidade que possa ser afetada (geomecanicamente ou geoquimicamente) por operações de descarte devem ser cercados por uma rocha hospedeira (conhecida como “zona rochosa de isolamento”) de espessura e homogeneidade suficientes, com propriedades e profundidade adequadas (ver a figura 7). Como princípio básico, uma avaliação de riscos a longo prazo deve permitir que as partes provem que a construção e as fases operacionais e pós operacionais de instalações subterrâneas de descarte não levarão a degradação do ambiente. Consequentemente, modelos adequados devem ser usados para analisar e avaliar todas as barreiras técnicas (e.g.,: formas de resíduos, preenchimento, medidas de selagem), o comportamento das rochas hospedeiras e rochas circundantes, formações rochosas em excesso e a sequência de possíveis eventos que possam afetar o sistema como um todo.

**Figura 7:** Conceito de inclusão completa (diagrama esquemático) (cortesia: GRS)



Tradução dos termos da imagem

Aquifer	aquífero
Impervious Overburden	Sobrecarga impenetrável
Isolating	Isolamento
Disposal Mine	Mina de descarte
Rock Zone	Zona rochosa
Host Rock	Rocha hospedeira
Some aspects to be considered	Alguns aspectos a serem considerados
Extension	Extensão
Thickness	Espessura
Homogeneity	Homogeneidade
Depth	Profundidade
Attitude	Atitude
Groundwater	Águas subterrâneas

23. Caso a rocha hospedeira sobre consideração mostre quaisquer deficiências (e.g.: homogeneidade ou espessura insuficientes) o sistema multibarreiras pode compensar pelas

propriedades faltantes ou inadequadas da rocha. Em geral um sistema multibarreiras desse tipo é composto de uma ou várias barreiras adicionais (ver a tabela 6 e a figura 8) que podem ajudar a atingir o objetivo final, i.e., isolar resíduos armazenados por um longo período de tempo da biosfera.

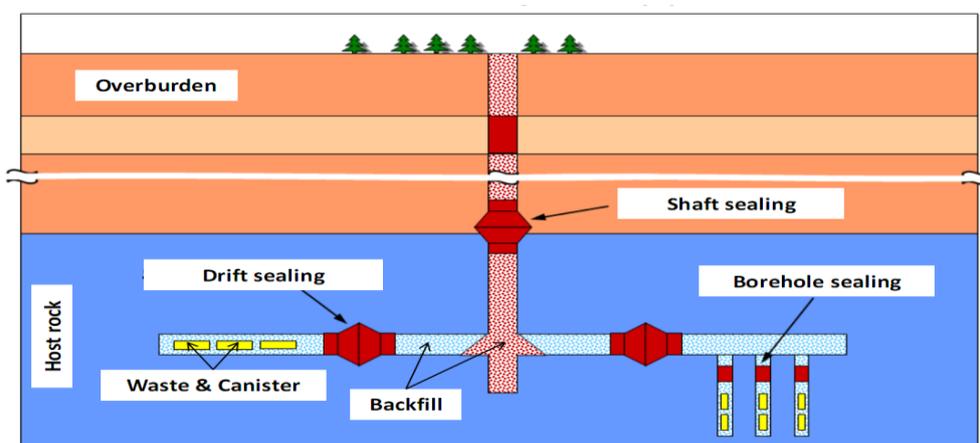
24. Uma avaliação de segurança a longo prazo (ver acima) deve ser conduzida para decidir a necessidade de um sistema multibarreiras, e o modo de ação dos componentes das barreiras dentro do sistema de descarte. Por exemplo, as formações geológicas circundantes a uma mina de descarte (“formações em excesso”) podem ser efetivas em:

- (a) Proteger a rocha hospedeira de quaisquer impedimentos causados por suas propriedades; e/ou
- (b) Fornecer retenção adicional dos contaminantes que podem ser emitidos da mina de descarte sob certas circunstâncias.

**Tabela 6:** Possíveis componentes de um sistema multi-barreiras e exemplos de seus modos de ação

Componente da barreira	Exemplo de modo de ação
Conteúdo de resíduos	Redução da quantidade total de contaminantes a serem descartados
Especificação dos resíduos	Tratamento de resíduos para produzir um contaminante menos solúvel
Recipiente de resíduos	Barreira por um tempo limitado até as barreiras naturais se tornarem eficientes
Medidas de preenchimento	Preenchimento de espaços vazios das minas para melhorar a estabilidade geomecânica e/ou fornecer condições geoquímicas especiais
Medidas de selagem	Selagem por eixo deve fornecer as mesmas propriedades quando as barreiras naturais são alteradas pelo acesso à mina
Rocha hospedeira	Inclusão completa de contaminantes (em casos ideais)
Excesso	Fornecimento de uma barreira natural (geológica) adicional, e.g., por meio de uma barreira de argila com espessura suficiente e propriedades adequadas

**Figura 8:** Principais componentes de um Sistema multi-barreiras e seu layout dentro do sistema (diagrama esquemático) (cortesia: GRS)



25. Em geral, um sistema subterrâneo de descarte incluindo todos os critérios, exigências e layout final descritos acima deve ser projetado de acordo com critérios específicos ao resíduo e a localidade, considerando todas as regulamentações relevantes (e.g., União Europeia, 2003). Para oferecer uma ideia aos leitores da profundidade e espessura dos diferentes tipos de rochas hospedeiras adequadas para armazenamento subterrâneo, a tabela 7 lista dimensões tipicamente aceitáveis baseadas em experiências passadas e planos atuais.

**Tabela 7:** Valores típicos de espessura vertical de rocha hospedeira e profundidade potencial do descarte (Grundfelt et al., 2005)

Geosystem		Thickness of host rock body	Potential disposal depth
Host rock	Variant		
Rock salt	Salt dome	up to > 1,000 m	800 m
Rock salt	Layered salt	app. 100 m	650 – 1,100 m
Clay / Claystone		up to 400 m	400 – 500 m
Rocks under clay cover		app. 100 m	500 – 1,000 m

## Tradução dos termos da imagem

Geosystem	Geosistema
Host rock	Rocha hospedeira
Variant	Variante
Rock salt	Sal gema
Clay/Claystone	Argila/Pedra de argila
Rocks under clay cover	Rochas cobertas por argila
Salt dome	Domo salino
Layared salt	Sal em camadas
Thickness of host rock body	Espessura da rocha hospedeira
Up to	Até
App.	Aprox.

## H. Redução de emissões de mercúrio do tratamento térmico e aterramento de resíduos

### 1. Redução de emissões de mercúrio do tratamento térmico de resíduos

26. Quando possível, produtos com adição de mercúrio não devem ser descartados juntamente com resíduos sólidos municipais (MSW). Coleta separada de resíduos de mercúrio leva a uma redução de cargas gerais de mercúrio em MSW misturado, mas índices de 100% de coleta separada não são atingidos na prática. Como resultado, resíduos contendo ou contaminados por mercúrio ou compostos de mercúrio podem entrar em combustão com MSW e, devido ao seu ponto de ebulição baixo, quase todo o mercúrio nos resíduos pode ser transferido para gases de combustão e, em menor extensão, cinzas de fundo. A maioria do mercúrio nos gases de combustão alimentados em unidades de combustão de resíduos é mercúrio elementar e se transforma em mercúrio divalente após passar pelas unidades, e parte do mercúrio divalente é transferido para cinzas volantes. Presume-se que o mercúrio divalente seja cloreto mercurial; conseqüentemente, dispositivos de tratamento de efluentes gasosos que podem remover cloreto mercurial e mercúrio com eficiência devem ser selecionados. Além disso, resíduos que potencialmente contenham ou estejam contaminados com mercúrio, como resíduos hospitalares mal separados, não devem ser incinerados em incineradores que não possuam dispositivos de tratamento de efluentes gasosos (Arai et al., 1997). Padrões de emissão e efluentes para mercúrio devem ser estabelecidos e níveis de mercúrio para efluente gasoso e águas residuais tratados devem ser monitorados para garantir que emissões de mercúrio ao meio ambiente sejam mantidas em um

mínimo. Essas práticas também devem ser aplicadas em outros processos de tratamentos térmicos de resíduos como instalações de torrefação selada a vácuo.

27. Técnicas primárias para redução da inclusão de mercúrio no fluxo de resíduos incluem as seguintes (Comissão Europeia, 2006):

- (a) Remoção eficiente de produtos com adição de mercúrio do fluxo de mercúrio (e.g., por meio de coleta separada de certos tipos de baterias e amálgamas dentárias (usando separadores de amalgamas) antes de resíduos com adição de mercúrio sejam co-misturados com outros resíduos ou águas residuais;
- (b) Notificação de produtores de resíduos da necessidade de segregar o mercúrio;
- (c) Identificação e/ou restrição de receita de potenciais resíduos de mercúrio; e
- (d) Quando resíduos de mercúrio foram conhecidamente recebidos, controlar a alimentação desses resíduos em sistemas de eliminação para evitar sobrecarregar as capacidades do sistema.

28. Técnicas secundárias para prevenção de emissões de mercúrio no ar provenientes do fluxo de resíduos incluem tratamento de efluentes gasosos. A diretiva sobre emissões industriais da União Europeia (União Europeia, 2010b), que revogou e substituiu a diretiva 2000/76/EC sobre incineração de resíduos, estabelece valores limite de emissões para descargas de águas residuais da limpeza de efluentes gasosos (de resíduos) e valores limites para emissões ao ar para instalações de incineração. Sobre o primeiro, amostras não filtradas não devem conter mais que 0.03 mg/L de mercúrio e seus compostos, expressados como mercúrio (Hg); com relação ao segundo, emissões ao ar não devem exceder 0.05 mg/Nm<sup>3</sup> de mercúrio e seus compostos, expressados como mercúrio (Hg), em um período de amostragem de no mínimo 30 minutos e no máximo oito horas. Sob o Protocolo de 1998 sobre Metais Pesados da Convenção de 1979 da UNECE sobre Poluição Transfronteiriça do Ar a Longa Distância, conforme emendado pela Decisão 2012/5 pelas partes do Protocolo, emissões de mercúrio da incineração de resíduos não deve exceder 0.05 mg/m<sup>3</sup>.

29. A seleção de um processo de controle de efluentes gasosos de mercúrio depende do conteúdo de cloro dos materiais sendo incinerados. Quando o conteúdo de cloro desses materiais é alto, o mercúrio contido no efluente gasoso bruto resultante tenderá a estar na forma oxidada, nesse caso ele pode ser depositado e capturado em purificadores úmidos. Em instalações de incineração para resíduos municipais e perigosos, sob condições operacionais normais, o conteúdo de cloro desses resíduos provavelmente será alto o suficiente para garantir que mercúrio esteja presente principalmente na forma oxidada. Compostos voláteis de mercúrio, como HgCl<sub>2</sub>, condensarão e serão dissolvidos no efluente do purificados quando o efluente gasoso for arrefecido. A adição de reagentes para remoção de mercúrio fornece um meio para remoção de mercúrio do processo. Deve ser observado que, na incineração de lama de esgoto, emissões de mercúrio consistirão principalmente e, mercúrio elementar, devido ao baixo conteúdo de cloro dessa lama se comparado aos resíduos municipais ou perigosos. Consequentemente, atenção especial deve ser prestada com relação à captura dessas emissões. O mercúrio elementar pode ser removido por meio da sua transformação em mercúrio oxidado; isso pode ser feito pela adição de oxidantes ao mercúrio e depósito da mistura resultante em um purificador ou diretamente em carbono ativado dopado com enxofre coque de fornos contínuos, ou zeólitos. A remoção de metais pesados, incluindo mercúrio, de sistemas de purificação úmida pode ser atingida por meio de floculação, um processo no qual hidróxidos metálicos são formados sob a influência de agentes de floculação (polieletrólitos) e FeCl<sub>3</sub>. Para a remoção de mercúrio, conjuntos-complexos e sulfuretos (e.g., Na<sub>2</sub>S e Tri-Mercaptano) são adicionados.

30. A remoção do mercúrio de efluentes gasosos pode ser obtida por meio de adsorção em reagentes de carbono ativado e em sistemas de fluxo arrastado nos quais carbono ativado é injetado no fluxo de gás e filtrado do fluxo de gás com o uso de sacos de filtro. Carbono ativado demonstrou alta eficiência de adsorção para mercúrio, bem como para dioxinas e furanos (PCDD/PCDF). Diferentes tipos de carbono ativado têm diferentes eficiências de adsorção, possivelmente devido à natureza de várias partículas de carbono e a influência exercidas nas partículas por processos de fabricação (Comissão Europeia, 2006). Quase todos os componentes de emissão de efluentes gasosos, especialmente conteúdos residuais de ácido clorídrico, ácido fluorídrico, óxidos de enxofre e metais pesados (incluindo mercúrio), podem ser efetivamente depositados em filtros de leito estático de coque granular de fornos contínuos (HFC), um coque fino de 1.25 mm a 5 mm. O efeito do depósito de HFC é essencialmente baseado em mecanismos de adsorção e filtragem. Em geral, incineradores devem ser equipados com

dispositivos de tratamento de efluentes gasosos para captura de NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, matéria particulada, vapor de mercúrio e mercúrio ligado a partículas como um co-benefício. A injeção de carbono ativado em pó é uma das tecnologias avançadas usadas para remoção de mercúrio em incineradores e usinas de energia movidas à carvão. O mercúrio adsorvido em carbono ativado pode ser estabilizado ou solidificado para descarte (ver a subseção III.G.2 (a) acima).

31. Para a redução de emissões de mercúrio da incineração de resíduos os seguintes documentos fornecem informações técnicas adicionais:

(a) UNECE, 1998 *Heavy Metals Protocol to the Long-range Transboundary Air Pollution* and 2013 *Guidance document on best available techniques for controlling emissions of heavy metals and their compounds from the source categories listed in annex II*. Ambos os documentos estão disponíveis (em inglês) em: <http://www.unece.org/env/treaties/welcome.html>;

(b) UNEP, 2010. *Study on mercury sources and emissions and analysis of cost and effectiveness of control measures: "UNEP Paragraph 29 study"* (doc. UNEP(DTIE)/Hg/INC.2/4). Disponível (em inglês) em: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/Negotiations/INC2/INC2MeetingDocuments/tabid/3484/language/en-US/Default.aspx>;

(c) UNEP, 2002. *Global Mercury Assessment*. Disponível (em inglês) em: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/LinkClick.aspx?fileticket=Kpl4mFj7AJU%3d&tabid=3593&language=en-US>;

(d) Comissão Europeia, 2006. *Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration*. Disponível (em inglês) em: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/wi.html>; and

(e) Legislação Nacional, e.g., European Union Directive 2010/75/EU on Industrial Emissions (União Europeia, 2010a).

(f) Quando um purificador úmido é usado como método de tratamento de efluente gasoso, é essencial que águas residuais do purificador úmido sejam tratadas.

## 2. Redução de emissões de mercúrio provenientes de aterros

32. Para a redução de emissões de mercúrio provenientes de aterros especialmente projetados ver a subseção III.G.2 (b) acima. Os parágrafos seguintes fornecem instruções para a redução de emissões de mercúrio provenientes de aterros municipais de resíduos sólidos.

33. Quando o descarte de resíduos contendo ou contaminados por mercúrio ou compostos de mercúrio em aterros (operação D1) for inevitável, existem três tipos de caminhos por meio dos quais o mercúrio pode ser emitido ao meio ambiente: a face operante do aterro, lixiviação e gases do aterro. As áreas mais importantes de emissão de mercúrio são faces operantes de aterros e ventilação de metano (Lindberg and Price, 1999).

34. Uma cobertura do aterro deve ser aplicada todos os dias para reduzir a emissão direta de mercúrio proveniente de resíduos que foram recentemente adicionados ao aterro (Lindberg and Price, 1999). Incêndios em aterros também podem resultar no aumento das emissões de mercúrio. Para aplicação imediata de cobertura do solo em caso de incêndios, materiais e máquinas para cobertura do solo com o propósito de extinguir incêndios (e.g., caminhão basculante, pá de escavação) devem estar disponíveis.

35. É relatado que emissões de mercúrio por meio de lixiviação são relativamente mínimas se comparadas a emissões via efluente gasoso (Yanase et al., 2009; Takahashi et al., 2004; Lindberg et al., 2001). Mercúrio transferido para lixiviado pode ser removido via coleta e tratamento de lixiviado, como é o caso para águas residuais de purificadores úmidos de incineradores de resíduos.

36. Um sistema de captura de gases de aterros deve ser instalado na área para capturar o vapor de mercúrio e metilmercúrio e, portanto, prevenir sua emissão na atmosfera.

## I. Recuperação de áreas contaminadas

37. Áreas contaminadas por mercúrio são comuns ao redor do mundo e são principalmente o resultado de atividades industriais, mineração primária, incluindo mineração de metais não ferrosos e processamento de minérios; produção de cloro; e a fabricação ou descarte impróprio de produtos com adição de mercúrio. A grande maioria da contaminação em áreas de mineração é resultado de ASGM no qual mercúrio é utilizado, uma atividade que foi majoritariamente abandonada ou está sujeita a controles regulatórios e de engenharia em países desenvolvidos,

mas que continua em países em desenvolvimento. A existência de áreas com solos contaminados por mercúrio e grandes pilhas de mineração e locais com grandes áreas dispersas de contaminação que migraram via cursos de água e outros elementos é o resultado tanto de operações passadas quanto atuais.

38. A Convenção de Minamata contém disposições que exigem o desenvolvimento de orientação técnica detalhada para abordar áreas contaminadas (ver o parágrafo 26 acima).

## 1. Identificação de áreas contaminadas e resposta de emergência

39. A identificação de uma área contaminada por mercúrio que representa perigo à saúde humana ou ao meio ambiente pode ser atingida por meio de:

- (a) Registros identificando atividades industriais passadas ou outras atividades na área;
- (b) Observação visual das condições da área e fontes de contaminação;
- (c) Observação visual de fabricação ou outras operações que usam ou emitem um contaminante especificamente perigoso;
- (d) Observar efeitos adversos em humanos, flora ou fauna possivelmente causados por sua proximidade à área;
- (e) Resultados físicos ou analíticos que indiquem níveis de contaminantes; e
- (f) Relatórios da comunidade às autoridades sobre emissões suspeitas.

40. Áreas contaminadas com mercúrio são similares a outras áreas contaminadas no sentido de que o mercúrio pode atingir os receptores de várias formas. Mercúrio é particularmente problemático devido à sua fase de vapor perigosa, seu baixo nível de efeitos observáveis em animais, e os diferentes níveis de toxicidade de suas diferentes formas (e.g., mercúrio vs. metilmercúrio). O mercúrio também é prontamente detectável usando uma combinação de instrumentos de campo e análises de laboratório. Áreas contaminadas por mercúrio também podem estar contaminadas com outros poluentes. Durante avaliações da área e atividades de reabilitação, todos os poluentes possíveis na área devem ser considerados; a consideração de todos os poluentes possíveis é provavelmente a abordagem mais custo efetiva de tornar a área disponível para uso futuro.

41. A primeira prioridade ao lidar com áreas contaminadas por mercúrio é isolar a contaminação dos receptores para minimizar sua exposição adicional. Nesse sentido, lidar com áreas contaminadas por mercúrio é similar com lidar com outras áreas contaminadas com contaminantes móveis potencialmente tóxicos.

42. Caso a área contaminada por mercúrio seja residencial e relativamente pequena, várias orientações sobre resposta de emergência estão disponíveis no *Mercury Response Guidebook*, da EPA, que foi desenvolvido para abordar derramamentos pequenos e médios de mercúrio em residências (EPA, 2001).

43. Para áreas maiores em países em desenvolvimento contaminadas como resultado de uso informal de mercúrio (e.g., ASGM), o documento *the Protocols for Environmental and Health Assessment of Mercury Released by Artisanal and Small-Scale Gold Miners* (GMP, 2004) fornece recomendações sobre respostas de emergência.

## 2. Remediação ambientalmente segura

44. Os tipos de ação de remediação (i.e., atividades de limpeza) a serem tomadas em áreas contaminadas por mercúrio dependem de vários fatores que definem o tipo da contaminação presente e seus impactos potenciais. Os seguintes fatores devem ser considerados na seleção de tecnologias de tratamento para triagem inicial da área e de técnicas e tecnologias de limpeza:

- (a) Fatores ambientais:
  - (i) Quantidades de mercúrio liberadas durante operações nas áreas;
  - (ii) Origem da contaminação;
  - (iii) Estado químico do mercúrio encontrado na área contaminada;
  - (iv) Número, tamanho e localização de focos de mercúrio que exigem remediação;
  - (v) Para operações de mineração, propriedades do material geológico do qual o mercúrio é minado, incluindo características do solo, etc;

- (vi) Potencial de metilação do mercúrio encontrado na área;
  - (vii) Potencial de lixiviação do mercúrio de meios contaminados (e.g., terras e sedimentos);
  - (viii) Histórico de contaminação de mercúrio (i.e., depósito regional de mercúrio atmosférico não relatado à fontes localizadas);
  - (ix) Mobilidade do mercúrio em sistemas aquáticos;
  - (x) Presença e níveis de outros poluentes, particularmente aqueles que podem ser tratados ou parcialmente tratados por meio dos mesmos métodos usados para tratar mercúrio; e
  - (xi) Padrões Locais/estaduais/federais de limpeza para água, terras e sedimentos, e ar.
- (b) Receptores:
- (i) Biodisponibilidade em biota aquática, invertebrados e plantas comestíveis; e
  - (ii) Concentrações de mercúrio em receptores (humanos, animais e plantas que indiquem exposição ao mercúrio).

45. Uma vez que esses fatores forem analisados, uma análise mais completa das técnicas de remediação adequadas pode ser realizada. Dependendo da severidade, extensão, nível e tipo de contaminação de mercúrio, a presença de outros contaminantes e receptores, um plano de remediação baseado no uso de várias técnicas, ver os documentos *Mercury Contaminated Sites: A Review of Remedial Solutions* (Hinton, 2001) e *Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste, and Water* (EPA, 2007b).<sup>52</sup> Informações sobre casos de remediação estão disponíveis com relação a contaminação de mercúrio na Baía de Minamata, Japão (Minamata City Hall, 2000), e perto de Markredwitz, Alemanha (North Atlantic Treaty Organization Committee on the Challenges of Modern Society, 1998).

## J. Saúde e segurança

46. Empregadores devem garantir que a saúde e a segurança de todos os empregados estejam protegidas. Cada empregador deve obter e manter seguro, sob uma seguradora autorizada, que forneça um nível suficiente de cobertura em caso de responsabilização (compensação) por doenças ou danos corporais sofridos pelos empregados no curso de seu trabalho, de acordo com a lei nacional. Planos de saúde e segurança devem ser preparados em todas as instalações que manejam resíduos de mercúrio para garantir a proteção de todos na instalação e em suas redondezas. Esses planos devem ser desenvolvidos para cada instalação por profissionais da saúde e segurança que tenham experiência no gerenciamento dos riscos de saúde associados ao mercúrio.

47. A proteção dos trabalhadores que estão envolvidos no gerenciamento de resíduos de mercúrio e do público geral pode ser atingida das seguintes maneiras:

- (a) Permitindo o acesso às instalações apenas para pessoas autorizadas;
- (b) Garantindo que limites de exposição ocupacional a substâncias perigosas não sejam excedidos ao garantir que toda a equipe use equipamentos protetivos adequados;
- (c) Garantindo ventilação adequada das instalações para minimizar o risco de exposição a substâncias voláteis ou substâncias que podem ser suspensas; e
- (d) Garantindo que a instalação cumpra com todas as leis nacionais e regionais de saúde e segurança no local de trabalho.

48. Valores para concentrações de mercúrio em água potável e ar ambiente foram estabelecidos pela WHO e são 0.006 mg/L para mercúrio inorgânico e 1 µg/m<sup>3</sup> para vapor inorgânico de mercúrio (WHO, 2006; WHO Regional Office for Europe, 2000). Os governos são encorajados a monitorar o ar e a água para proteger a saúde humana especialmente em proximidade a áreas onde atividades de gerenciamento de resíduos de mercúrio acontecem. Alguns países estabeleceram níveis permissíveis de mercúrio no ambiente de trabalho (e.g.,

<sup>52</sup> Additional information is available on the EPA website, e.g., Mercury Treatment Technologies (available at: [http://www.clu-in.org/contaminantfocus/default.focus/sec/Mercury/cat/Treatment\\_Technologies/](http://www.clu-in.org/contaminantfocus/default.focus/sec/Mercury/cat/Treatment_Technologies/)) and Policies and Guidance (available at: <http://www.epa.gov/superfund/policy/guidance.htm>).

0.025mg/m<sup>3</sup> Hg para mercúrio inorgânico, com a exclusão de sulfeto de mercúrio, e 0.01mg/m<sup>3</sup> Hg para compostos de alquilmercúrio no Japão); operações de gerenciamento de resíduos devem ser conduzidas de modo a satisfazer exigências de níveis permissíveis de mercúrio no ambiente de trabalho, e instalações onde essas operações forem conduzidas devem ser projetadas e operadas de forma a minimizar emissões de mercúrio ao meio ambiente o máximo possível.

49. Atenção especial deve ser prestada a áreas onde produtos com adição de mercúrio são manejados. Dentro do fluxo de resíduos, emissões de mercúrio de produtos com adição de mercúrio podem levar a exposições que representem preocupações de saúde e contribuam com emissões ambientais em vários pontos. Coletores de resíduos, motoristas de caminhões e trabalhadores em estações de transferência podem ser expostos à breves picos de vapor de mercúrio ao manejar produtos com adição de mercúrio. Trabalhadores do gerenciamento de resíduos de mercúrio na “face operacional” de um aterro – a área ativa onde os resíduos são aterrados, espalhados, compactados e enterrados – podem ser repetidamente expostos a vapor de mercúrio. Aqueles envolvidos em operações do setor informal de resíduos podem ser cronicamente expostos. Pontos de ventilação para gás metano gerados por resíduos orgânicos em decomposição são fontes adicionais de emissões e exposição ao mercúrio.

50. Instalações de descarte, especialmente onde operações de recuperação de mercúrio são conduzidas, também representam alto risco de exposição a mercúrio. As principais atividades que apresentam alto risco de exposição incluem o esmagamento de lâmpadas fluorescentes, extração de mercúrio de produtos com adição de mercúrio como termômetros e barômetros, e tratamento térmico de resíduos contendo ou contaminados por mercúrio, e a estabilização e/ou solidificação de resíduos consistindo em mercúrio ou compostos de mercúrio.

51. O treinamento da equipe em ESM e saúde e segurança no local de trabalho devem ser fornecidos para, entre outras coisas, garantir a segurança dos trabalhadores contra exposição de mercúrio e danos físicos acidentais ao manejar resíduos.

52. O conhecimento básico do qual os trabalhadores necessitam inclui:

- (a) A definição de resíduos de mercúrio e das propriedades químicas e efeitos adversos do mercúrio;
- (b) Como identificar resíduos de mercúrio e segregar esses resíduos de outros tipos de resíduos;
- (c) Padrões de segurança ocupacional relevantes ao mercúrio e como garantir sua segurança em caso de exposição a mercúrio;
- (d) Como usar equipamento protetivo pessoal, como proteções para o corpo, olhos e rosto, luvas e protetores respiratórios;
- (e) Exigências de rotulagem e armazenamento, compatibilidade de recipiente e exigências de datação, além de exigências para recipientes fechados;
- (f) Como manejar com segurança resíduos de mercúrio, especialmente produtos usados contendo mercúrio, como termômetros e barômetros, usando o equipamento disponível na instalação na qual trabalham;
- (g) Como usar controles de engenharia para minimizar exposição; e
- (h) Como responder a emergências caso o mercúrio nos resíduos seja acidentalmente derramado.

53. É importante ter seguro para trabalhadores e seguro de responsabilização para o empregador para que a instalação esteja melhor preparada para acidentes ou danos corporais adquiridos pelos trabalhadores na instalação, conforme adequado sob lei nacional.

54. Um pacote de conscientização sobre o mercúrio desenvolvido pela UNEP (UNEP, 2008d) é recomendado para uso no treinamento da equipe. Todos os materiais de treinamento devem ser transferidos para as línguas locais e disponibilizados para os empregados.

## **K. Resposta de emergência**

### **1. Plano de resposta de emergência**

55. Planos de resposta emergencial devem existir para cada estágio do processamento de resíduos de mercúrio (geração, armazenamento, transporte, tratamento ou recuperação e

descarte). Apesar dos planos de emergência poderem variar dependendo das atividades realizadas em cada estágio do gerenciamento de resíduos e das condições físicas e sociais de cada instalação, os elementos principais de um plano de resposta incluem identificação de todos os perigos potenciais; cumprimento com legislação governada os planos de resposta; especificação de ações a serem tomadas em situações de emergência, incluindo medidas de mitigação, planos de treinamento de pessoal, pontos principais de comunicação (e.g., bombeiros, polícia, comunidades próximas, governos locais, etc.) e métodos a serem usados em caso de emergência; e especificação do método e frequência do teste de equipamentos de resposta a emergência.

56. Quando uma emergência ocorre, o primeiro passo é examinar a área. A equipe responsável deve se aproximar da área com cuidado em contra o vento, deixar a área segura e identificar quaisquer perigos. Cartazes, rótulos de recipientes, documentos de envio, fichas de segurança, gráficos de identificação carros e/ou pessoas no local são fontes valiosas de informação. A necessidade de evacuação, a disponibilidade de recursos humanos e equipamentos, e a possibilidade de ações imediatas devem ser então avaliadas. Para garantir a segurança pública, uma agência de resposta a emergências deve ser contatada e, como uma medida imediata de precaução, áreas de derrame e vazamento devem ser isoladas em ao menos 50 metros em todas as direções. Em caso de incêndio, um extintor adequado deve ser usado e o uso de água deve ser evitado. Para maiores informações, consultar o *Emergency Response Guidebook* (U.S. Department of Transportation et al, 2012).

## 2. Considerações especiais para derramamento de mercúrio ou compostos de mercúrio

57. Derramamento de mercúrio ou compostos de mercúrio ocorre principalmente quando produtos com adição de mercúrio são quebrados. Na maioria dos casos de derramamento parece envolver termômetros com adição de mercúrio, que são facilmente quebrados. Apesar do mercúrio em cada termômetro ser cerca de 0.5-3 g e não levar tipicamente a problemas sérios de saúde, todos derramamentos de mercúrio devem ser considerados perigosos e devem ser limpos com cuidado. Áreas internas devem ser adequadamente ventiladas. Caso uma pessoa sinta desconforto após um derramamento de mercúrio um médico e/ou as autoridades de saúde ambiental devem ser contatadas imediatamente.

58. Caso o derramamento seja pequeno e simples (e.g., ocorra em uma área não porosa, como pisos de linóleo ou madeira maciça, ou um item poroso que pode ser descartado, como um pequeno tapete) ele pode ser limpo por um indivíduo. Caso o derramamento seja grande e complexo (e.g., ocorra em um tapete que não pode ser descartado, em estofados ou em rachaduras) pode ser necessário contratar um profissional treinado para conte-lo e limpa-lo. Derramamentos grandes envolvendo mais do que a quantidade de mercúrio encontrada em um produto doméstico típico, devem ser relatados às autoridades de saúde ambiental locais. Caso haja incerteza sobre o derramamento ser classificado como o “grande” as autoridades locais devem ser contatadas como medida de precaução. Sob certas circunstâncias, pode ser aconselhável obter assistência de pessoal qualificado para limpeza profissional ou monitoração do ar, independentemente do tamanho do derramamento (Environment Canada, 2002).

59. Derramamentos de mercúrio no curso de atividades comerciais e em residências tem o potencial de expor trabalhadores e o público geral a vapores perigosos de mercúrio. Além disso, os derramamentos são dispendiosos para serem limpos e disruptivos. Procedimentos de limpeza para derramamento pequenos de mercúrio são encontrados no site USEPA (United States EPA, 2007c).

60. Avaliar o tamanho do derramamento e a extensão de dispersão de mercúrio são atividades importantes para determinar o tipo de resposta adequada e se os recursos de limpeza e profissionais necessários estão disponíveis. Ajuda profissional deve ser procurada nos seguintes casos:

- (a) A quantidade de mercúrio é maior que 30 milímetros. Derramamentos maiores devem ser relatados às autoridades para supervisão e acompanhamento;
- (b) A área de derramamento não pode ser determinada: Caso o derramamento não tenha sido testemunhado ou a extensão do derramamento seja difícil de determinar, podem existir pequenas quantidades de mercúrio difíceis de detectar que devem ser limpas;
- (c) A área de derramamento contém superfícies que são porosas ou semi-porosas: Superfícies como carpetes e pisos acústicos podem absorver o mercúrio e tornar a limpeza praticamente impossível; e

(d) O derramamento ocorre perto de um ralo, ventilador, ou Sistema de ventilação ou outros condutores: mercúrio e vapores de mercúrio podem se mover rapidamente para longe da área de derramamento e contaminar outras áreas sem serem facilmente detectados.

61. O espalhamento do mercúrio derramado (e.g., com o uso de jatos de água) deve ser evitado ao máximo já que aumenta significativamente a taxa de evaporação de mercúrio (World Chlorine Council, 2004)

## **L. Conscientização e Participação**

62. A participação pública é um princípio central da Declaração da Basileia sobre Gerenciamento Ambientalmente Seguro, de 1999, e de vários outros acordos internacionais. É essencial que o público e todas as partes interessadas tenham a chance de participar no desenvolvimento de políticas, no planejamento de programas, o desenvolvimento de legislação, a revisão de documentos e dados, e a tomada de decisões sobre questões locais relacionadas mercúrio.

63. Os Artigos 6,7,8 e 9 da Convenção da UNECE de 1998 sobre Acesso à Informação, Participação Pública na Tomada de Decisões e Acesso à Justiça em Questões Ambientais (Convenção Aarhus) exigem que as partes conduzam tipos específicos de atividades de participação pública de acordo com as atividades específicas dos governos, o desenvolvimento de planos, políticas e programas e o desenvolvimento de legislação, e exigem o acesso à justiça para o público com relação ao meio ambiente.

64. Ao iniciar atividades como a coleta e reciclagem de resíduos de mercúrio, é aconselhável que a participação e cooperação dos consumidores que geram resíduos contendo mercúrio seja obtida. A conscientização continua é crítica para a coleta e reciclagem bem-sucedidas de resíduos de mercúrio. Encorajar o envolvimento público no desenvolvimento de um sistema de coleta e reciclagem de resíduos de mercúrio fornecendo informações públicas sobre problemas potenciais causados pelo gerenciamento ambientalmente inadequado desses resíduos ajuda a aumentar a conscientização sobre os riscos do mercúrio e resíduos de mercúrio.

65. Campanhas de conscientização e sensibilização pública para comunidades locais são elementos importantes para promoção da participação pública no ESM de resíduos de mercúrio. Para conscientizar cidadãos, as autoridades envolvidas, e.g., governos locais, precisam iniciar várias campanhas para incentivar os cidadãos a se interessarem na proteção deles mesmos e de outros contra os efeitos adversos do mercúrio à saúde humana e ao meio ambiente. É importante envolver organizações baseadas na comunidade nessas campanhas pois elas têm um relacionamento próximo com residentes e outras partes interessadas em suas comunidades (Honda, 2005).

66. Programas para conscientização pública devem geralmente ser desenvolvidos ao redor de uma situação de gerenciamento de resíduos em nível nacional, local ou de comunidade. A tabela 8 mostra exemplos de programas para conscientização e educação pública. Esses programas têm quatro elementos: publicações, programas de educação ambiental, atividades de relações públicas e comunicação de riscos, que devem ser de fácil acesso em lugares públicos (Honda, 2005).

**Tabela 8:** Programas de conscientização e participação pública

	<b>Conteúdo</b>	<b>Resultados esperados</b>
<b>Publicações</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartilhas, panfletos, revistas, pôsteres, sites, etc. em várias línguas e dialetos para explicar os problemas relacionados ao mercúrio de forma simples</li> <li>• Guias sobre descarte de resíduos de mercúrio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fontes de conhecimento</li> <li>• Explicação sobre como as pessoas podem manejar produtos com adição de produtos e descartar resíduos de mercúrio</li> </ul>
<b>Programas de Educação Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminários voluntários</li> <li>• Reuniões da comunidade</li> <li>• Ligações com outros workshops de saúde</li> <li>• Demonstrações de programas de retorno</li> <li>• Estudos científicos</li> <li>• Tours em instalações, etc.</li> <li>• eEducação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fontes de conhecimento</li> <li>• Compartilhamento de problemas comuns</li> <li>• Oportunidades de discussão de questões ambientais</li> </ul>
<b>Atividades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programas de retorno</li> <li>• Campanhas de produtos livres de mercúrio</li> <li>• Campanhas de minimização de resíduos</li> <li>• Reuniões de comunidades</li> <li>• Visitas em residências</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementação de atividades ambientais entre todos os parceiros</li> <li>• Apelo ambiental para cidadãos</li> <li>• Comunicação cara-a-cara</li> </ul>
<b>Comunicação de riscos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposição a mercúrio em ambientes gerais</li> <li>• Nível seguro de exposição</li> <li>• Níveis de poluição de mercúrio</li> <li>• PRTR</li> <li>• Informação sobre consume de peixe</li> <li>• Informação sobre consume de arroz</li> <li>• Resposta a derramamentos de mercúrio ou produtos com adição de mercúrio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entendimento adequado dos níveis de risco de exposição ao mercúrio, em circunstâncias adequadas</li> <li>• Evitar reação exagerada</li> </ul>

67. Como parte de programas ambientais educacionais, as publicações devem fornecer informações básicas sobre propriedades de mercúrio, toxicologia do mercúrio, os efeitos adversos do mercúrio à saúde humana e ao meio ambiente, e questões relacionadas a resíduos de mercúrio, incluindo como gerenciar e evitar possíveis emissões ao mercúrio provenientes desses resíduos. As publicações devem ser traduzidas nas línguas relevantes para garantir que as informações sejam comunicadas com eficiência às populações visadas.

68. Os componentes de um programa de educação ambiental sobre resíduos de mercúrio são os seguintes (Honda, 2005):

- (a) Conscientização e sensibilização sobre o meio ambiente e desafios ambientais;
- (b) Construção de conhecimento sobre o meio ambiente e os desafios ambientais;
- (c) Desenvolvimento de atitudes de preocupação com relação ao meio ambiente e motivação para melhorar ou manter a qualidade ambiental;
- (d) Desenvolvimento de habilidades de identificar e resolver desafios ambientais; e
- (e) Participação em atividades que levam à resolução de desafios ambientais.

69. Os parceiros de programas de participação pública podem ser resumidos em (Honda, 2005):

- (a) Oficiais do governo e equipe dos governos que trabalham com questões ambientais;
- (b) Pessoas que se interessam por questões ambientais e têm a habilidade de entender e disseminar com rapidez informações para outros:
  - (i) Crianças e estudantes;
  - (ii) Professores e acadêmicos;

(c) Líderes e representantes de comunidades e grupos locais e outros trabalhando na área do meio ambiente a nível local e de comunidade:

- (i) Pessoas que trabalham em ONGs;
  - (ii) Pessoas que trabalham em negócios pequenos e médios;
  - (iii) Produtores, coletores e recicladores locais, donos, operadores e trabalhadores de unidades de descarte que lidam com resíduos de mercúrio;
  - (iv) Pessoas que estão, ou residem, em proximidade a áreas de gerenciamento de resíduos ou áreas contaminadas por mercúrio;
- (d) Organizações locais;
- (e) Residentes da cidade; e
- (f) Empresas.

70. Para garantir que as emissões de mercúrio da coleta, transporte e descarte de resíduos sejam mantidas em um mínimo, é importante conscientizar todas as partes envolvidas (e.g., transportadoras, recicladores, e operadores de tratamento) sobre os riscos do mercúrio. Isso pode ser atingido por meio de atividades de conscientização, como seminários, que podem fornecer informações sobre novos sistemas e regulamentações e oportunidades para trocas de informações; a preparação e distribuição de panfletos; e a disseminação de informações por meio da internet.

## Anexo das orientações técnicas

### Bibliografia

- Amin-Zaki, L. et al, 1978. "Methylmercury Poisoning in Iraqi Children: Clinical Observations over Two Years", *British Medical Journal*, vol. 11, pp. 613-616. Available at: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=1603391&blobtype=pdf>.
- Amuda, O.S. et al, 2010. "Wastewater Treatment Process", in Wang, L.K., Hung, Y.T. and Shamma, N.K., eds., *Handbook of Industrial and Hazardous Wastes Treatment, Volume 2*. CRC Press, New York, USA, p. 926.
- Arai, Norio et al., (ed.) 1997. *Products of Incineration and Their Control Technology* [in Japanese].
- Asano, S. et al, 2000. "Acute Inorganic Mercury Vapour Inhalation Poisoning", *Pathology International*, vol. 50, pp. 169-174.
- Asia-Pacific Mercury Storage Project, 2010. *Options analysis and feasibility study for the long-term storage of mercury in Asia*. Available at: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/InterimActivities/Partnerships/SupplyandStorage/AsiaPacificMercuryStorageProject/tabid/3552/language/en-US/Default.aspx>.
- ASTM International, 2008. *ASTM D6784 - 02(2008) Standard Test Method for Elemental, Oxidized, Particle-Bound and Total Mercury in Flue Gas Generated from Coal-Fired Stationary Sources* (Ontario Hydro Method).
- Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal*, 1992. Available at: <http://www.basel.int/text/17Jun2010-conv-e.doc>.
- Bakir, F. et al, 1973. "Methylmercury Poisoning in Iraq", *Science*, vol. 181, pp. 230-241.
- Bansal, R.C. and Goyal, M., 2005. *Activated Carbon Adsorption of Mercury*. In: *Activated Carbon Adsorption*, CRC Press, New York, pp. 326-334.
- BiPRO, 2010. "Requirements for Facilities and Acceptance Criteria for the Disposal of Metallic Mercury." Available at: [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/bipro\\_study20100416.pdf](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/bipro_study20100416.pdf).
- Boom, G. V., Richardson, M. K. and Trip, L. J., 2003. "Waste Mercury in Dentistry: The Need for Management". Available at: [http://www.ifeh.org/magazine/ifeh-magazine-2003\\_v5\\_n2.pdf](http://www.ifeh.org/magazine/ifeh-magazine-2003_v5_n2.pdf).
- Bull, S., 2006. Inorganic Mercury/Elemental Mercury. Available at: [http://www.hpa.org.uk/chemicals/compendium/Mercury/PDF/mercury\\_general\\_information.pdf](http://www.hpa.org.uk/chemicals/compendium/Mercury/PDF/mercury_general_information.pdf).
- Butler, M. 1997. "Lessons from Thor Chemicals: the Links between Health, Safety and Environmental Protection", in *The Bottom Line: Industry and the Environment in South Africa*, L. Bethlehem, Goldblatt, M. Cape Town, South Africa, University of Cape Town Press, pp. 194-213.
- Canadian Centre for Occupational Health and Safety, undated. *OHS Fact Sheets: Mercury*. Available from: [http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem\\_profiles/mercury.html](http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/mercury.html).
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), 2006. *National Guidelines for Hazardous Waste Landfills*. Available at: [http://www.ccme.ca/assets/pdf/pn\\_1365\\_e.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/pn_1365_e.pdf).
- Chang, T. C. and J. H., Yen, 2006. "On-site mercury-contaminated soils remediation by using thermal desorption technology", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 128(2-3), 208-217.
- Chiarle, S. and Ratto, M., 2000. "Mercury Removal from Water by Ion Exchange Resins Adsorption", *Water Research*, vol. 34, pp. 2971-2978.
- Chlorine Institute, 2009. "Chlor-Alkali Industry 2008 Mercury Use and Emissions in the United States (Twelfth Annual Report)". Available at: <http://www.epa.gov/region05/mercury/pdfs/12thcl2report.pdf>.

Chojnacki, A. et al, 2004. "The application of natural zeolites for mercury removal: from laboratory tests to industrial scale", *Minerals Engineering*, vol. 17, pp. 933-937.

Committee on consideration of environmentally sound management of mercury waste, working group on mercury recovery and disposal, 2014. "Report on consideration of environmentally sound management of mercury wastes" (in Japanese), p. 67, Reference document No. 3-1.

Committee on consideration of sound management of mercury waste and Working group on recovery and disposal of mercury], 2014. "Report on consideration of environmentally sound management of mercury wastes"[in Japanese]. Available at: <http://www.env.go.jp/council/03recycle/y039-01b/ref3.pdf>.

Damluji, S. F. and Tikriti, S., 1972. "Mercury Poisoning from Wheat", *British Medical Journal*, vol. 25, p. 804.

Environment Canada website, undated. *Spills, Disposal and Cleanup: Cleaning Up Small Mercury Spills*. Available from: <http://www.ec.gc.ca/MERCURY/EN/cu.cfm>. [last updated 2013]

Environmental Management Bureau, Republic of the Philippines, 1997. *DENR Administrative Order No. 38, Chemical Control Order for Mercury and Mercury Compounds*. Available at: [http://pcij.org/extra/mercury\\_resources/pdf/cco\\_hg\\_DAO%2097-38.pdf](http://pcij.org/extra/mercury_resources/pdf/cco_hg_DAO%2097-38.pdf).

EPA, 1992. *US EPA Method 1311: TCLP, Toxicity Characteristic Leaching Procedure*.

EPA, 1994. *US EPA Method 7470 A: Mercury in Liquid Waste Manual Cold-Vapor Technique*.

EPA, 1996. *US EPA Method 0060: Determination of Metals in Stack Emissions*.

EPA, 1997a. *Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Mercury and Mercury Compounds*. Available at: <http://www.epa.gov/ttn/chief/le/mercury.pdf>.

EPA, 1997b. *Sensitive Environments and the Siting of Hazardous Waste Management Facilities*. Available at: <http://www.epa.gov/osw/hazard/tsd/permit/site/sites.pdf>.

EPA, 2000. *Section 2 - Treatment and Disposal Options, Proceedings and Summary Report - Workshop on Mercury in Products, Processes, Waste and the Environment: Eliminating, Reducing and Managing Risks from Non-Combustion Sources*. Available at: <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/30004HCY.pdf#page=13>.

EPA, 2001. *Mercury Response Guidebook (for Emergency Responders)*. Available from: <http://www.epa.gov/mercury/spills/index.htm>.

EPA, 2007a. *Mercury Treatment Technologies*. Available from: [http://www.clu-in.org/contaminantfocus/default.focus/sec/Mercury/cat/Treatment\\_Technologies](http://www.clu-in.org/contaminantfocus/default.focus/sec/Mercury/cat/Treatment_Technologies).

EPA, 2007b. *Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste and Water*. Available from: <http://www.epa.gov/tio/download/remed/542r07003.pdf>.

EPA, 2007c. *Spills, disposal and site clean-up*. Available from: <http://www.epa.gov/mercury/spills/index.htm>.

EPA, 2007d. *US EPA Method 7471B: Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique)*.

EPA, 2007e. *US EPA Method 7473: Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry*.

EPA, 2013. *Manual for the Construction of a Mercury Capture System for Use in Gold Processing Shops*. Available at: <http://www2.epa.gov/international-cooperation/manual-construction-mercury-capture-system-use-gold-shops>.

- Euro Chlor, 2004. *Code of Practice, Mercury Housekeeping, Environmental Protection 11, 5th edition*. Available at: <http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Docs/ENV%20Prot%2011%20Edition%205.pdf>.
- Euro Chlor, 2013. "Chlorine Industry Review". Available at: <http://www.eurochlor.org/media/70861/2013-annualreview-final.pdf>.
- European Commission, 2001. *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) - Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing industry*. Available at: [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cak\\_bref\\_1201.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cak_bref_1201.pdf).
- European Commission, 2003. *Commission Decision of 3 May 2000 replacing Decision 94/3/EC establishing a list of wastes pursuant to Article 1(a) of Council Directive 75/442/EEC on waste and Council Decision 94/904/EC establishing a list of hazardous waste pursuant to Article 1(4) of Council Directive 91/689/EEC on hazardous waste*. Available from: <http://eur-lex.europa.eu/>.
- European Commission, 2006. *Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration*. Available from: <http://eippcb.jrc.es/reference/wi.html>.
- European Commission, 2008. *Options for reducing mercury use in products and applications and the fate of mercury already circulating in society*. Available at: [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/EU\\_Mercury\\_Study2008.pdf](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/EU_Mercury_Study2008.pdf).
- European Commission, 2013. *Commission implementing decision of 9 December 2013 establishing the best available techniques (BAT) conclusions, under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council on industrial emissions, for the production of chlor-alkali (2013/732/EU)*. Available from: <http://eur-lex.europa.eu>.
- European Committee for Standardization, 2001. *EN 13211: Air quality - Stationary source emissions - Manual method of determination of the concentration of total mercury*.
- European Committee for Standardization, 2002a. *EN 12457-1 to 4: Characterization of waste - Leaching - Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges*.
- European Committee for Standardization, 2002b. *EN 13656: Characterization of waste - Microwave assisted digestion with hydrofluoric (HF), nitric (HNO<sub>3</sub>) and hydrochloric (HCl) acid mixture for subsequent determination of elements in waste*.
- European Committee for Standardization, 2002c. *EN 13657: Characterization of waste - Digestion for subsequent determination of aqua regia soluble portion of elements in waste*.
- European Committee for Standardization, 2003. *EN 13370: Characterization of waste - Analysis of eluates - Determination of Ammonium, AOX, conductivity, Hg, phenol index, TOC, easy liberatable CN-, F-*.
- European Committee for Standardization, 2004. *TS 14405: Characterization of waste - Leaching behaviour test - Up-flow percolation test*.
- European Committee for Standardization, 2005. *EN 14884: Air quality - Stationary source emissions - Determination of total mercury: Automated measuring systems*.
- European Committee for Standardization, 2006. *EN 12920: Characterization of waste - Methodology for the determination of the leaching behaviour of waste under specified conditions*.
- European Committee for Standardization, 2007. *EN 15309: Characterization of waste and soil - Determination of elemental composition by X-ray fluorescence*.
- European Union, 2003. *Council Decision 2003/33/EC of 19 December 2002 establishing criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 1999/31/EC*. Available from: <http://eur-lex.europa.eu/>

- European Union, 2006. *Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council of 6 September 2006 on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators and repealing Directive 91/157/EEC*. Available from: <http://eur-lex.europa.eu>.
- European Union, 2010a. *Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control)*. Available from: <http://eur-lex.europa.eu>.
- European Union, 2010b. *Regulation (EC) No. 1102/2008 of the European Parliament and of the Council of 22 October 2008 on the banning of exports of metallic mercury and certain mercury compounds and mixtures and the safe storage of metallic mercury*. Available from: <http://eur-lex.europa.eu/>.
- European Union, 2013. *Directive 2013/56/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 amending Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators as regards the placing on the market of portable batteries and accumulators containing cadmium intended for use in cordless power tools, and of button cells with low mercury content, and repealing Commission Decision 2009/603/EC*. Available from: <http://eur-lex.europa.eu>.
- FAO, 1985. *Guidelines for the Packaging and Storage of Pesticides*. Available at: <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/i/fulltext/fao12/fao12.pdf>.
- Gay, D.D., Cox, R.D. and Reinhardt, J.W., 1979. "Chewing Releases Mercury from Fillings", *Lancet*, vol. 1, pp. 985-986.
- Galligan, G, Morose, G. and Giordani, J., 2003. "An Investigation of Alternatives to Mercury Containing Products", prepared for the Maine Department of Environmental Protection, Lowell Center for Sustainable Production, University of Lowell, MA. Available at: <http://www.chem.unep.ch/Mercury/Sector-Specific-Information/Docs/lcspfinal.pdf>.
- German Federal Environment Agency, 2014. *Behaviour of mercury and mercury compounds at the underground disposal in salt formations and their potential mobilisation by saline solutions*. Available from: <http://www.umweltbundesamt.de>.
- Glenz, T. G., Brosseau, L.M. and Hoffbeck, R.W., 2009. "Preventing Mercury Vapor Release from Broken Fluorescent Lamps during Shipping", *Journal of the Air and Waste Management Association*, vol. 59, pp. 266-272.
- Global Mercury Project, 2004. *Protocols for Environmental and Health Assessment of Mercury Released by Artisanal and Small -Scale Gold Miners*, GEF/UNDP/UNIDO, Vienna. Available at: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/ASGM/PROTOCOLS%20FOR%20ENVIRONMENTAL%20ASSESSMENT%20REVISION%2018-FINAL%20BOOK%20sb.pdf>.
- Global Mercury Project, 2006. *Manual for Training Artisanal and Small-Scale Gold Miners*, UNIDO, Vienna. Available from: [http://communitymining.org/attachments/221\\_training%20manual%20for%20miners%20GMP%20M%20arcelo%20Veiga.pdf?phpMyAdmin=cde87b62947d46938306c1d6ab7a0420](http://communitymining.org/attachments/221_training%20manual%20for%20miners%20GMP%20M%20arcelo%20Veiga.pdf?phpMyAdmin=cde87b62947d46938306c1d6ab7a0420).
- GroundWork, 2005. "Advising and Monitoring the Clean-up and Disposal of Mercury Waste in Kwazulu-Natal, South Africa". Available at: [http://www.zeromercury.org/phocadownload/Whats\\_on\\_in\\_the\\_regions/groundWork\\_Phase\\_one\\_Final\\_Report\\_1006\\_WebVs.pdf](http://www.zeromercury.org/phocadownload/Whats_on_in_the_regions/groundWork_Phase_one_Final_Report_1006_WebVs.pdf).
- Grundfelt, B. et al, 2005. "Importance of the multi-barrier concept for the final disposal of radioactive waste" [in German], Kemakta Konsult AB, Bericht, Stockholm. Available at: [http://www.bfs.de/de/endlager/publika/AG\\_3\\_Konzeptgrund\\_Mehrbarrierenkonzept1.pdf](http://www.bfs.de/de/endlager/publika/AG_3_Konzeptgrund_Mehrbarrierenkonzept1.pdf).
- Hagemann, S., 2009. "Technologies for the stabilization of elemental mercury and mercury-containing wastes", Gesellschaft für Anlagen-und Reaktorsicherheit (GRS). GRS Report 252.

- Hinton, J. and Veiga, M., 2001. "Mercury Contaminated Sites: A Review of Remedial Solutions", NIMD Forum 2001 - Mercury Research: Today and Tomorrow, Minamata City, Japan, National Institute for Minamata Disease, Ministry of the Environment, Japan, pp. 73-84. Available at: [http://www.facome.uqam.ca/pdf/Minamata\\_Forum\\_2001.PDF](http://www.facome.uqam.ca/pdf/Minamata_Forum_2001.PDF).
- Hitachi, 2006. "Corporate Social Responsibility Report". available at: [http://www.hitachi.com/csr/csr\\_images/csr2006.pdf](http://www.hitachi.com/csr/csr_images/csr2006.pdf).
- Honda S., 2005. "Study on the Environmentally Sound Management of Hazardous Wastes and Other Wastes in the Asia", postdoctoral dissertation, Tsinghua University, Beijing, China.
- Honda, S. et al, 2006. "Current Mercury Level in Cambodia - with Issue on Waste Management", NIMD Forum 2006 II: Current Issues on Mercury Pollution in the Asia-Pacific Region, Minamata City, Japan, pp. 91-102. Available at: [http://www.nimd.go.jp/english/kenkyu/nimd\\_forum/nimd\\_forum\\_2006\\_II.pdf#page=98](http://www.nimd.go.jp/english/kenkyu/nimd_forum/nimd_forum_2006_II.pdf#page=98).
- Hylander, L.D. and Meili, M., 2005. "The Rise and Fall of Mercury: Converting a Resource to Refuse after 500 Years of Mining and Pollution", *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 35, pp. 1-36.
- IAEA, 2009. *Geological Disposal of Radioactive Waste: Technological Implications for Retrievability*. Available at: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1378\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1378_web.pdf).
- IATA, 2014. *Dangerous Goods Regulations Manual* (55th edition).
- ICAO, 2013. *Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air* (2013-2014 edition).
- ILO, 2000. *Mercurous Chloride*. Available from: [http://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_lang=en&p\\_card\\_id=0984](http://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=en&p_card_id=0984).
- ILO, 2001. *Mercuric Oxide*, International Occupational Safety and Health Information Centre.
- IMO, 2014. *International Maritime Dangerous Goods Code* (2014 edition). Available from: <http://www.imo.org/Publications/IMDGCode/Pages/Default.aspx>.
- Interstate Technology and Regulatory Cooperation Work Group (ITRC), 1998. *Technical Guidelines for On-site Thermal Desorption of Solid Media and Low Level Mixed Waste Contaminated with Mercury and/or Hazardous Chlorinated Organics*. Available at: <http://www.itrcweb.org/GuidanceDocuments/td-3.pdf>.
- Jacobs and Johnson Matthey, 2011. "Mercury Free VCM Catalyst", presented at VCM Catalyst Workshop, Beijing, 19 September 2011.
- Jang, M., Hong, S. M. and Park, J. K., 2005. "Characterization and Recovery of Mercury from Spent Fluorescent Lamps", *Waste Management*, vol. 25, pp. 5-14.
- Japan Standards Association, 1997. *JIS K 0222: Analysis Method for Mercury in Flue Gas*.
- Japan Public Health Association, 2001. *Preventive Measures against Environmental Mercury Pollution and Its Health Effects*, Japan Public Health Association, Tokyo, Japan. Available at <http://www.nimd.go.jp/english/kenkyu/docs/manual.pdf>.
- Jew, AD et al, 2014. "Microbially enhanced dissolution of HgS in an acid mine drainage system in the California Coast Range", *Geobiology*, vol. 12 No. 1, pp. 20-33.
- Kanai, Y. and Endou, H. 2003. "Functional Properties of Multispecific Amino Acid Transporters and Their Implications to Transporter-Mediated Toxicity", *Journal of Toxicological Sciences*, vol. 28, pp. 1-17. Available at: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jts/28/1/28\\_1\\_1/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jts/28/1/28_1_1/_pdf).
- Kerper, L.E., Ballatori, N. and Clarkson, T.W., 1992. "Methylmercury Transport Across the Blood-Brain Barrier by an Amino Acid Carrier", *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, vol. 262, pp. 761-765.

- Kobelco Eco-Solutions Co. Ltd., 2001. "Recycling System for Fluorescent Lamps" [in Japanese], p.45.
- Kuncova, H., Petrlik, J. and Stavkova, M., 2007. "Chlorine Production – a Large Source of Mercury Releases (The Czech Republic Case Study)", prepared by Arnika Association, Prague. Available at: [http://english.arnika.org/files/documents/Mercury\\_CZ.pdf](http://english.arnika.org/files/documents/Mercury_CZ.pdf).
- Lambrecht, B., 1989. "Zulus Get Exported Poison - US Mercury Waste Pollutes Drinking Water in S. Africa", *St Louis Post-Dispatch*, p.26.
- Latin America and the Caribbean Mercury Storage Project, 2010. "Options analysis and feasibility study for the long-term storage of mercury in Latin America and the Caribbean". Available from: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/InterimActivities/Partnerships/SupplyandStorage/LACMercuryStorageProject/tabid/3554/language/en-US/Default.aspx>.
- López, F.A. et al, 2010. "Formation of metacinnabar by milling of liquid mercury and elemental sulfur for long term mercury storage", *Science of the Total Environment*, vol. 408 No. 20, pp. 4341-4345.
- López, F.A. et al, 2015. "Mercury leaching from hazardous industrial wastes stabilized by sulfur polymer encapsulation", *Waste Management*, vol. 35, pp. 301-306.
- López-Delgado, A. et al, 2012. "A microencapsulation process of liquid mercury by sulfur polymer stabilization/solidification technology. Part I: Characterization of materials", *Revista de Metalurgia*, vol. 48 No. 1, pp. 45-57.
- Lowell Center for Sustainable Production, 2003. "An Investigation of Alternatives to Mercury Containing Products". Available at: <http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Docs/lcspfinal.pdf>.
- Lindberg, S.E. and Price, J. L., 1999. "Airborne Emissions of Mercury from Municipal Landfill Operations: A Short-Term Measurement Study in Florida", *Journal of the Air & Waste Management Association*, vol., 49, pp. 520-532.
- Lindberg, S. E. et al, 2001. "Methylated mercury species in municipal waste landfill gas sampled in Florida, USA", *Atmospheric Environment*, vol. 35 No. 23, pp. 4011-4015.
- Maine Department of Environmental Protection, 2008. *Maine Compact Fluorescent Lamp Study*. Available from: <http://www.maine.gov/dep/rwm/homeowner/cflreport.htm>.
- Maxson, P., 2010. Personal communication regarding update of a UNEP 2005 mercury trade report.
- Maxson, P., 2011. Personal communication.
- Mattus, C. H., 1999. "Measurements of mercury released from amalgams and sulfide compounds. Oak Ridge National Laboratory", ORNL/TM 13728. Available at: <http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/5899-ysqvR6/webviewable/5899.pdf>.
- Minamata City Hall, 2000. "Minamata Disease - History and Message", Minamata Disease Museum, Minamata City, Japan.
- Ministry of Environmental Protection of China, 2010. *Project Report on the Reduction of Mercury Use and Emission in Carbide PVC Production*. Available at: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/VCM%20Production/Phase%20I%20Final%20Report%20-%20PVC%20Project%20Report%20for%20China.pdf>.
- Ministry of the Environment of Japan, 1997. *Our Intensive Efforts to Overcome the Tragic History of Minamata Disease*.
- Ministry of the Environment of Japan, 2002. *Minamata Disease - The History and Measures*. Available from: <http://www.env.jp/en/chemi/hs/minamata2002/index.html>.

Ministry of the Environment, Japan, 2007a. *Guidebook for Waste Management - Case Study of Promoting 3Rs in Japan*, JICA Seminar on Waste Management in Japan, Yokohama International Center.

Ministry of the Environment of Japan, 2007b. *Waste Disposal and Recycling Measures*. Available from: <http://www.env.go.jp/en/recycle/manage/waste.html>.

Ministry of the Environment of Japan, 2010. *Lessons from Minamata Disease and Mercury Management in Japan*. Available at: [http://www.env.go.jp/chemi/tmms/pr-m/mat01/en\\_full.pdf](http://www.env.go.jp/chemi/tmms/pr-m/mat01/en_full.pdf)

Ministry of the Environment of Japan, 2015. *Japan's policy on the environmentally sound management of mercury wastes (summary) (recommended by the Central Environment Council in February 2015)*. Available at: <http://www.env.go.jp/en/recycle/wm/150413jpmw.pdf>.

Mizutani, S., Kadotani, K. and Kanjo, Y., 2010. "Adsorption behavior of mercuric compounds on soils under different pH condition" [in Japanese], *Environmental Engineering Research*, Vol. 47, pp. 267-272.

Mining, Minerals and Sustainable Development project (MMSD Project), 2002. Artisanal and Small-Scale Mining, documents on mining and sustainable development from United Nations and other organisations.

Mottet, N.K., Shaw, C.M. and Burbacher, T.M., 1985. "Health Risks from Increases in Methylmercury Exposure", *Environmental Health Perspectives*, vol. 63, pp. 133-140. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1568483>.

National Institute for Minamata Disease (NIMD), 1999. "Mission Report – Investigation into Suspected Mercury Contamination at Sihanoukville, Cambodia", Minamata City, Japan. Available from: [http://www.nimd.go.jp/english/kenkyu/nimd\\_forum/nimd\\_forum\\_1999.pdf#page=134](http://www.nimd.go.jp/english/kenkyu/nimd_forum/nimd_forum_1999.pdf#page=134).

Nomura Kohsan Co. Ltd., 2007. Treatment of Mercury-containing Wastes at Itomuka Plant of Nomurakohsan Co., Ltd. Tokyo, Japan.

The Northeast Waste Management Officials' Association (NEWMOA), 2004. "Mercury-Added Product Fact Sheet". Available from: [http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/FactSheets/factsheet\\_ranges.cfm](http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/FactSheets/factsheet_ranges.cfm).

North Atlantic Treaty Organization, Committee on the Challenges of Modern Society (NATO/CCMS), 1998. *Evaluation of Demonstrated and Emerging Technologies for the Treatment and Clean Up of Contaminated Land and Groundwater, NATO/CCMS Pilot Study, Phase II, Overview Report*. Available from: [www.epa.gov](http://www.epa.gov).

OECD, 2001a. *Extended Producer Responsibility: A Guidance Manual for Governments*.

OECD, 2001b. *Harmonised Integrated Classification System for Human Health and Environmental Hazards of Chemical Substances and Mixtures*.

OECD, 2004. *Recommendation of the Council on the Environmentally Sound Management of Waste*. Available from: <http://acts.oecd.org/Instruments/ShowInstrumentView.aspx?InstrumentID=51>.

OECD, 2007. *Guidance Manual on Environmentally Sound Management of Waste*. Available at: <http://www.oecd.org/dataoecd/23/31/39559085.pdf>.

Ogaki, Y., Yamada, Y. and Nomura, M., 2004. "Recycling Technology of JFE Group for Recycle Oriented Society" [in Japanese], *JFE GIHO*, vol. 6, pp. 37-43. Available at: <http://www.jfe-steel.co.jp/research/giho/006/pdf/006-07.pdf>.

Oikawa, K. et al, 1983. "Respiratory Tract Retention of Inhaled Air Pollutants, Report 1: Mercury Absorption by Inhaling Through the Nose and Expiring Through the Mouth at Various Concentrations", *Chemosphere*, vol. 11, 943-951.

- Oliveira, R.B. et al, 1998. "Methylmercury Intoxication and Histochemical Demonstration of NADPH-Diaphorase Activity in the Striate Cortex of Adult Cats", *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, vol. 31, pp. 1157-1161.
- Ozonoff, D.M., 2006. "Methylmercury". Available at: [http://www.ijc.org/rel/pdf/health\\_effects\\_spring2006.pdf](http://www.ijc.org/rel/pdf/health_effects_spring2006.pdf).
- Partnership for Action on Computing Equipment (PACE) Working Group, 2011. *Environmentally Sound Management (ESM) Criteria Recommendations*.
- Panasonic, "Akari Ansin Service" [in Japanese]. Available from: <http://www2.panasonic.biz/es/lighting/akarianshin/index.html>.
- Parker, J. L. and Bloom, N.S., 2005. "Preservation and storage techniques for low-level mercury speciation", *Science of the Total Environment*, vol. 337, pp. 253-263.
- Richardson, G.M. and Allan, M., 1996. "A Monte Carlo Assessment of Mercury Exposure and Risks from Dental Amalgam", *Human and Ecological Risk Assessment*, vol. 2, pp. 709-761.
- Richardson, G.M., 2003. "Inhalation of Mercury-Contaminated Particulate Matter by Dentists: An Overlooked Occupational Risk", *Human and Ecological Risk Assessment*, vol. 9, pp. 1519-1531.
- Sakamoto, M. et al, 2004. "Maternal and Fetal Mercury and n-3 Polyunsaturated Fatty Acid as a Risk and Benefit of Fish Consumption to Fetus", *Environmental Science and Technology*, vol. 38, pp. 3860-3863.
- Sakamoto, M. et al, 2005. "Difference in Methylmercury Exposure to Fetus and Breast-Feeding Offspring", *Korean Journal of Environmental Health*, vol. 31, pp. 179-186.
- Sanborn, J.R. and Brodberg, R.K., 2006. "Evaluation of Bioaccumulation Factors and Translators for Methylmercury". Available at: [http://www.oehha.ca.gov/fish/special\\_reports/pdf/BAF020907.pdf](http://www.oehha.ca.gov/fish/special_reports/pdf/BAF020907.pdf).
- Science Applications International Corporation, 2002. "Technical Background Document: Mercury Wastes Evaluation of Treatment of Bulk Elemental Mercury Final Report". Available from: <http://www.regulations.gov/#!documentDetail;D=EPA-HQ-RCRA-2002-0029-0005>.
- Spiegel, S. and Veiga, M., 2006. "Interventions to Reduce Mercury Pollution in Artisanal Gold Mining Sites - lessons from the UNDP/GEF/UNIDO Global Mercury Project", NIMD Forum 2006 II, Minamata City, Ministry of the Environment, Japan, pp. 1-18. Available at: [http://www.nimd.go.jp/english/kenkyu/nimd\\_forum/nimd\\_forum\\_2006\\_II.pdf#page=8](http://www.nimd.go.jp/english/kenkyu/nimd_forum/nimd_forum_2006_II.pdf#page=8).
- Steffen, A. et al, C. 2007. "A Synthesis of Atmospheric Mercury Depletion Event Chemistry Linking Atmosphere, Snow and Water", *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, vol. 7, pp. 10837-10931.
- Tajima, S., 1970. "Studies on the Formation of Methylmercury Compounds. 1. Preparation of Monomercurated Acetaldehyde XHgCH<sub>2</sub>CHO and Formation of Methylmercury Compounds from Monomercurated Acetaldehyde" [in Japanese], *Kumamoto Igakkai Zasshi*, vol. 44, pp. 873-886.
- Takahashi, Nakamura and Mizoiri, Shoji, 2004. "Mercury Behaviour in Chuo Bohatei Sotogawa Landfill" [in Japanese], Annual Report of the Tokyo Metropolitan Research Institute for Environmental Protection 2004, pp. 165-171.
- Tanel, B., Reyes-Osorno, B. and Tansel, I.N., 1998. "Comparative Analysis of Fluorescent Lamp Recycling and Disposal Options", *Journal of Solid Waste Technology and Management*, vol. 25, pp. 82-88.
- The Lamp Recycling Outreach Project, undated. "Training Module (1-hour version) for Generators and Handlers Of Fluorescent and Mercury-Containing Lamps (and Ballasts)". Available at: <http://www.almr.org/1hourtrainingmodule.pdf>.

The Office of Technology Assessment, 1983. "Case Examples of Process Modification - Appendix 5A", in *Technologies and Management Strategies for Hazardous Waste Control*, The Office of Technology Assessment, Darby, USA, Diane Publishing, pp. 213-217.

The School of Natural Resources and Environment, University of Michigan, 2000. "Environmental Justice Case Study - Thor Chemicals and Mercury Exposure in Cato-Ridge, Kwazulu-Natal, South Africa". Available from: <http://www.umich.edu/~snre492/Jones/thorchem.htm>.

The Zero Mercury Working Group et al, 2009. "Mercury Rising: Reducing Global Emissions from Burning Mercury-Added Products". Available at: [http://www.zeromercury.org/phocadownload/Mercury\\_in\\_processes/FINAL\\_MercuryRising\\_Feb2009.pdf](http://www.zeromercury.org/phocadownload/Mercury_in_processes/FINAL_MercuryRising_Feb2009.pdf).

United Nations, 2013. *United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods - Model Regulations* (18th revised edition). Available from: [http://www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/rev18/18files\\_e.html](http://www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/rev18/18files_e.html).

UNDP, 2010. *Guidance on the Cleanup, Temporary or Intermediate Storage, and Transport of Mercury Waste from Health Care Facilities*. Available at: <http://www.gefmedwaste.org/downloads/Guidance%20on%20Cleanup%20Storage%20and%20Transport%20of%20Mercury%20from%20Health%20Care%20July%202010.pdf>.

UNECE, 2003. *Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)*. Available from: [http://live.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs\\_rev00/00files\\_e.html](http://live.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev00/00files_e.html).

UNEP, 1994. *Guidance Document on the Preparation of Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Subject to the Basel Convention*. Available from: <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/framework.doc>.

UNEP, 1995a. *Model National Legislation on the Management of Hazardous Wastes and Other Wastes as well as on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Other Wastes and their Disposal*. Available at: <http://www.basel.int/pub/modlegis.pdf>.

UNEP, 1995b. *Basel Convention Technical Guidelines on Specially Engineered Landfill (D5)*. Available at: <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/tech-d5.pdf>.

UNEP, 1999. *Report of the Fifth Meeting of the Conference of the Parties to the Basel Convention*. Available from: <http://www.basel.int/meetings/cop/cop5/cop5reportfinal.pdf>.

UNEP, 2002. *Global Mercury Assessment*, Geneva, Switzerland. Available at: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/LinkClick.aspx?fileticket=Kpl4mFj7AJU%3d&tabid=3593&language=en-US>.

UNEP, 2005. *Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases*. Available at: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingMaterialToolkits/MercuryToolkit/tabid/4566/language/en-US/Default.aspx>.

UNEP, 2006a. *Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM)*. Available at: [http://www.saicm.org/images/saicm\\_documents/saicm%20texts/SAICM\\_publication\\_ENG.pdf](http://www.saicm.org/images/saicm_documents/saicm%20texts/SAICM_publication_ENG.pdf).

UNEP, 2006b. *Guide for Reducing Major Uses and Releases of Mercury*. Available at: <http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector%20Guide%202006.pdf>.

UNEP, 2006c. *Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury* Geneva, Switzerland. Available at: <http://www.chem.unep.ch/mercury/HgSupplyTradeDemandJM.pdf>.

UNEP, 2008a. *Global Atmospheric Mercury Assessment: Sources, Emissions and Transport*. Available at: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/LinkClick.aspx?fileticket=Y0PHPmrXSuc%3d&tabid=3593&language=en-US>.

UNEP, 2008b. *Report on the Major Mercury Containing Products and Processes, Their Substitutes and Experience in Switching to Mercury Free Products and Processes*. Available at:

[http://www.chem.unep.ch/mercury/OEWG2/documents/g7\)/English/OEWG\\_2\\_7.doc](http://www.chem.unep.ch/mercury/OEWG2/documents/g7)/English/OEWG_2_7.doc).

UNEP, 2008c. *Summary Report on UNEP Mercury Inventory Activities*. Available at: [http://www.chem.unep.ch/mercury/OEWG2/documents/y25\\_14\)/English/OEWG\\_2\\_INF14.doc](http://www.chem.unep.ch/mercury/OEWG2/documents/y25_14)/English/OEWG_2_INF14.doc).

UNEP, 2008d. *[Mercury] awareness raising package*. Available from: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/MercuryPublications/ReportsPublications/AwarenessRaisingPackage/tabid/4022/language/en-US/Default.aspx>.

2010a. *Global ASGM Forum Report*. Available at: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/GlobalForumonASGM/tabid/6005/Default.aspx>.

UNEP, 2010b. *Study on mercury sources and emissions and analysis of cost and effectiveness of control measures "UNEP Paragraph 29 study"*, document UNEP(DTIE)/Hg/INC.2/4. Available at: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/Negotiations/INC2/INC2MeetingDocuments/tabid/3484/language/en-US/Default.aspx>.

UNEP, various dates. *Global Mercury Partnership reports and publications*. Available from: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/PrioritiesforAction/ArtisanalandSmallScaleGoldMining/Reports/tabid/4489/language/en-US/Default.aspx>.

UNEP, 2013. *Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases*. Available from: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingMaterialToolkits/MercuryToolkit/tabid/4566/language/en-US/Default.aspx>. (Revised in 2015)

UNEP, 2014a. *Report on the status of projects funded under the Quick Start Programme as of February 2014*. Available at: <http://www.saicm.org/images/SAICM.EB.9.4.rev1%20Report%20on%20projects%20funded%20under%20the%20QSP.pdf>.

UNEP, 2014b. *List of alternatives to mercury-added products*. Available at: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Products/flyer%20final1%20%20mercury-free%20alternatives.pdf>.

UNEP, 2015a. *Manual for the Implementation of the Basel Convention*. Available from: [www.basel.int](http://www.basel.int).

UNEP, 2015b. *Guide to the Control System*. Available from: <http://www.basel.int>.

UNEP, 2015c. *General Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Persistent Organic Pollutants*. Available from: <http://www.basel.int/pub/techguid/tg-POPs.doc>.

UNEP, 2015d. *Methodological guide for the development of inventories of hazardous wastes and other wastes under the Basel Convention*. Available from: <http://www.basel.int>.

UNEP and WHO, 2008. *Identifying Populations at Risk*. Available from: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingmaterialToolkits/GuidanceforIdentifyingPopulationsatRisk/tabid/3616/language/en-US/Default.aspx>.

UNEP and SETAC, 2009. *Life Cycle Management*. Available at: <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1208xPA-LifeCycleApproach-Howbusinessusesit.pdf>.

UNEP Global Mercury Partnership, 2013. *Global Inventory of Mercury-Cell Chlor-Alkali Facilities* [last updated in 2013]. Available from: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Mercury/GlobalMercuryPartnership/ChloralkaliSector/Reports/tabid/4495/language/en-US/Default.aspx>.

US Department of Energy, 2009. *US Department of Energy Interim Guidance on Packaging, Transportation, Receipt, Management, and Long-Term Storage of Elemental Mercury*. Available at: [http://www.mercurystorageeis.com/Elementalmercurystorage%20Interim%20Guidance%20\(dated%202009-11-13\).pdf](http://www.mercurystorageeis.com/Elementalmercurystorage%20Interim%20Guidance%20(dated%202009-11-13).pdf).

U.S. Department of Transportation, Transport Canada, Secretariat of Communications and Transportation of Mexico (SCT), 2012. *Emergency Response Guidebook*. Available from: <https://www.tc.gc.ca/eng/canutec/guide-menu-227.htm>.

Waples, Jacob S. et al, 2005. "Dissolution of cinnabar (HgS) in the presence of natural organic matter", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 69 No. 6, pp. 1575-1588.

WHO, 1972. *WHO Food Additives Series, No.4: Evaluation of Mercury, Lead, Cadmium and the Food Additives Amaranth, Diethylpyrocarbonate, and Octyl Gallate*. Available from: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v004je07.htm>.

WHO, 1990. *Environmental Health Criteria 101: Methylmercury*. Available at: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc101.htm>.

WHO, 1991. *Environmental Health Criteria 118: Inorganic Mercury*. Available at: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc118.htm>.

WHO, 2003. *Elemental Mercury and Inorganic Mercury Compounds: Human Health Aspects*. Available at: <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf>.

WHO, 2006. *Guidelines for drinking-water quality, third edition, incorporating first and second addenda*. Available from: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3rev/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/).

WHO, 2010. *Future Use of Materials for Dental Restoration*. Available at: [http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/2011Dental%20material%20web\\_final%20report%20of%202009%20mtg.pdf](http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/2011Dental%20material%20web_final%20report%20of%202009%20mtg.pdf).

WHO, 2011. *Replacement of mercury thermometers and sphygmomanometers in health care Technical guidance*. Available from: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2011/mercury\\_thermometers/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/mercury_thermometers/en/).

WHO Regional Office for Europe, 2000. *Air Quality Guidelines - Second Edition*. Available at: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0004/123079/AQG2ndEd\\_6\\_9Mercury.PDF](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/123079/AQG2ndEd_6_9Mercury.PDF).

Wood, J.M., 1974. "Biological Cycles for Toxic Elements in the Environment", *Science*, vol. 15, pp. 1043-1048.

World Nuclear Association, 2010. "Storage and Disposal Options". Available from: <http://www.world-nuclear.org/info/inf04ap2.html>.

Yanase R., Hirato, O. and Matsufuji, Y., 2009. "Behaviour of Mercury from Used Batteries in Landfills over 20 Years", *Journal of the Japan Society of Material Cycles and Waste Management*, vol. 20 No. 1, pp. 12-23.

---