



F1

Inventário Nacional de Emissões e Liberações de Mercúrio

**Ministério do Meio Ambiente
Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental
ONU – Meio Ambiente
Global Environment Facility – GEF**

Treinamento de Instituições Parceiras – Parte 1/2

Executor : Centro de Apoio à Faculdade de Saúde Pública da USP - CEAP

Brasília, 13 de dezembro de 2017

Programação

Período da Manhã (09h00 às 12h30)

Coffee e Credenciamento

- Abertura pelo MMA
- O Mercúrio
 - Características gerais,
 - Ciclo global
 - Fontes de emissão e liberação
 - Impactos ao meio ambiente
 - Convenção de Minamata
- O inventário de emissões e liberações de mercúrio
- Ferramenta Toolkit e Planilha de Cálculo
 - Níveis (1 e 2)
 - Princípio do Balanço de Massa
 - Metodologia do Ciclo de Vida

- Tipos de abordagens

12h30 às 13h30 – Almoço

Período da Tarde (13h30 às 17h00)

- Categorias de fontes a serem abordadas
- Informações necessárias
- Método de cálculo de emissões e liberações: exemplos

15:30 - Coffee Break

- Exercício e cálculos em grupo
- Perguntas e Respostas
- Encerramento e encaminhamentos

Informações Gerais e Sequência dos Trabalhos

- Prazo de execução: 10 meses
- Sob supervisão e aprovação do Ministério do Meio Ambiente
- Metodologia: será seguida a metodologia do *Toolkit*

Nível 2 da ONU Meio Ambiente

- Cálculos serão feitos com a *Calculation Spreadsheet* da ONU Meio Ambiente
- Relatório do inventário conforme *Report Template* da ONU Meio Ambiente



F2

Cronograma do Inventário

- Elaboração de Plano de Trabalho (Estratégia, ano de referência): 10/2017
- Pesquisa bibliográfica e documental: o tempo que for necessário
- Treinamento Inicial: 12/2017
- Obtenção de informações e dados: 11/2017 a 02/2018
- Elaboração de Versão Preliminar do Inventário: 02/2018
- Apresentação e Discussão com Grupo Técnico Interinstitucional (GTI): 03/2018
- Elaboração da Versão Final do Inventário: 06/2018
- Treinamento final de instituições parceiras: 06/2018

Equipe Técnica do Treinamento

- **Ana Paula Francisco** —————→
Bacharel em Química Ambiental, Mestre e Doutora em Ciências (Saúde Ambiental)
- **Edson Pacheco Junior** —————→
Graduado em Gestão Ambiental, Mestrando em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade
- **Larissa Ciccotti** —————→
Bacharel em Química Ambiental, Tecnóloga em Gestão Ambiental, Doutora em Química
- **João Vicente de Assunção - coordenador** —————→
Engenheiro Químico e Sanitarista, Mestre em Higiene/Poluição do Ar, Doutor em Saúde Pública (Saúde Ambiental)



Contribuições e Apoio

- **Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental**
Departamento de Resíduos

- Coordenação Geral de Qualidade Ambiental**

- Letícia Reis de Carvalho

- Projeto MIA:**

- Camila Boechat

- Diego Henrique Costa Pereira

- Elisa Badziack

- Gabriel Francisco Silva

- Luiz Gustavo Mandalho

- **Consultor**

- Otávio Maioli

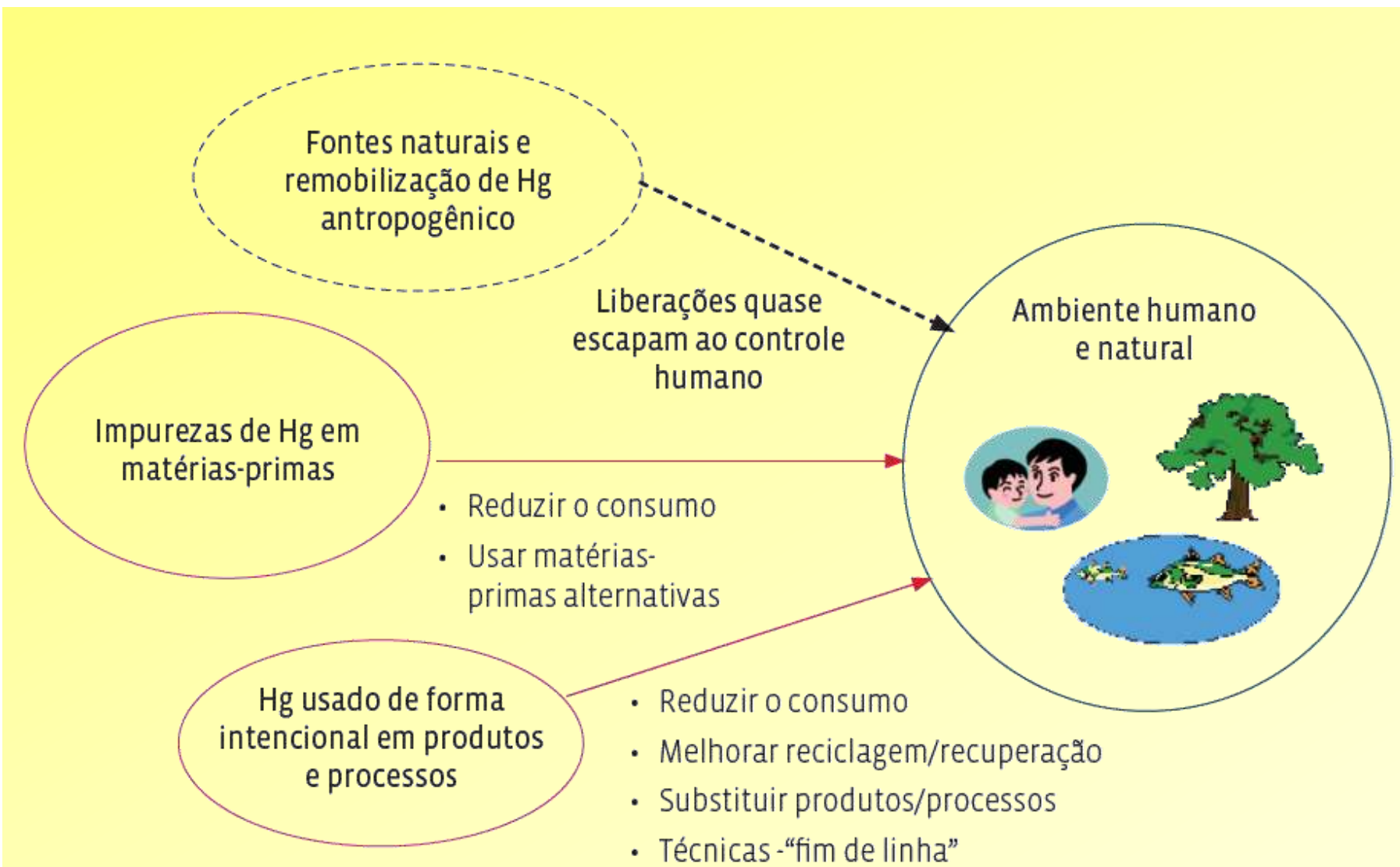
O Mercúrio

1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A
H	He						
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs

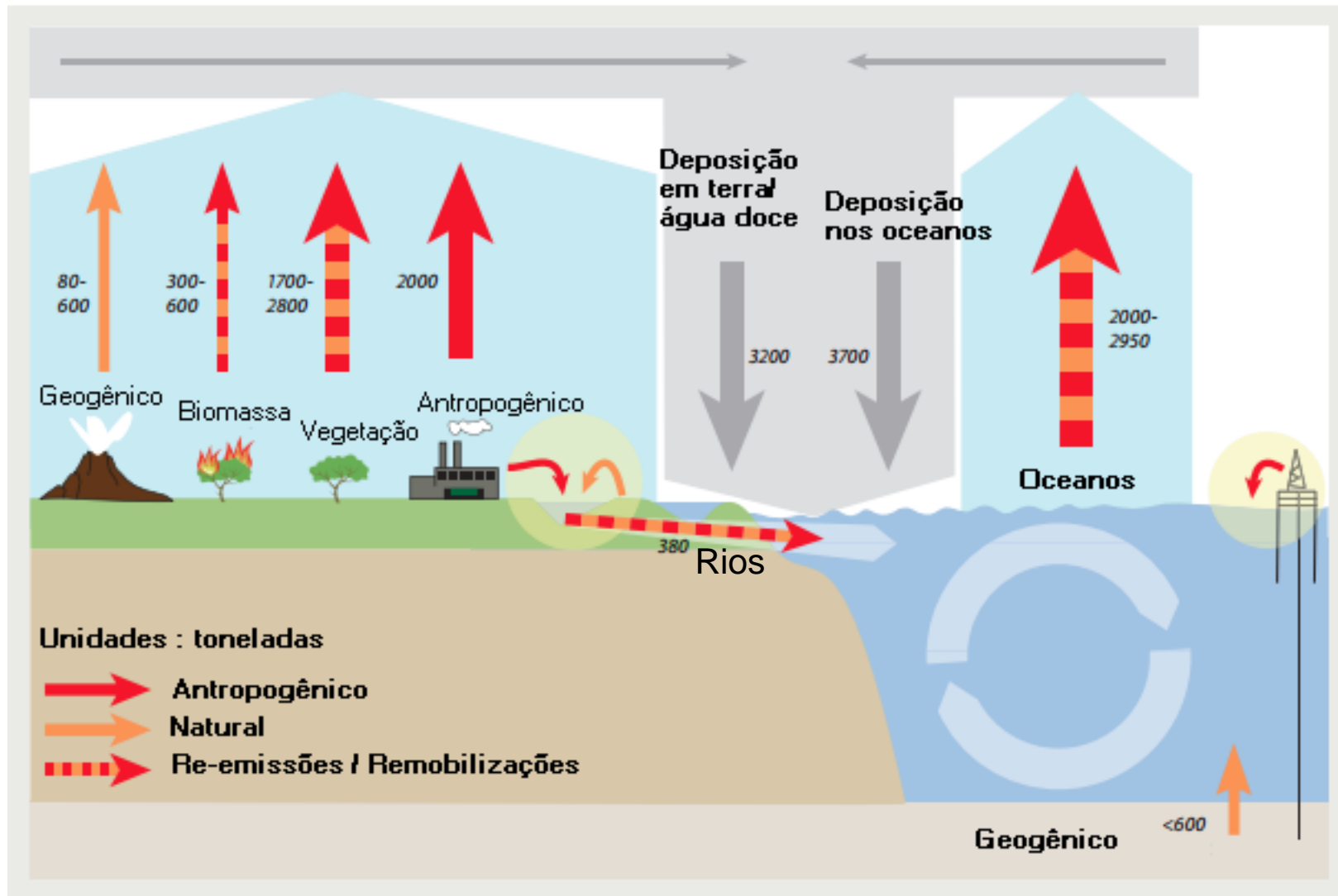


- Elemento natural
- Não há como criá-lo ou destruí-lo, contrariamente a vários outros poluentes
- Formas: mercúrio metálico (**Hg[0]**); compostos inorgânicos de mercúrio (**Hg[1]** e **Hg[2]**); compostos orgânicos de mercúrio (metilmercúrio e etilmercúrio)
- Único metal líquido à temperatura ambiente
- Ponto de Fusão $-38,87\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Ponto de Ebulição $356,9\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Densidade: $13,5\text{ g/cm}^3$ a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Inventário envolve **mercúrio total**: principalmente: mercúrio metálico (0), cloreto de mercúrio (I), óxido de mercúrio (II), sulfato de mercúrio (II), nitrato de mercúrio (II) e sulfeto de mercúrio (II) ou cinábrio (minério) (art. 3º Convenção)

Fontes de mercúrio no ambiente



Ciclo global do mercúrio (toneladas)



UNEP Global Mercury Assessment 2013.

<http://www.ibama.gov.br/component/content/article?id=732>

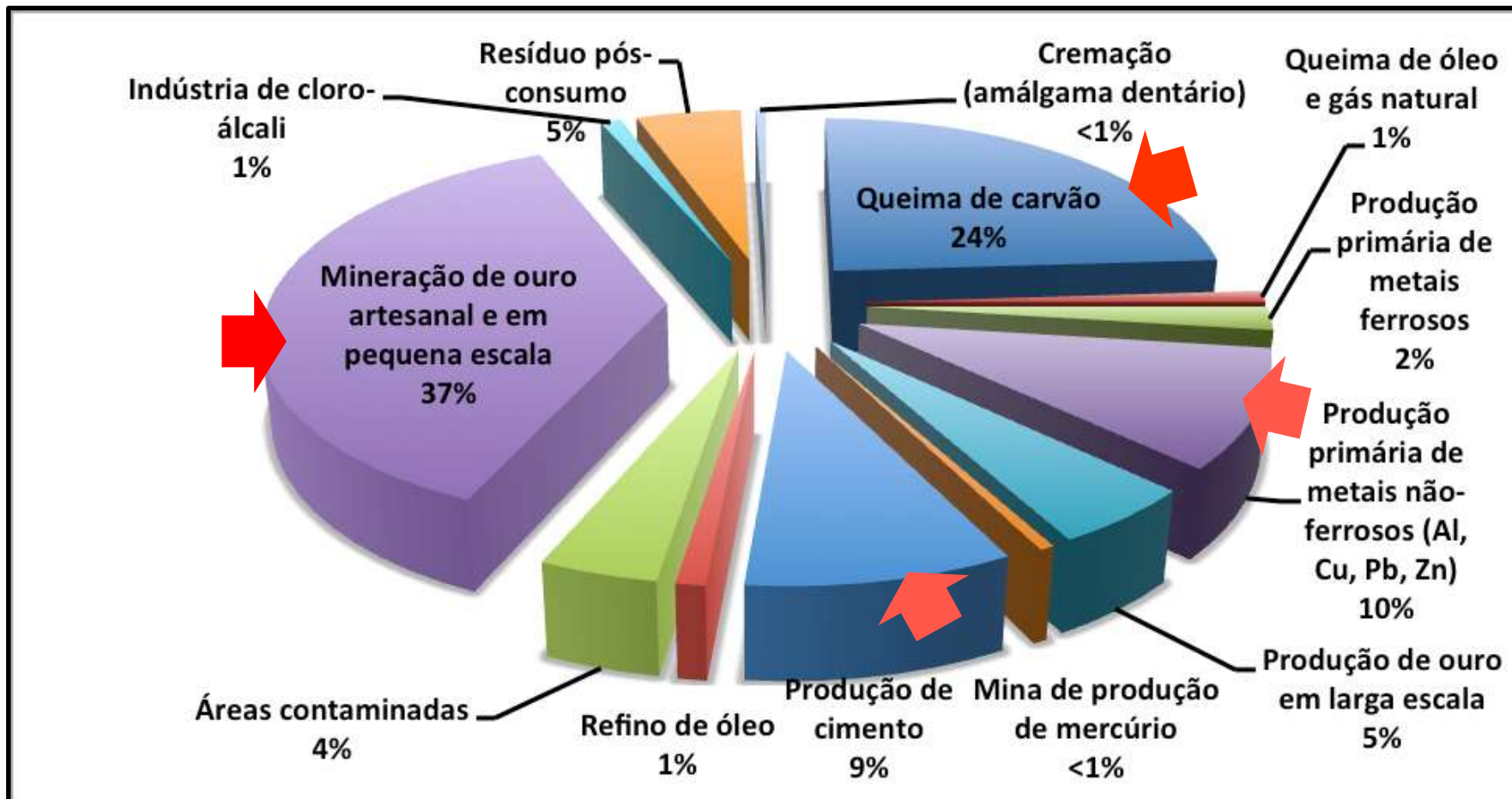
Vídeo UNITAR

Understanding the mercury cycle in the environment
(registre-se no site para ver o vídeo)

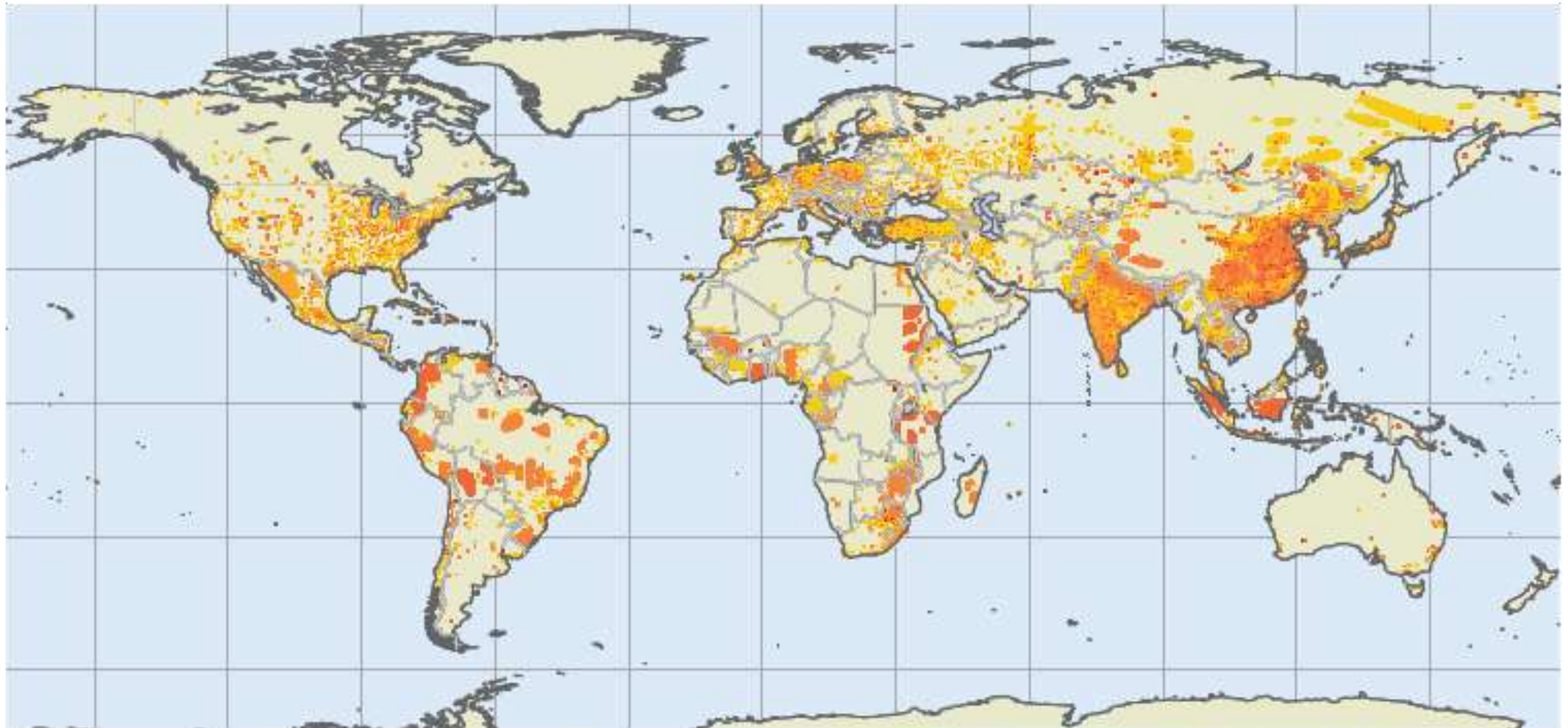
<http://mercurylearn.unitar.org/mod/lesson/view.php?id=95>

Principais fontes de emissão e liberação em termos mundiais

Contribuições relativas às emissões estimadas **para o ar** a partir de fontes antropogênicas (2010)



Distribuição Global de Emissões Antrópicas de Mercúrio Para o Ar em 2010



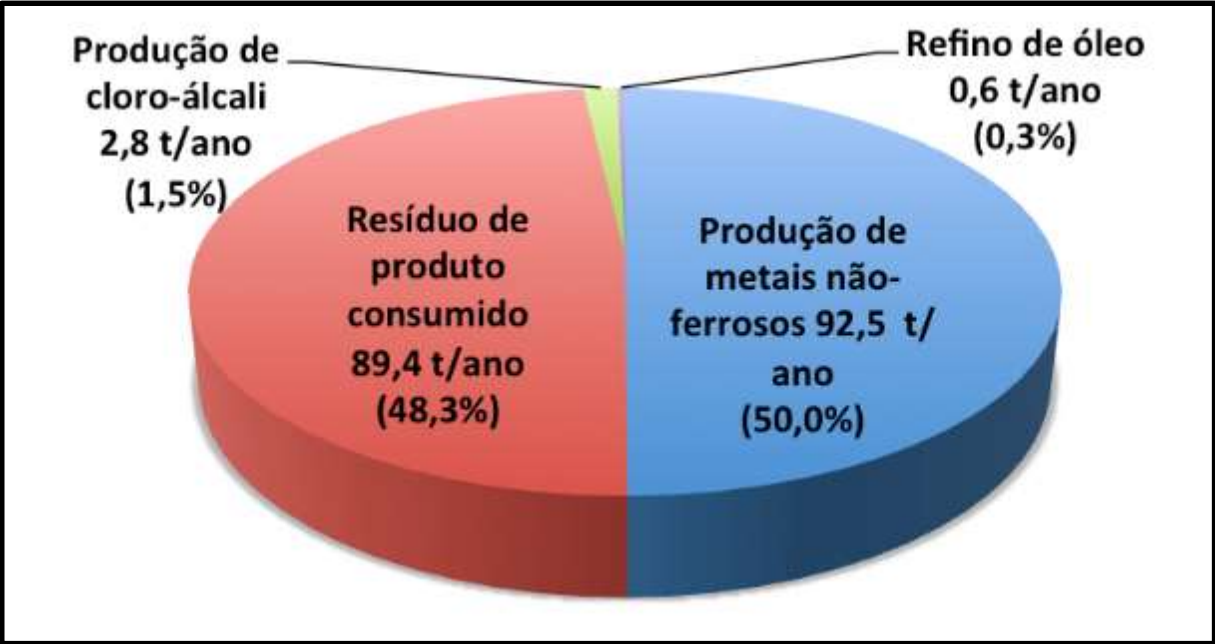
Fonte: UNEP, 2013.

Mercury emission 2010, g/km²

0	2	5	10	100	1000
---	---	---	----	-----	------

Emissão Global para Sistemas Aquáticos

Liberações de fontes pontuais para a água



Fonte: UNEP, 2013.

Liberações para a água, de áreas contaminadas

Setor	Liberações, toneladas/ano
Áreas de mineração de mercúrio primário	6,7 – 26,6
Áreas de produção de metais preciosos	1,4 – 5,5
Áreas de produção de metais não-ferrosos	0,1 – 0,5
Áreas de produção de cloro-álcali	0,1 – 0,5
Outras áreas industriais	0,1 – 0,3
Total	8,3 – 33,5

Acidente de Minamata



F5

- Sul do Japão, Baía de Minamata
 - Empresa de produção de acetaldeído
 - Lançamento de resíduos na Baía (contendo metilmercúrio)
-
- Caso clássico de contaminação por mercúrio
 - Oficialmente reconhecida em 1956, denominada Doença de Minamata
 - 2.271 casos até novembro 2010
 - Distúrbios sensoriais, ataxia, disartria, constrição do campo visual, distúrbios auditivos e tremor. (YORIFUJI, 2013)
 - A questão da biomagnificação. Alimentação baseada em pescados e frutos do mar

Convenção de Minamata



F6



F7



F8

Objetivos Específicos do Inventário

- Aprimorar a compreensão das características das principais fontes emissoras de mercúrio no país;
- Sistematizar dados nacionais afetos à emissão de mercúrio;
- Produzir inventário nacional de emissões e liberações de mercúrio;
- Construir o cenário nacional de emissões;
- Determinar as fontes de liberações significativas e que devem ser sujeitas a iniciativas de redução de liberações/emissões;
- Realizar capacitação de instituições parceiras sobre o uso do Toolkit.

Temas da Convenção a serem cobertos neste inventário

- Comércio e fontes de oferta de mercúrio (art. 3º da Convenção)
- Produtos com mercúrio adicionado – Anexo A (art. 4º da Convenção)
- Processos nos quais o mercúrio ou os compostos de mercúrio são adicionados – Anexo B (art. 5º da Convenção)



F9



F10



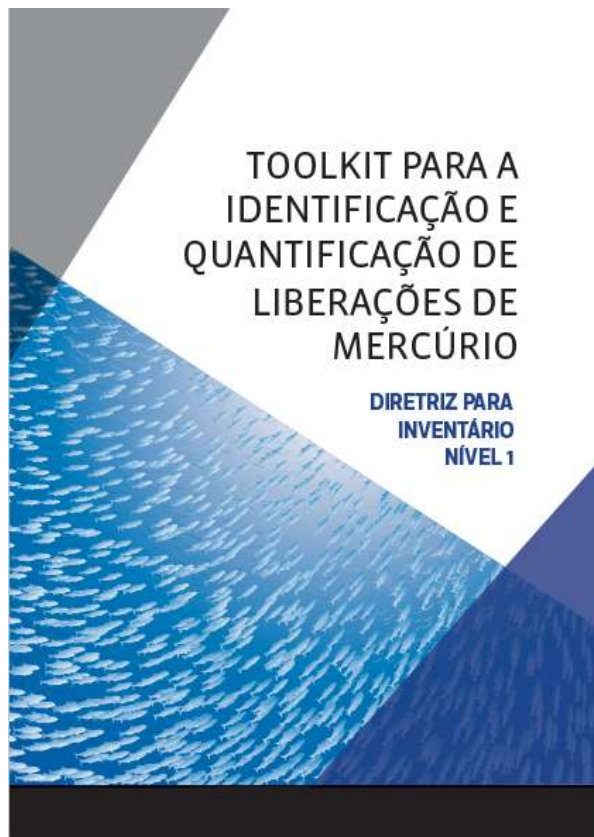
F11

Temas a serem cobertos neste inventário – continuação

- Emissões pontuais conforme fontes do Anexo D (art. 8º da Convenção)
- Liberações para água e solo – fontes não abrangidas por outros artigos (art. 9º da Convenção)
- Descrição das condições de armazenamento de mercúrio (art. 10 e art. 11)
- Identificação de áreas contaminadas com mercúrio (art. 12 da Convenção)



Níveis dos Inventários



F15

Nível 1

Nível 2



F16

- Exige dados mais detalhados e específicos das fontes de emissões e liberações de mercúrio
- Reflete melhor a situação avaliada e dados do país

Metodologia Toolkit Nível 2

Etapas do inventário


ETAPA 1

Identificar as principais categorias de fontes de mercúrio presentes em um país/região: matriz de identificação




ETAPA 2

As categorias identificadas são classificadas em subcategorias, de forma a identificar as atividades individuais que emitem mercúrio



ETAPA 3

Coletar informações das fontes identificadas e quantificar as liberações com dados específicos da fonte ou com os fatores-padrão de distribuição de entrada e saída de mercúrio (*Toolkit*)



ETAPA 4

Consolidação dos resultados, de forma a obter um panorama geral das emissões e liberações de mercúrio, bem como as lacunas de dados existentes (formato padronizado)

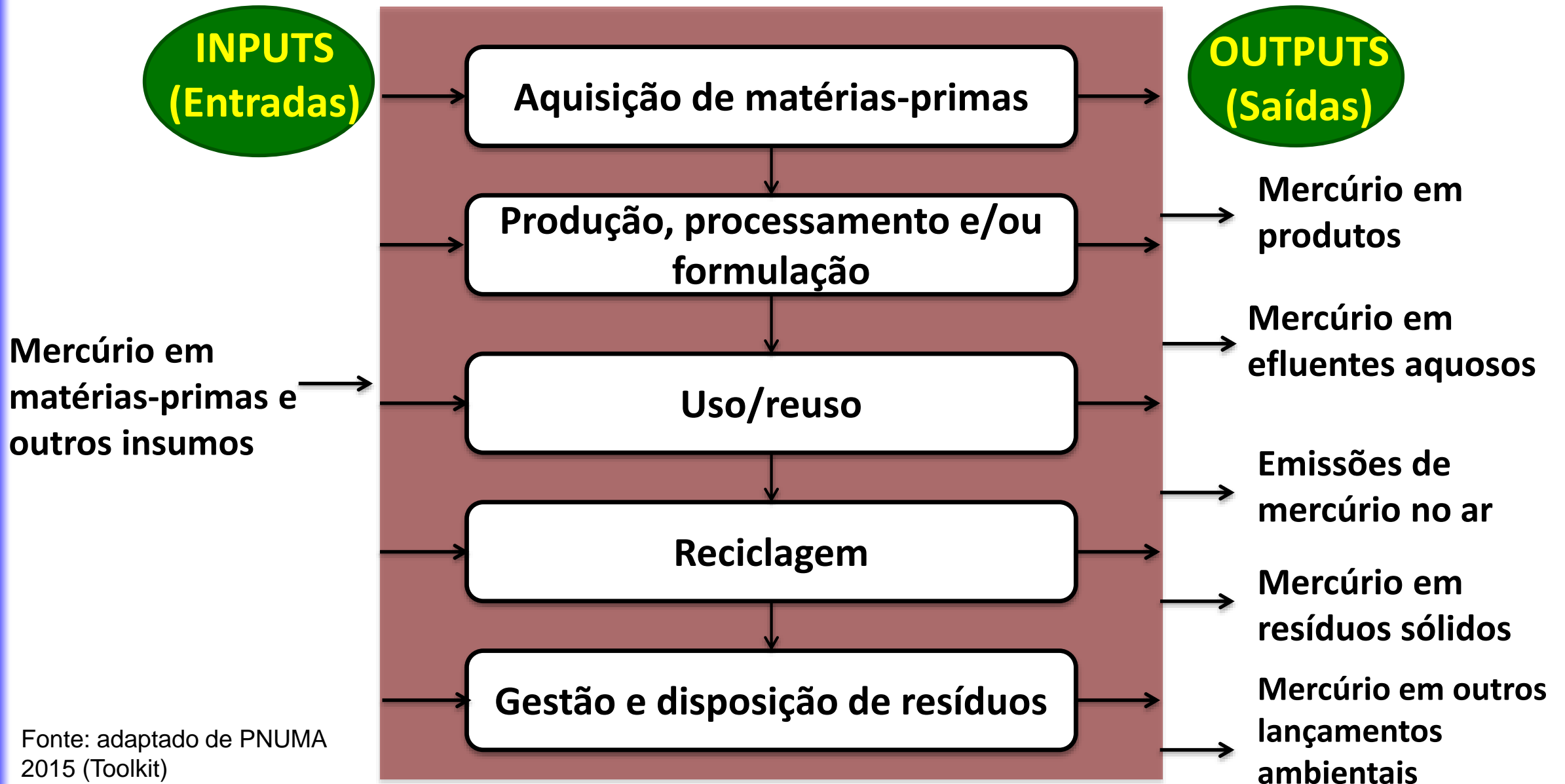
Princípio do Balanço de Massa – Base para o Inventário

Entrada de Hg = Saída de Hg

Exemplo Hipotético



Método do Ciclo de Vida



Vídeos Ilustrativos

Vídeo Produção de Lâmpadas Fluorescentes

<https://www.youtube.com/watch?v=I-QfshqAEa0>

Vídeo Reciclagem de Lâmpadas Fluorescentes

<http://www.apliquimbrasilrecicle.com.br/saibamais/videos>

Vídeo Etapas da Reciclagem de lâmpadas Fluorescentes

https://www.youtube.com/watch?v=rZ7IOOr45_xk

Atenção: o uso destes vídeos é meramente ilustrativo,
não havendo qualquer endosso ao nome de empresas

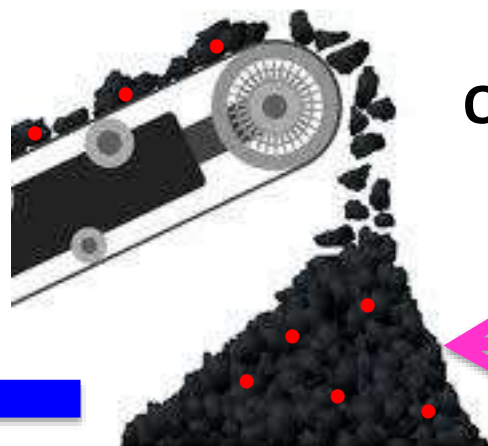
Cálculo do mercúrio que entra no processo ou sistema

Quantidade de material contendo
mercúrio que entra no sistema

=

TAXA DE ATIVIDADE

Quantidade de carvão



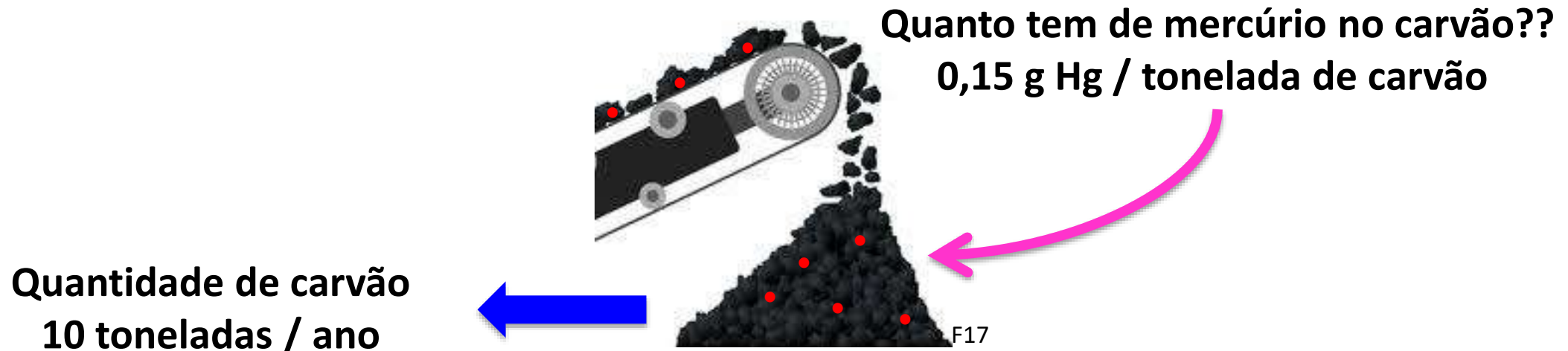
Quanto tem de mercúrio no carvão??

Conteúdo de mercúrio no
material

=

FATOR DE ENTRADA

Exemplo de cálculo da entrada de mercúrio no processo/sistema



Quanto entra no processo??

$$10 \text{ t/ano} * 0,15 \text{ g Hg/t} = \mathbf{1,5 \text{ g de Hg por ano}}$$

Planilha de Cálculo

- Ferramenta fornecida junto com o Toolkit. Planilha de cálculo tipo Excel.
- Com ela o cálculo é feito automaticamente desde que os dados de entrada e condições de saída sejam fornecidos
- Ela vem protegida mas pode ser alterada para atender às especificidades de um inventário
- Deve-se ter cuidado nesta modificação pois há um somatório e totalização automáticos, como vai ser explicado.
- Recomenda-se ler primeiro a introdução fornecida na planilha

Planilha de Cálculo Nível 2

C	Su-C	Categoria de fonte / fase	Existe? (s/n/?)	Fator de entrada padrão	Unidade	Insira o fator de entrada	Unidade	Insira a taxa de atividade	Unidade	Cálculo entrada de Hg	Unidade	"Cenário de saída (se for relevante)	Insira a entrada de Hg	Unidade	Ar	Água	Terra	Produtos	Resíduos gerais	Tratamento / destinação específica ao setor	Ar	Água	Terra	Produtos	Resíduos gerais	Tratamento / destinação específica ao setor
5.1		Categoria de fonte: Extração e uso de combustíveis / fontes energéticas																								
	5.1.1	Combustão de carvão mineral em grandes centrais elétricas																			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		/Lavagem do carvão (a		0,05-0,5	g Hg/t	0,15g Hg/t			Carvão, t/a	0	Kg Hg/a			Kg Hg/a		0,01		0,8	0,19		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		/Combustão (a																								
		- De carvão antracito (duro)		0.05-0.5 (a	g Hg/t	0,15g Hg/t			Carvão, t/a	0	Kg Hg/a	Combustão de antracito		Kg Hg/a												
												Nível 0: Nenhum		Kg Hg/a	1						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
												Nível 1: Material particulado simples APC: PES/LP/CIC		Kg Hg/a	0,75					0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
												Nível 2: Material particulado (FM)		Kg Hg/a	0,5					0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
												Nível 3: APC eficiente: MP+ASA/DGC(vu)		Kg Hg/a	0,35					0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
												Nível 4: APC muito eficiente: MP+DGC+RSC		Kg Hg/a	0,3					0,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
												Nível 5: Filtros específicos de mercúrio		Kg Hg/a	0,03					0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		- De carvão betuminoso (duro)		0.05-0.5 (a	g Hg/t	0,15g Hg/t			Carvão, t/a	0	Kg Hg/a	Combustão de carvão betuminoso		Kg Hg/a												
														Kg												28

Cálculo de entrada de Hg no caso de produtos contendo mercúrio

Considerar as diferentes fases do ciclo de vida do produto



F18

Fase do ciclo de vida	Taxa de atividade	Fator de entrada
Produção	Toneladas ou unidades do produto produzidas por ano	Quantidade de Hg liberado por quantidade (massa ou unidade) do produto produzido
Uso/Destinação	Toneladas ou unidades de produtos consumidos (ou destinados / descartados) por ano	massa de Hg contido por unidade ou por tonelada do produto

Definição: Consumo Interno de Mercúrio

- Dados de importação
- Dados de Produção
- Dados de exportação



F19

Consumo Interno = Importação + Produção - Exportação

Para onde vai o mercúrio que entra no processo??



Quanto de mercúrio para cada via de saída?

Deve-se considerar:

- Sistemas de tratamento existentes
- Destinação de resíduos

Fração de entrada de mercúrio
que é liberada para uma
determinada via

=

**FATOR DE DISTRIBUIÇÃO
(SAÍDA)**

Informações Necessárias para Cálculo de Emissões/Liberações

Input (Entrada)

Fator

- Conteúdo de mercúrio total (g/t, g/item, etc)

Dado: padrão (default), local, ou inexistente

Taxa de Atividade

- Quantidade processada/ano, número de itens/ano, quantidade disposta/ano, quantidade incinerada/ano, etc (kg Hg/ano)

Output (Saída)

Cenários

- Tipo de tratamento
- Tipo de coleta
- Tipo de disposição

Fator de distribuição

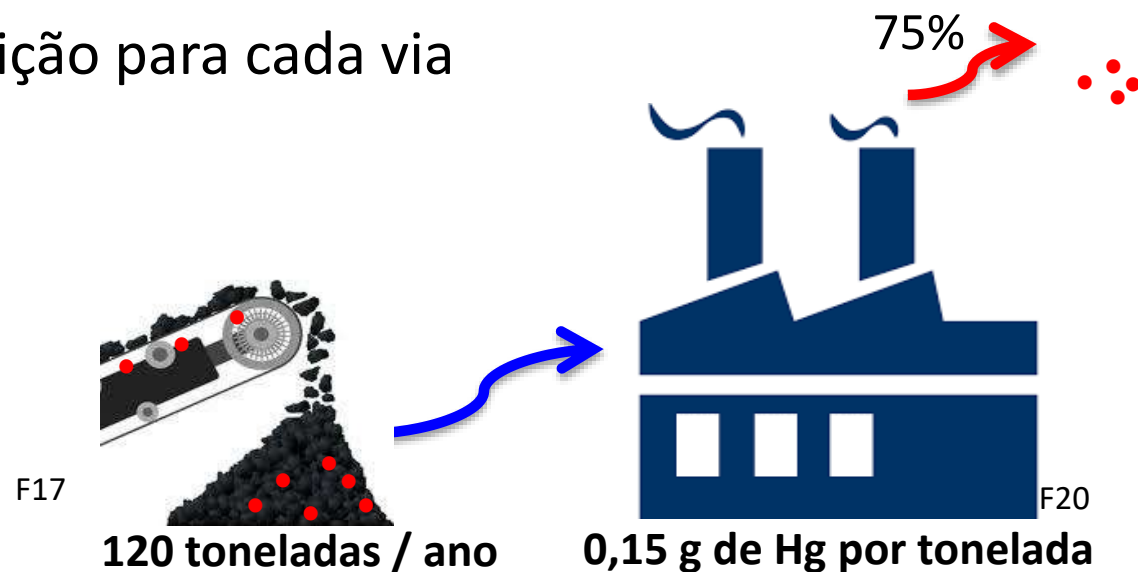
- Ar
- Água
- Solo
- Impureza no produto
- Resíduos
- Tratamento específico

Dado: Default, local ou inexistente

Fórmula geral

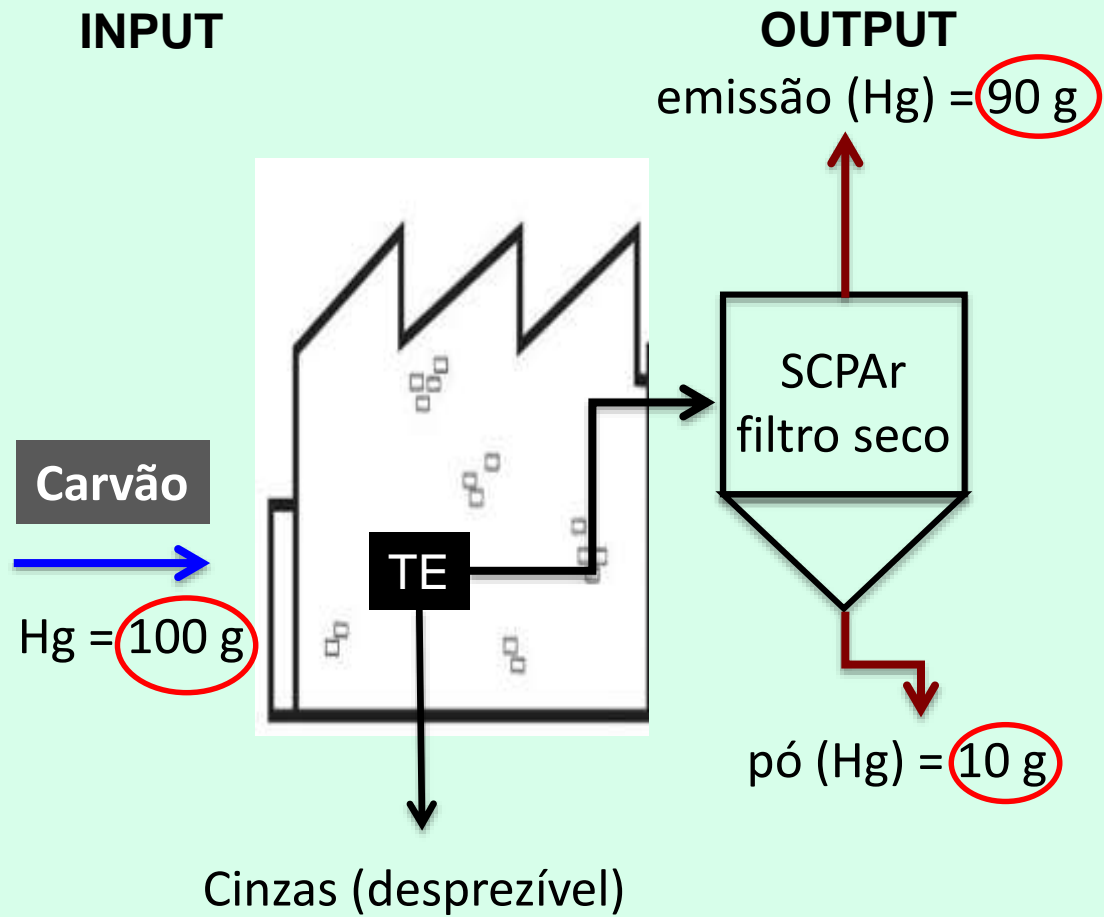
$$E_v = TA \times FE \times FD_v$$

- E_v = Emissão estimada de mercúrio para determinada via
- TA = Taxa de atividade
- FE = Fator de entrada
- FD_v = Fator de distribuição para cada via



Balanço de Massa. Exemplo 1 – Filtro seco

Exemplo 1: Filtro seco



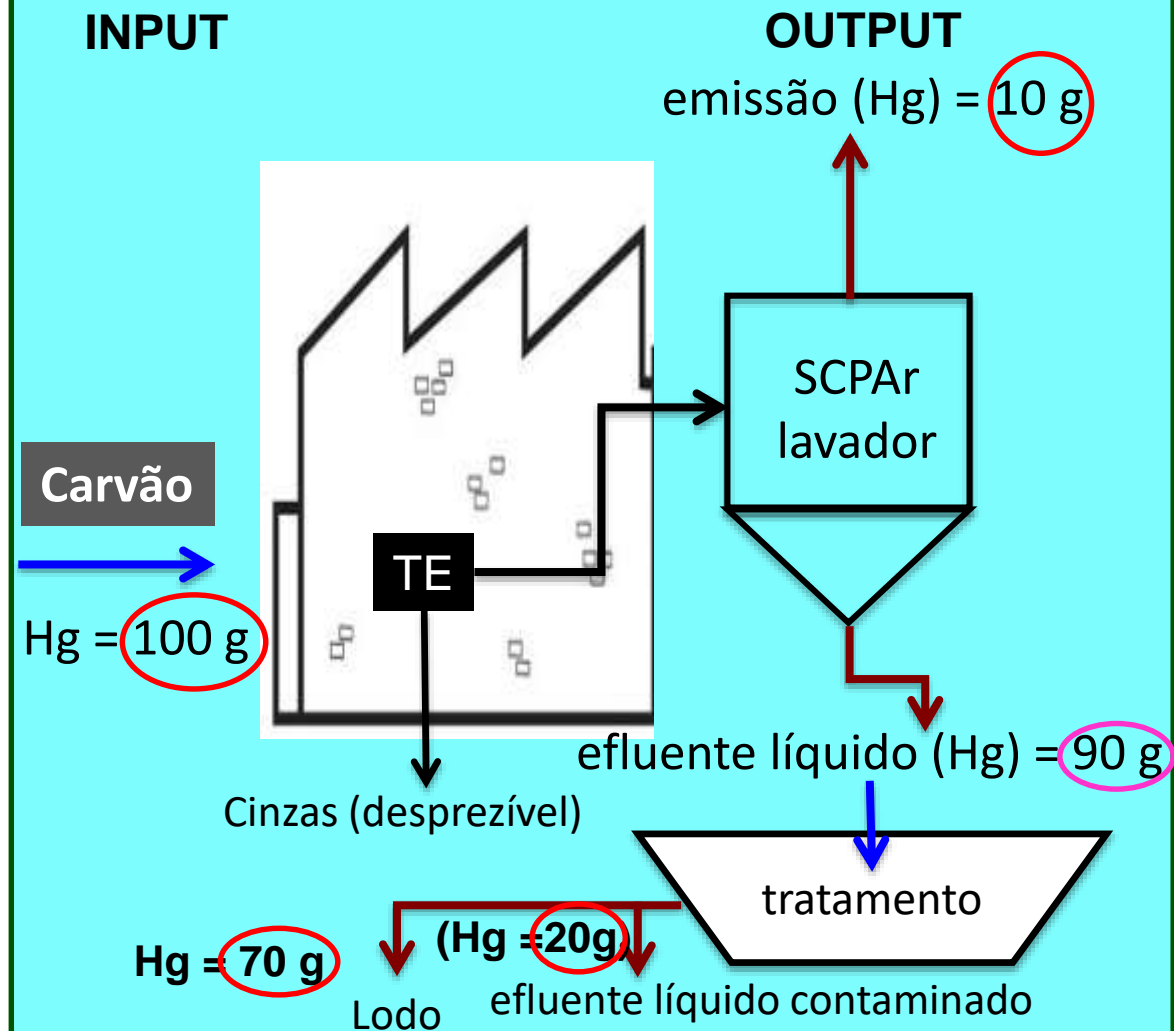
F21



F22
34

Balço de Massa. Exemplo 2. Lavador e tratamento de efluentes

Exemplo 2: Lavador



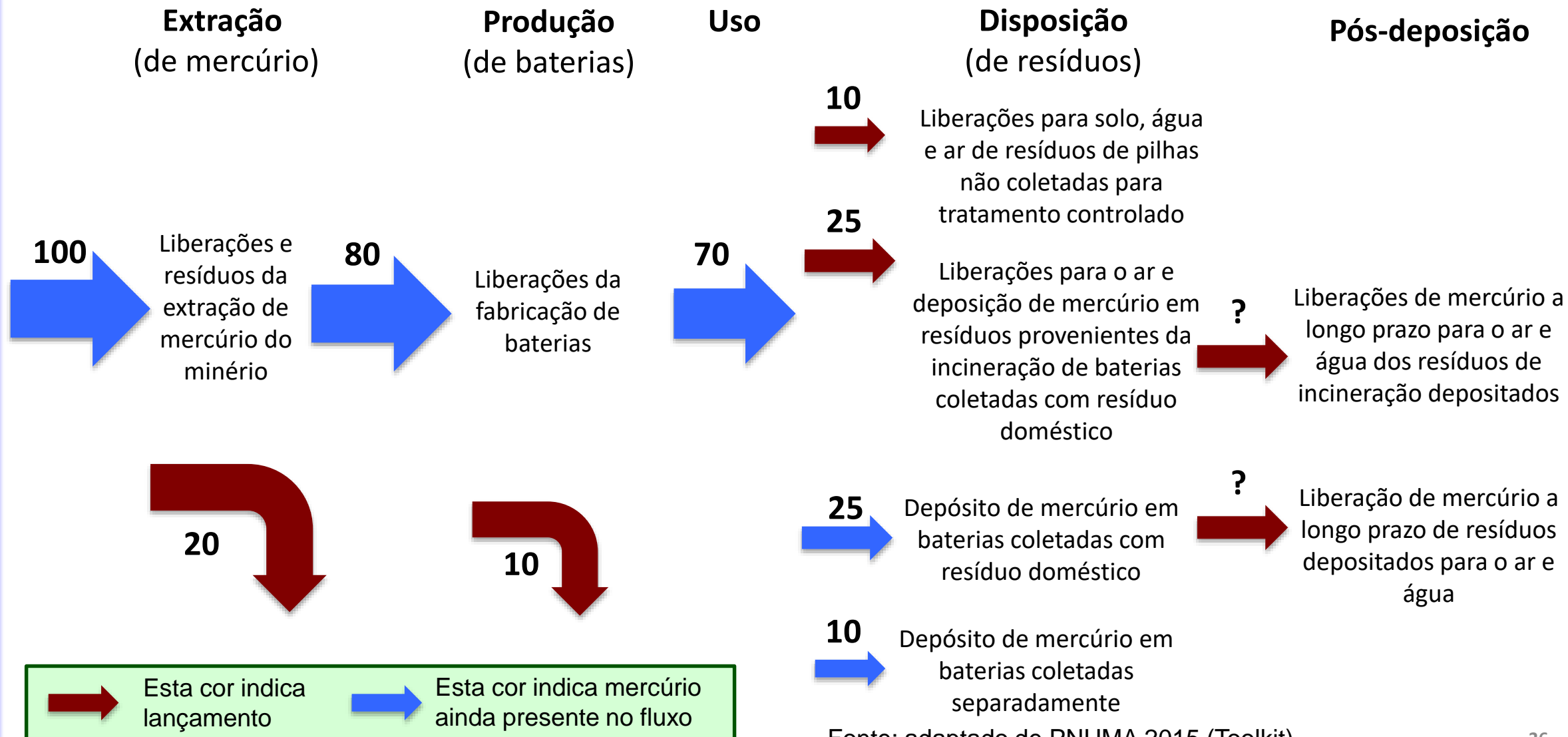
F23



F24

Exemplo de Inventário por Ciclo de Vida

Bateria a óxido de mercúrio



Fonte: adaptado de PNUMA 2015 (Toolkit)

Tipos de Abordagens Previstas no Toolkit

- Abordagem **“Fonte Pontual”** (PS)
 - Levantamento e tratamento dos dados fonte por fonte
- Abordagem **“Cenário Geral”** (OW)
 - Levantamento e tratamento de dados em nível nacional

Características das Abordagens

Fonte pontual

- Atividades ou processos que possuem número limitado
- Características individuais específicas de cada planta



F25



F26



F27

- Necessário coletar dados específicos de cada fonte

Cenário geral

- Difícil de implementar
- Fontes não se limitam a uma posição geográfica específica
- Fontes operam com condições semelhantes



F9



F28



F11

Tipos de Dados e Confiabilidade do Inventário

➤ Tipos de dados a serem considerados:

- Dados oficiais
- Dados diretos da fonte
- Dados estatísticos (produção, consumo, etc.)
- Default do *Toolkit*
- Informar dados faltantes ou incompletos (*gaps*)

➤ Confiabilidade do Inventário

- Grau alto, grau médio e grau baixo definidos para Atividade da Fonte e Estimativas de Entrada e Saída
- Evitar contabilidade dupla

Referências

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Toolkit para a Identificação e Quantificação de Fontes de Mercúrio, Relatório e Diretrizes de Referência para o Inventário Nível 2, Versão 1.3, abril de 2015. UNEP Chemicals Branch, Genebra, Suíça, 2015.

UNEP - United Nations Environment Programme. Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland, 2013.

UN Environment, 2017 (jan). Hg Toolkit Inventory Level2 Calculation Spreadsheet. Disponível em: <<http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/14783>>. Acesso em 8 jul 2017.

UN Environment. Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Sources, Reference Report and Guideline for Inventory Level 2, Version 1.4, December 2017. UN Environment Chemicals Branch, Geneva, Switzerland, 2017.

Unitar – United Nations Institute for Training and Research. s.d. Disponível em: <<http://mercurylearn.unitar.org/mod/lesson/view.php?id=51>>. Acesso em: 06 dez. 2017.

Yorifuji T, Tsuda T, Inoue S, Takao S, Harada M, Kawachi I (2013). Critical appraisal of the 1977 diagnostic criteria for Minamata Disease. Archives of Environmental & Occupational Health, 68:1, 22-29, DOI: 10.1080/19338244.2011.627894

Obrigado pela Atenção

Dúvidas?



F29

Fonte das Fotos

- Foto 1: < <http://d2fvaoyneucth8.cloudfront.net/assets/38960/produtos/270/mercario-mercurioliquidohg.jpg>>
- Foto 2: UNEP, 2017 (Toolkit)
- Foto 3: <<http://2.bp.blogspot.com/-HhsIFMRDe9k/T4-UuRHpWpl/AAAAAAAAAP8/MMoVG8T5U3o/w1200-h630-p-k-no-nu/tabela-periodica-completa.png>>
- Foto 4: <<https://www.organicsnewsbrasil.com.br/bem-estar/saude/brasil-entra-na-politica-para-restricao-do-uso-de-mercurio/>>
- Foto 5: <http://www.cetem.gov.br/mercurio/semi quanti/por/caso_minamata.htm>
- Foto 6: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80037/Mercurio/Convencao_Minamata.pdf>
- Foto 7: <<http://verdadealagoas.com.br/2017/09/28/brasil-participa-ate-amanha-em-genebra-da-convencao-de-minamata-sobre-mercurio/>>
- Foto 8:
<http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/Minamata%20Convention%20on%20Mercury_booklet_English.pdf>
- Foto 9: <<http://www.donneoggi.it/il-termometro.htm>>

Fonte das Fotos. Continuação

- Foto 10: <<http://bosiarquitetura.blogspot.com.br/2010/11/iluminacao-artificial-fontes.html>>
- Foto 11: <<http://www.cdeodontologia.com.br/blog/comissao-aprova-proposta-que-proibe-uso-de-amalgamas-de-mercuro-por-dentistas>>
- Foto 12: <<https://www.resumoescolar.com.br/biologia/aterro-sanitario/>>
- Foto 13: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Poluição_da_água#/media/File:Nrborderborderentrythreecolorsmay05-1-.JPG](https://pt.wikipedia.org/wiki/Polui%C3%A7%C3%A3o_da_%C3%A1gua#/media/File:Nrborderborderentrythreecolorsmay05-1-.JPG)>.
- Foto 14: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/substancias-toxicas-formadas-na-incineracao-lixo.htm>>
- Foto 15: UNEP, 2013. Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Sources, Guideline for Inventory Level 1, Version 1.2. UNEP Chemicals Branch, Genebra, Suíça
- Foto 16: PNUMA, 2015. Toolkit para a Identificação e Quantificação de Fontes de Mercúrio, Relatório e Diretrizes de Referência para Inventário Nível 2, Versão 1.3, abril de 2015. UNEP Chemicals Branch, Genebra, Suíça.
- Foto 17: <[https://www.canstockphoto.es/carbón-cinturón-mineros-casco-24678985.html](https://www.canstockphoto.es/carb%C3%B3n-cintur%C3%B3n-mineros-casco-24678985.html)>
- Foto 18: <<https://www.vix.com/pt/noticias/543228/por-que-a-anvisa-proibiu-a-venda-de-termometros-e-aparelhos-com-mercuro>>
- Foto 19: <<http://br.advfn.com/jornal/2015/09/em-agosto-de-2015-china-manteve-a-dianteira-na-lista-dos-principais-paises-compradores-das-exportacoes-brasileiras>>
- Foto 20: <<https://www.contourcomponents.com/solutions/enterprises>>
- Foto 21: <<http://www.weg.net/institutional/BR/pt/solutions/energy-efficiency/industrial-applications/baghouses>>
- Foto 22: <<http://www.hitachi-infra.com.sg/services/energy/dustcollection/case/electric.html>>

Fonte das Fotos. Continuação

- Foto 23: <<http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno10/mitigacion/Lavador%20Venturi-MP.html>>
- Foto 24: <<http://www.consultecpa.com.br/estacao-tratamento-efluentes-industriais>>
- Foto 25: <<http://www.jornalhojelivre.com.br/fabrica-de-cimentos-vai-produzir-1-milhao-de-toneladas-ao-ano/>>
- Foto 26: <<http://www.desenvolvimentistas.com.br/blog/carlosferreira/2012/09/27/europa-carvao-em-alta-renovaveis-em-baixa/>>
- Foto 27: <<http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/prestadores-de-servicos/cetes-ambiental/produtos/servicos/incineracao-de-residuos-perigosos>>
- Foto 28: <<http://www.terraplenagem.net/dicionario/a/aterro/>>
- Foto 29: <https://st.depositphotos.com/1695366/1395/v/950/depositphotos_13951404-stock-illustration-cartoon-boy-questions.jpg>