

RELATÓRIO FINAL

PROJETO AVALIAÇÃO INICIAL DA CONVENÇÃO DE MINAMATA SOBRE MERCÚRIO



ONU
programa para o
meio ambiente

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE E
MUDANÇA DO CLIMA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente
Luiz Inácio Lula da Silva

VICE-PRESIDENTE

Geraldo Alckmin

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA

Ministra
Marina Silva

SECRETARIA EXECUTIVA

Secretário-Executivo
João Paulo Capobianco

SECRETARIA NACIONAL DE AMBIENTE URBANO E QUALIDADE AMBIENTAL

Secretário
Adalberto Felício Maluf Filho

DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL

Diretora
Thaianne Resende Henriques Fábio

COORDENAÇÃO GERAL

Camila Arruda Boechat

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Ana Cristina Linhares

EQUIPE TÉCNICA MMA

Ana Cristina Linhares
Anisia Batista Oliveira de Abreu
Pollyane Rezende
Diego Henrique Costa Pereira
Luiz Gustavo Haisi Mandalho
Vitória Jales Bartholo de Oliveira

AUTORES/CONSULTORES

Ana Vasconcellos
João Bosco Costa Dias
Michael Kirschner
Instituto Avaliação
Centro de Tecnologia Mineral- CETEM
Centro de Apoio à Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo- CEAP-FSP

AGÊNCIA IMPLEMENTADORA E APOIO FINANCEIRO

Programa da ONU para o Meio Ambiente (PNUMA)
Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF)

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Henrique Peirano

REVISÃO DE TEXTO

Beatriz Rodrigues Carvalho de Lima

EQUIPE TÉCNICA PNUMA

Fernanda Romero
Tatiana Pierre Francisco
Hassan Sohn
Francisca Menezes
Gabriel Silva
Elisa Badziack

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA
SECRETARIA NACIONAL DE AMBIENTE URBANO E QUALIDADE AMBIENTAL

RELATÓRIO FINAL
PROJETO AVALIAÇÃO INICIAL DA CONVENÇÃO
DE MINAMATA SOBRE MERCÚRIO

Brasília, DF
MMA
2024

INTRODUÇÃO	25
1. CONTEXTO NACIONAL	27
1.1. PERFIL GEOGRÁFICO E DEMOGRÁFICO	27
1.2. PERFIL POLÍTICO, LEGAL E ECONÔMICO.....	29
1.3. PERFIL DOS SETORES ECONÔMICOS	29
1.4. PERFIL AMBIENTAL	30
2. MARCOS REGULATÓRIOS.....	35
2.1. AVALIAÇÃO POLÍTICA E REGULATÓRIA	35
2.2. AVALIAÇÃO INSTITUCIONAL.....	40
3. IDENTIFICAÇÃO DE POPULAÇÕES EM RISCO E DIMENSÕES DE GÊNERO	46
3.1. REVISÃO PRELIMINAR DE POTENCIAIS POPULAÇÕES EM RISCO E POTENCIAIS RISCOS PARA A SAÚDE.....	46
4. IMPACTOS DO MERCÚRIO NA SAÚDE	48
5. AVALIAÇÃO DE POTENCIAIS DIMENSÕES DE GÊNERO ASSOCIADAS À GESTÃO DO MERCÚRIO	50
6. CONSCIENTIZAÇÃO E COMPREENSÃO DOS TRABALHADORES E DO PÚBLICO	53
7. INVENTÁRIO DE MERCÚRIO E IDENTIFICAÇÃO DE EMISSÕES E LANÇAMENTOS.....	55
7.1. FONTES DE EMISSÃO E LIBERAÇÃO DE MERCÚRIO PRESENTES NO PAÍS	55
7.2. ENTRADAS DE MERCÚRIO PARA A SOCIEDADE	57
7.3. CENÁRIOS DE EMISSÕES E LIBERAÇÕES	59
7.4. CONTRIBUIÇÕES EM RELAÇÃO AO MEIO RECEPTOR	63
7.5. CONFIABILIDADE, LACUNAS E PRIORIDADES PARA ACOMPANHAMENTO	71
8. DADOS E INVENTÁRIO SOBRE O USO DE COMBUSTÍVEIS E FONTES DE ENERGIA.....	79
8.1. COMBUSTÃO DE CARVÃO MINERAL EM GRANDES CENTRAIS TERMELÉTRICAS ..	79
8.2. CALDEIRAS INDUSTRIAIS MOVIDAS A CARVÃO MINERAL	85
8.3. DADOS E INVENTÁRIO SOBRE A PRODUÇÃO DE METAL PRIMÁRIO	88
8.4. EXTRAÇÃO PRIMÁRIA E PROCESSAMENTO INICIAL DE MERCÚRIO	88
8.5. EXTRAÇÃO DE OURO E PRATA COM PROCESSO DE AMALGAMAÇÃO.....	89
8.6. EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO INICIAL DE ZINCO	89
8.7. EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO INICIAL DE COBRE.....	92
8.8. EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO INICIAL DE CHUMBO.....	95

8.9. EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO INICIAL DE OURO USANDO OUTROS MÉTODOS QUE NÃO A AMALGAMAÇÃO	96
8.10. DADOS E INVENTÁRIO SOBRE A PRODUÇÃO DE OUTROS MINERAIS E MATERIAIS CONTENDO MERCÚRIO	98
8.11. PRODUÇÃO DE CIMENTO	99
8.12. DADOS E INVENTÁRIO SOBRE O USO INTENCIONAL DE MERCÚRIO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS.....	104
8.13. PRODUÇÃO DE CLORO-ÁLCALIS COM TECNOLOGIA DE MERCÚRIO	105
8.14. DADOS E INVENTÁRIO DE PRODUTOS DE CONSUMO COM USO INTENCIONAL DE MERCÚRIO.....	107
8.15. TERMÔMETROS COM COLUNA DE MERCÚRIO	108
8.16. INTERRUPTORES ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS, CONTATOS E RELÉS COM MERCÚRIO	116
8.17. FONTES DE LUZ COM MERCÚRIO	120
8.18. PILHAS E BATERIAIS COM MERCÚRIO.....	130
8.19. FÁRMACOS PARA USO HUMANO E VETERINÁRIO.....	139
8.20. DADOS E INVENTÁRIO SOBRE OUTROS USOS INTENCIONAIS EM PRODUTOS E PROCESSO.....	140
8.21. RESTAURAÇÕES DENTÁRIAS COM AMÁLGAMA.....	140
8.22. MANÔMETROS E MEDIDORES DE PRESSÃO ARTERIAL CONTENDO MERCÚRIO	144
8.23. PRODUÇÃO DE MERCÚRIO RECICLADO (PRODUÇÃO SECUNDÁRIA)	148
8.24. DADOS E INVENTÁRIO SOBRE A INCINERAÇÃO E QUEIMA DE RESÍDUOS.....	149
8.25. INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	150
8.26. INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS PERIGOSOS.....	154
8.27. INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE	159
8.28. INCINERAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	163
8.29. DADOS E INVENTÁRIO DA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS E TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS	163
8.30. ATERROS SANITÁRIOS E DE RESÍDUOS PERIGOSOS.....	164
8.31. DESCARTE INFORMAL DE RESÍDUOS	170
8.32. SISTEMA DE COLETA E TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS	173
8.33. FOCOS IDENTIFICADOS DE CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO (ÁREAS CONTAMINADAS).....	182
8.34. COMÉRCIO DE MERCÚRIO E COMPOSTOS MERCURIAIS	187
8.35. PRODUTOS COM MERCÚRIO ADICIONADO (ARTIGO 4/ANEXO A).....	193

9. INVENTÁRIO SOBRE MINERAÇÃO ARTESANAL E EM PEQUENA ESCALA	197
I. INVENTÁRIO SOBRE A TERRA INDÍGENA YANOMAMI	203
10. PRIORIDADES DE AÇÃO PARA IMPLEMENTAÇÃO DA CONVENÇÃO DE MINAMATA.	205
I. PRODUTOS COM ADIÇÃO DE MERCÚRIO DO SETOR SAÚDE (ART. 4º)	205
II. LÂMPADAS FLUORESCENTES	207
III. PROCESSOS DE FABRICAÇÃO (ART. 5) – CLORO-ÁLCALI.....	208
IV. MAPEO (ART. 7) – MINERAÇÃO ARTESANAL E DE PEQUENA ESCALA.....	208
V. OBJETIVOS DA CONVENÇÃO DE MINAMATA	210
11. BIBLIOGRAFIA	216

Figura 1. Território do Brasil.....	27
Figura 2. Vegetação do Brasil.....	28
Figura 3. Contribuição das Emissões e liberações quantificadas, sem dupla contagem, por receptor (%).....	61
Figura 4. Distribuição das emissões e liberações mínimas e totais por subcategoria, com desconto de duplicidade (%).....	62
Figura 5. Distribuição das emissões e liberações máximas e totais por subcategoria com desconto de duplicidade (%).....	62
Figura 6. Cenário de Emissões mínimas e máximas para o meio ar (kg Hg/ano).....	65
Figura 7. Cenário de Emissões mínimas e máximas na água, sem desconto de duplicidade.....	66
Figura 8. Cenário de emissões mínimas e máximas para o meio solo, por subcategoria, sem desconto de duplicidade (kg Hg/ano).	67
Figura 9. Cenário de emissões mínimas e máximas no meio subprodutos e impurezas (kg Hg/ano).....	68
Figura 10. Cenário de emissões mínimas e máximas no meio resíduos sólidos gerais (kg Hg/ano).....	69
Figura 11. Cenário de emissões mínimas e máximas para o meio destinação e/ou tratamento específico (kg Hg/ano).	70
Figura 12. Localização das fábricas de cimento no Brasil.....	101
Figura 13. Balanço comercial (importação menos exportação) de termômetros clínicos de leitura direta, no Brasil, de 1997 a 2017.....	112
Figura 14. Curva de tendência do balanço comercial (importação menos exportação) de termômetros clínicos de leitura direta, no Brasil, nos últimos 10 anos (2008 a 2017).....	113
Figura 15. Composição da taxa de atividade para lâmpadas conforme quantidade de lâmpadas por tipo.....	123
Figura 16. Conteúdo de mercúrio em lâmpadas fluorescentes tubulares (LFT).....	125
Figura 17. Conteúdo de mercúrio em lâmpadas fluorescentes compactas (LFC).	125
Figura 18. Conteúdo de mercúrio em lâmpadas de vapor de mercúrio (LVM).....	126
Figura 19. Conteúdo de mercúrio em lâmpadas de vapor de mercúrio sólido (LVS).....	126
Figura 20. Conteúdo de mercúrio em lâmpadas de haleto metálico (LHM).....	127
Figura 21. Metodologia utilizada para obtenção dos valores de resíduos industriais perigosos incinerados nos anos de 2014, 2015 e 2016.....	156
Figura 22. Metodologia utilizada para obtenção dos valores de resíduos industriais não perigosos encaminhados para o aterro classe II A nos anos de 2014, 2015 e 2016.....	166
Figura 23. Metodologia utilizada para obtenção dos valores de resíduos industriais perigosos encaminhados para o aterro classe I nos anos de 2014, 2015 e 2016.	168

Tabela 1. Acordos Ambientais Multilaterais dos quais o Brasil é País-Parte	33
Tabela 2. Esboço das Demandas e Disposições para Implementar a Convenção de Minamata	36
Tabela 3. Responsabilidades das instituições em relação ao gerenciamento ambientalmente adequado de mercúrio	42
Tabela 4. População em risco de exposição ao mercúrio no Brasil.....	48
Tabela 5. Identificação das fontes de liberação de mercúrio no país; constantes da convenção; fontes presentes(S) e ausentes (N).....	55
Tabela 6. Resumo das entradas de mercúrio para a sociedade – cenários mínimos e máximos (Kg Hg/ano) no ano-base 2016, exceto a produção primária de zinco e cobre, cujo ano-base é 2015.....	57
Tabela 7. Resumo dos resultados do inventário de mercúrio – cenário de emissões e liberações mínimas no ano-base 2016, exceto produção de zinco e cobre (ano-base 2015).....	59
Tabela 8. Resumo dos resultados do inventário de mercúrio – cenário de emissões e liberações máximas no ano-base 2016, exceto produção de zinco e cobre (ano-base 2015).....	60
Tabela 9. Resumo das fontes dos dados de confiabilidade das emissões e liberações calculadas, por subcategoria.	72
Tabela 10. Resumo das lacunas de informações e dados para determinação de emissões e liberações calculadas, por subcategoria.....	73
Tabela 11. Resumo das recomendações, por subcategoria, para acompanhamento, visando atualização e melhoria do inventário de acordo com a escala de prioridade, segundo o cenário máximo de emissões e liberações de mercúrio.....	75
Tabela 12. Fontes pontuais identificadas na subcategoria combustão de carvão mineral em grandes centrais termelétricas.	81
Tabela 13. Concentrações de mercúrio no carvão mineral brasileiro, relatadas pelas usinas termelétricas e encontradas em dados da literatura.....	82
Tabela 14. Fatores padrão de distribuição do <i>Toolkit</i> 2015 para as saídas de mercúrio por combustão de carvão mineral em usinas termelétricas.	83
Tabela 15. Queima de carvão mineral em termelétricas: valores utilizados e resumos das emissões e liberações de mercúrio no ano-base de 2016.....	84
Tabela 16. Consumo de carvão mineral por setor industrial em 2014, 2015 e 2016.....	85
Tabela 17. Fatores padrão de distribuição do <i>Toolkit</i> 2015, para as saídas de mercúrio por outros usos do carvão mineral, como as caldeiras industriais	86
Tabela 18. Queima de carvão mineral em caldeiras industriais: valores utilizados e resumo das emissões e liberações de mercúrio (ano base 2016).....	87

Tabela 19. Fatores padrão para a distribuição de saída de mercúrio da produção de zinco a partir de concentrados, segundo nível de tratamento.....	91
Tabela 20. Produção de zinco a partir de concentrados: valores utilizados e resumo das emissões e liberações de mercúrio no Brasil, com fatores de entrada e saída do <i>Toolkit</i> 2015, e taxa de atividade do DNPM (Ano base: 2015).....	92
Tabela 21. Fatores padrão de distribuição de saídas de mercúrio da produção de cobre a partir de concentrados, segundo nível de tratamento.....	94
Tabela 22. Produção de cobre a partir de concentrados: valores utilizados e resumo das emissões/liberações de mercúrio no Brasil (Ano base: 2015).....	95
Tabela 23. Conteúdo de mercúrio em minério de ouro no Brasil e comparação com valor do <i>Toolkit</i> 2015.....	97
Tabela 24. Produção de ouro industrial por processos que não a amalgamação: valores utilizados e resumo das emissões/liberações de mercúrio no Brasil (Ano: 2016).....	98
Tabela 25. Conteúdo de mercúrio (ppm) em matérias-primas e no combustível para produção de cimento, no Brasil, obtido na literatura.....	102
Tabela 26. Produção de cimento: valores utilizados e resumo das emissões e liberações de mercúrio (Ano base: 2016).....	104
Tabela 27. Fontes pontuais identificadas nesta subcategoria e respectiva capacidade nominal de produção.....	105
Tabela 28. Produção de cloro-álcalis: valores utilizados no resumo das emissões/liberações de mercúrio. (Ano base: 2016).....	107
Tabela 29. Estimativa da quantidade de termômetros clínicos com mercúrio necessários para atender os leitos no Brasil em 2011, baseado nos dados do PHS (RIBEIRO FILHO, 2018).....	111
Tabela 30. Taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída e emissões e liberações de mercúrio no uso e destinação final de termômetros. (Ano base: 2016).....	115
Tabela 31. Taxa de atividade, fatores de entrada, fatores de distribuição de saída e emissões e liberações de mercúrio, no uso e destinação final de interruptores, contatos e relés elétricos e eletrônicos. (Ano base: 2016).....	119
Tabela 32. Quantidade de lâmpadas importadas, conforme plataforma COMEX STAT.....	121
Tabela 33. Quantidade de lâmpadas exportadas, conforme plataforma COMEX STAT.....	122
Tabela 34. Consumo aparente de lâmpadas para os anos de 2010, 2011 e 2012.....	122
Tabela 35. Taxa de atividade, fator de entrada, fatores de saída e emissões e liberações de mercúrio calculadas para uso e destinação final de lâmpadas com mercúrio. (Ano base: 2016).....	129
Tabela 36. Importação de pilhas e baterias conforme plataforma COMEX STAT, em 2015, 2015 e 2016 (em toneladas).....	135

Tabela 37. Exportação de pilhas e baterias conforme plataforma COMEX STAT, em 2015, 2015 e 2016 (em toneladas).....	135
Tabela 38. Consumo aparente de pilhas e baterias para os anos 2014, 2015 e 2016 (em toneladas).....	136
Tabela 39. Taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída e emissões e liberações de mercúrio. (Ano base: 2016).....	138
Tabela 40. Taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída e emissões e liberações de mercúrio calculadas a partir da estimativa da preparação, uso e destinação final de restaurações de amálgama, (Ano base: 2016).....	143
Tabela 41. Taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída e emissões e liberações de mercúrio calculadas para uso e destinação final de manômetros, exceto da área da saúde. (Ano base: 2016).....	148
Tabela 42. Incineração de resíduos sólidos urbanos: valores utilizados e resumo das emissões e liberações estimadas de mercúrio. (Ano base: 2016).....	154
Tabela 43. Estimativa da quantidade de resíduos industriais e resíduos industriais perigosos gerada e quantidade de resíduos industriais perigosos incinerada, nos anos de 2014, 2015 e 2016.	156
Tabela 44. Incineração de resíduos perigosos: valores utilizados e resumos das emissões/liberações estimadas de mercúrio (Ano-Base: 2016).....	159
Tabela 45. Resíduos de serviço de saúde coletados e destinados pelos municípios: quantidade total, percentual e quantidade incinerada nos anos 2014, 2015 e 2016.....	160
Tabela 46. Incineração de resíduos da saúde: valores utilizados e resumos das emissões e liberações estimadas de mercúrio (Ano-Base: 2016).....	162
Tabela 47. Disposição final dos resíduos sólidos no Brasil.....	165
Tabela 48. Estimativa da quantidade de resíduos industriais não perigosos gerada, e quantidade disposta em aterros classe II A nos anos de 2014, 2015 e 2016.....	166
Tabela 49. Quantidade de resíduos industriais perigosos dispostos em aterros classe I nos anos de 2014, 2015 e 2016.....	169
Tabela 50. Disposição de resíduos sólidos – aterros classe II A e aterros classe I: valores utilizados e resumos das emissões e liberações estimadas de mercúrio (Ano-Base: 2016).....	170
Tabela 51. Descarte informal de resíduos sólidos urbanos (aterros controlados e lixões): valores utilizados e resumos das emissões e liberações estimadas de mercúrio (Ano-Base: 2016).....	172
Tabela 52. Volume de esgoto gerado no Brasil (população urbana) nos anos de 2014, 2015 e 2016.....	174
Tabela 53. Atendimento da população brasileira urbana com serviços de esgotamento sanitário, em 2013.....	175
Tabela 54. Conteúdo de mercúrio no esgoto bruto e tratado apresentados pela CORSAN, Rio Grande do Sul.....	175

Tabela 55. Conteúdo de mercúrio no esgoto tratado por unidade da Federação.....	176
Tabela 56. População atendida por tipo de tratamento e respectiva porcentagem de remoção de DBO.....	178
Tabela 57. Destinação do lodo de ETE em algumas Unidades da Federação do Brasil.....	180
Tabela 58. Tratamento de águas residuais: valores utilizados e resumos das emissões e liberações estimadas de mercúrio (Ano-Base: 2016).....	182
Tabela 59. Fontes de contaminação das áreas contaminadas e reabilitadas por mercúrio no estado de São Paulo.....	183
Tabela 60. Estágio do processo de investigação/remediação das áreas contaminadas e reabilitadas por mercúrio no estado de São Paulo.....	184
Tabela 61. Síntese das informações sobre as áreas contaminadas, áreas potencialmente contaminadas ou áreas com populações potencialmente expostas à mercúrio no Brasil.....	186
Tabela 62. Importação de mercúrio metálico ¹ (kg) por estado brasileiro no período de 2001 a 2016.....	189
Tabela 63. Exportação de mercúrio metálico ¹ (kg) para o Brasil por país no período de 2001 a 2016.....	190
Tabela 64. Ranking dos países que exportaram mercúrio metálico ¹ para o Brasil no período de 2001 a 2016 e volume de mercúrio exportado (kg).....	190
Tabela 65. Importação de compostos mercuriais (kg) pelo Brasil no período entre os anos de 2001 a 2016.....	191
Tabela 66. Exportação de mercúrio metálico ¹ (kg) pelo Brasil e país importador no período de 2001 a 2016.....	192
Tabela 67. Estimativas de Emissões de Hg diretamente para a atmosfera e de potenciais liberações para solos, águas e/ou rejeitos (contidos ou não) e fatores de distribuição da perda de Hg para a atmosfera, águas e/ou rejeitos.....	201
Tabela 68. Compilação das medidas prioritárias, atores responsáveis e prazos estipulados para implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio no Brasil.....	213

LISTA DE SIGLAS

ABAG	Associação Brasileira de Agronegócio
ABC	Agência Brasileira de Cooperação
ABCM	Associação Brasileira de Cerâmica
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
Abema	Associação Brasileira de Entidades do Meio Ambiente
Abiclor	Associação Brasileira da Indústria de Cloro, Álcalis e Derivados
Abilux	Associação Brasileira da Indústria de Iluminação
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
Abrema	Associação Brasileira dos Fabricantes de Equipamentos Magnéticos
Abulum	Associação Brasileira de Fabricantes de Luminárias
Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Conasq	Comissão Nacional de Segurança Química
COP 1	Conferência das Partes
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária
Fiocruz	Fundação Oswaldo Cruz
FUNAI	Fundação Nacional dos Povos Indígenas
Fundacentro	Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho
GT	Grupo de Trabalho
Hg	Mercúrio
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IEC	International Electrotechnical Commission (Comissão Eletrotécnica Internacional)
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MIA	Avaliação Inicial de Minamata
MIA	Convenção de Minamata sobre Mercúrio
MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
MME	Ministério de Minas e Energia
MPI	Ministério da Pesca e Aquicultura
MRE	Ministério das Relações Exteriores
MS	Ministério da Saúde
Opas	Organização Pan-Americana da Saúde

Otca	Organização do Tratado de Cooperação Amazônica
PHS	Política de Higiene e Segurança
PIB	Produto Interno Bruto
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
SESAI	Secretaria de Saúde Indígena
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
TEM	Tributação, Energia e Mineração
TIY	Território Indígena Yanomami
UNODC	United Nations Office on Drugs and Crime (Escritório das Nações Unidas sobre Drogas e Crime)
WWF	World Wide Fund for Nature (Fundo Mundial para a Natureza)

Sumário Executivo

O Brasil apresenta sua Avaliação Inicial da Convenção de Minamata (do inglês, MIA), que tem como objetivo disponibilizar informações e dados de linha de base sobre o mercúrio, incluindo o inventário de mercúrio, para orientar o país com relação a suas obrigações perante a Convenção de Minamata. O Brasil aderiu à Convenção em 29 de junho de 2017, e a Convenção entrou em vigor em 14 de agosto de 2018. A elaboração do Projeto MIA Brasil teve seu Programa Executivo assinado em 28 de agosto de 2015 pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), como órgão executor, e pela Agência Brasileira de Cooperação (ABC em parceria com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) como agência implementadora.

Em termos gerais, o MIA Brasil englobou (i) a avaliação e atualização das informações disponíveis relacionadas com a gestão nacional de mercúrio; (ii) a análise do marco regulatório afeto ao mercúrio; (iii) a avaliação da capacidade nacional de gestão e monitoramento de mercúrio; (iv) a elaboração de um inventário de emissões e liberações antropogênicas de mercúrio; (v) o inventário nacional de mineração artesanal e (vi) o relatório final apontando o processo a ser seguido na implementação da Convenção de Minamata. Os principais resultados são apresentados a seguir.

I. QUADRO POLÍTICO, REGULATÓRIO E INSTITUCIONAL

A Análise do Marco Regulatório confrontou a legislação brasileira com as exigências da Convenção de Minamata sobre o Mercúrio. No diagnóstico, foram identificados 68 dispositivos que demandam providências para que o governo brasileiro possa cumprir a Convenção. Dessas disposições, foram propostas 52 medidas, sendo 34 administrativas e dezoito normativas. Destacam-se medidas como o estabelecimento de um quadro regulatório abrangente, incluindo a proibição de novas operações de mineração de mercúrio, restrições à exportação e regulamentações específicas para produtos com mercúrio.

A compilação e o diagnóstico da legislação nacional revelaram respaldo para diversas obrigações da Convenção, mas também apontaram lacunas a serem preenchidas. As propostas incluem a modificação Instrução Normativa Ibama nº 8, de 8 de maio de

2015, a criação de normas para gestão ambientalmente adequada do mercúrio, e a revisão de regulamentações relacionadas a mercúrio em diferentes contextos.

O estudo ressaltou a importância do inventário de emissões para mapear fontes emissoras de mercúrio, identificar áreas prioritárias e estabelecer medidas de controle.

No Brasil existem várias instituições com competências para lidar com a gestão do mercúrio. Assim, de modo a identificar os papéis desempenhados por tais instituições e aprimorar a implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio, uma avaliação da infraestrutura e capacidade institucional para embasar as medidas normativas foi inserida no documento. A Comissão Nacional de Segurança Química (CONASQ), reinstalada em 5 de setembro de 2023 pelo Decreto nº 11.686, coordena o gerenciamento ambientalmente adequado de substâncias químicas no país, com objetivo de proteger a saúde humana e o meio ambiente.

Um Grupo de Trabalho permanente para a implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio foi estabelecido no âmbito da CONASQ para tratar das medidas relacionadas com a eliminação da contaminação por mercúrio, com vistas a possibilitar a articulação e coordenação de ações entre Ministérios, agências governamentais, setores da indústria e sociedade civil.

II. INVENTÁRIO NACIONAL DE MERCÚRIO

O Inventário de Emissões e Liberações de Mercúrio foi desenvolvido com base na ferramenta "*Toolkit* para Identificação e Quantificação de Liberações de Mercúrio", nível 2, disponibilizada pelo PNUMA em abril de 2015.. A metodologia baseia-se em balanços de massa para cada subcategoria de fonte de emissão e liberação de mercúrio.

O desenvolvimento do inventário de mercúrio requereu um conjunto de dados e informações referentes às características das fontes de emissão, como a taxa de atividade/quantidade de produto, o teor de mercúrio contido, os fatores de distribuição e os sistemas de tratamento aplicados. A implementação do Toolkit nível 2 demanda uma quantidade considerável de informações, muitas das vezes inexistentes ou imprecisas. De forma a amenizar a influência da inexistência/imprecisão de tais informações na compreensão do inventário das emissões e liberações de mercúrio,

optou-se por construir cenários mínimo, intermediário e máximo, permitindo observar diferentes comportamentos e gerando subsídios importantes para a gestão pública. Vale destacar que tal abordagem não é prejudicial, pelo contrário, é alinhada aos objetivos do projeto, como identificar lacunas que devem ser refinadas no futuro.

De acordo com o Inventário, as entradas de mercúrio variam de 67.024 a 940.108 kg/ano nos cenários mínimo e máximo, com emissões totais de 69.102 Hg/ano a 940.108 kg Hg/ano. Diferenças entre entrada e saída são atribuídas à metodologia de desconto de duplicidade, possivelmente influenciada pelo *Toolkit* 2015. O solo é o meio mais impactado, recebendo 28% no cenário mínimo e 59% no máximo. No cenário mínimo, resíduos sólidos e tratamento específico também são afetados (20% cada), seguidos pelo ar (15%). No cenário máximo, após o solo, o meio ar (13%), os resíduos sólidos (9%), o meio água e o de subprodutos/impurezas (7%) são relevantes na destinação de emissões/liberações.

As cinco principais subcategorias, em termos de emissões totais sem duplicidade, no cenário mínimo incluem: extração e processamento de ouro industrial sem amalgamação (28,1%); restaurações dentárias com amálgama (15,5%); produção de cloro-álcalis com tecnologia de mercúrio (15,2%), descarte informal de resíduos sólidos (8,6%); e pilhas e baterias (7,9%). No cenário máximo, destacam-se: extração e processamento de ouro industrial sem amalgamação (63,9%); descarte informal de resíduos sólidos em geral (6,5%); produção de cimento (clínquer) (5,7%); interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés (5,6%); e restaurações dentárias com amálgama (4,7%).

No que diz respeito às emissões anuais de mercúrio no ar, as cinco principais contribuições em um cenário mínimo, são: o descarte informal de resíduos em geral (28,7%); produção de cimento (19,1%); produção de cloro-álcalis (12,6%); a extração e processamento de ouro industrial sem amalgamação (7,5%); e incineração de resíduos sólidos perigosos (6%), totalizando 75% das emissões. No cenário máximo, a produção de cimento (31,7%), o descarte informal de resíduos sólidos (26,0%), a extração e o processamento de ouro industrial sem amalgamação (20,4%), os aterros sanitários e de resíduos perigosos (4,5%), e, finalmente, interruptores elétricos e eletrônicos contatos e relés contendo mercúrio (4,5%) somam 87,1% das emissões estimadas de mercúrio em relação ao total de 114.281,7 kg/ano emitidos para o ar.

No meio água, os lançamentos referentes a tratamento e sistemas de águas residuais foram descontados do total, pois caracterizam duplicidade de contagem em outras fontes. No cenário mínimo, as liberações da obturação dentária com amálgama (54,9%) e o descarte informal de resíduos sólidos (3,8%) juntos contribuíram para 58,7% do total nesta subcategoria. No cenário máximo, o descarte informal de resíduos sólidos (46,6%), restauração dentária com amálgama (31,2%) e extração e processamento de ouro industrial sem amalgamação (18,3%) compreendem 96,1% das liberações de mercúrio para o meio água.

No meio solo, os lançamentos de mercúrio de descarte informal de resíduos sólidos foram descontados do total, pois também caracterizam duplicidade de contagem em outras fontes. No cenário mínimo, as liberações da extração e processamento de ouro industrial sem amalgamação contribuíram com 91,9% do total nesta subcategoria, seguidas das restaurações dentárias com 5,0%. No cenário máximo, a subcategoria extração e processamento de ouro industrial sem amalgamação, com 97,6% dos lançamentos de mercúrio no solo, sendo o grande contribuinte das liberações para este meio.

No cenário mínimo, a produção de cimento (29%), extração e processamento de ouro industrial sem amalgamação (27%), restaurações dentárias com amálgama (24%) e produção primária de zinco (17%) representam 97% das liberações que tem como destino estes receptores. Por outro lado, no cenário máximo, a extração e processamento de ouro industrial sem amalgamação (37,4%), produção de cimento (24,9%), produção primária de zinco (20,0%) e a produção primária de cobre (13,1%), somam 95,4% das liberações nestes receptores.

Os resultados indicam como são importantes e prioritários para acompanhamento, no cenário mínimo, os setores de extração e processamento de ouro industrial sem amalgamação, restaurações dentárias com amálgama e produção de cloro-álcalis.

Os dois primeiros merecem esforço maior para obtenção de dados e informações nacionais, de forma a melhorar a confiabilidade da informação. No cenário máximo, novamente ressalta a participação da extração e processamento de ouro industrial sem amalgamação, como o mais importante contribuinte com 64% das emissões e liberações totais de mercúrio deste inventário. Portanto, também merece grande

atenção como mencionado para o cenário mínimo. Três outros contribuintes neste cenário máximo também demandam atenção: descarte informal de resíduos sólidos em geral, produção de cimento e interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés, sendo que este último é o que apresenta confiabilidade mais baixa em relação a dados e informações nacionais. De forma geral, a confiabilidade deste inventário é baixa a média e lacunas existem e exigem ações para estruturar a coleta e armazenamento sistemático de informações e dados estatísticos dos vários setores envolvidos. Especial atenção deve ser dada ao conteúdo de mercúrio em matérias-primas, combustíveis, resíduos, emissões; taxas de atividade; tecnologias de tratamento adotadas; formas de gestão de resíduos e materiais contendo mercúrio; processos tecnológicos; importação e exportação de materiais e produtos contendo mercúrio.

III. INVENTÁRIO DE EMISSÕES E LIBERAÇÕES DE MERCÚRIO DA MINERAÇÃO ARTESANAL EM PEQUENA ESCALA DE OURO (MAPEO) NO BRASIL

O Inventário de Emissões e Liberações de Mercúrio da Mineração Artesanal em Pequena Escala de Ouro (MAPEO) no Brasil, descreve as emissões e liberações de mercúrio com base no balanço metalúrgico de mercúrio, considerando os múltiplos processos minerais e os controles ambientais disponíveis na mineração de ouro de pequena e média escala no Brasil, associada a cenários razoáveis de produção nacional de ouro.

Os principais resultados são vitais para atender aos compromissos da Convenção de Minamata (CM), em especial para subsidiar o Plano Nacional de Ação para MAPEO (CM artigo 7). Deve-se destacar que este trabalho foi um esforço inicial para compilar informações primárias sobre a quantidade de mercúrio perdido para o meio ambiente pela MAPEO e podem ser esperadas melhorias.

O inventário de mercúrio (IM) da MAPEO é uma compilação dos dados espaciais legais existentes na MAPEO; dados de diferentes partes interessadas; protocolos utilizados para avaliar dados; vários relatórios dos dados de campo e análises produzidas para apresentar os resultados, conclusões e recomendações de ações.

A pequena mineração de ouro no Brasil é um setor extremamente heterogêneo,

mesmo abrigado sob uma mesma denominação. Apresenta-se múltiplo e dispar não permitindo simplificações. Varia desde o aspecto de legalidade (pela permissão de lavra e/ou recebimento de áreas com concessão de lavra), no tamanho das áreas, na presença ou não de cooperativas, no número de cooperados associados e grau de maturidade das mesmas, nas relações laborais, na forma de atuação dos gestores de áreas de cooperativas ou dos detentores de permissão de lavra, na escala de produção, no tipo de minério, no tipo de equipamentos, em sua eficiência e qualidade, no nível de manutenção destes equipamentos, etc. Ainda, o distinto grau de clareza nas orientações fornecidas por instituições governamentais e da sua atuação na fiscalização, incrementam as facetas do setor. Um aspecto geral, entretanto, é o uso de mercúrio na amalgamação do ouro. É difícil afirmar o número de garimpeiros de ouro no Brasil devido à inexistência de censo específico para este fim. Entretanto, alguns números têm sido indicados, variando uma ordem de grandeza, de aproximadamente 80.000 a 800.000, dependendo da fonte de informação.

A MAPEO é considerada uma fonte antropogênica que perde Hg para o meio ambiente ao longo do processo produtivo. Segundo o Programa de Acompanhamento e Avaliação do Ártico AMAP/UNEP, 2013, o Hg perdido para o meio ambiente pode ser entendido como sendo emitido para a atmosfera ou liberado para solos, águas e/ou rejeitos, e a partir daí, pode ser re-emitido para atmosfera. Os compartimentos ambientais contaminados são considerados como fontes de re-emissão de Hg e podem permanecer por longo prazo nesta situação. Portanto, decrescer a fonte de re-emissão de Hg requer a redução das fontes antropogênicas de Hg e por meio de ações que possam impedir as condições ambientais que promovem as re-emissões.

Vinte e seis (26) áreas de MAPEO foram estudadas: sete (7) no estado do Pará (sendo seis na primeira fase e uma na segunda fase), dez (10) no estado do Mato Grosso, cinco (5) no estado do Amapá, três (3) no estado da Bahia e um (1) em no estado de Rondônia. Deste total, dezessete (17) áreas foram visitadas, e em catorze (14) áreas foram realizados também os experimentos de balanço metalúrgico, sendo que em doze (12) áreas foi possível realizar os experimentos completos do balanço metalúrgico de uso e perda de Hg (ou balanço de massas de mercúrio nos processos produtivos da MAPEO) e em duas áreas foram realizados experimentos parciais. Das catorze (14) áreas onde foram realizados os experimentos, seis (6) exploram o minério secundário, uma (1), o rejeito do minério secundário, e sete (7), o minério primário.

Em relação à procedência do Hg utilizado nas MAPEO, a grande maioria relatou a compra de Hg sem nota fiscal. Segundo eles, a aquisição de Hg legalizado é muito difícil, pois não há mercado formal do produto enquanto a ilegal é bastante fácil. Conforme informações recebidas na época do inventário, o preço do Hg variava nos estados brasileiros, de R\$ 600,00/kg a até R\$ 1.200,00/kg. Comprovou-se a facilidade de aquisição de Hg em sites da internet.

A massa total de Hg perdida para o meio ambiente pela MAPEO compreende: 1) a massa perdida para solos, águas, sedimentos ou rejeitos (contidos ou não em bacias de contenção de rejeitos) e, 2) a massa perdida diretamente para a atmosfera. Com base nos cenários apresentados no inventário, a emissão de Hg, diretamente para a atmosfera, por MAPEO no Brasil, para o ano de 2016, varia de 11 toneladas a 161 toneladas, considerando a produção legalizada e ilegal de ouro, os distintos processos minerais e os percentuais de uso de controles de emissão.

IV. AÇÕES VOLTADAS PARA AS TERRAS INDÍGENAS - CRISE TERRA INDÍGENA YANOMAMI

A atividade de mineração de ouro no Brasil associada ao garimpo é a maior fonte de liberação de mercúrio para o solo e, geralmente, ocorrem em ecossistemas sensíveis e biodiversos em todo o mundo. O uso indiscriminado de mercúrio na extração de ouro, pela atividade garimpeira da bacia Amazônica, vem ocasionando danos diretos às populações indígenas e ribeirinhas além de estragos, pela acumulação do mercúrio na cadeia trófica, no ambiente hídrico amazônico.

A recente crise humanitária e ambiental no território Yanomami é prova desta tendência fortemente impactada pelo desmatamento e mineração ilegal, com a utilização de mercúrio, que contamina não só os rios da região, mas também o solo e os animais. O garimpo ilegal na terra indígena yanomami teve sua escala e intensidade aumentadas de maneira impressionante nos últimos anos. Dados do Mapbiomas indicam que a partir de 2016 a curva de destruição do garimpo assumiu uma trajetória ascendente e, desde então, tem acumulado taxas cada vez maiores. Nos cálculos da plataforma, entre 2016 e 2020, o garimpo na TIY cresceu nada menos que 3.350%.

As regiões mais atingidas estão localizadas em Uraricoera (Palimiu e Waikás), Auaris,

Parima (Arathau, Parafuri, Waputha e Surucucu), Xitei, Homoxi, Rio Mucajaí e Couto Magalhães (Kayanau, Papiu, Alto Mucajaí, Hakoma), Rio Apiú, Rio Catrimani (Alto Catrimani e Missão Catrimani) e Ericó. A recente descoberta de 20 mil garimpeiros atuando nas Terras Indígenas Yanomami destacou ainda mais o problema envolvendo o mercúrio, pois, além de se tratar de um crime ambiental, também prejudica todo o ecossistema dos povos indígenas da região.

Todo esse contexto levou o Governo Federal a adotar medidas urgentes de prevenção, controle e contenção de riscos, danos e agravos ao meio ambiente e à saúde pública. Entretanto, para além das medidas emergenciais, é necessário planejar e implementar medidas para promover o aprimoramento da gestão e uso do mercúrio, monitorar a contaminação do ambiente onde ocorre a prática do uso dessa substância e sensibilizar a todos sobre os compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito da Convenção de Minamata. Para a concretização desses compromissos, é preciso o fortalecimento da capacidade institucional do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima/ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ponto Focal da Convenção - e de sua estrutura de recursos humanos e de logística envolvida na temática, de mecanismos de articulação interinstitucional, além do desenvolvimento de estudos e de bases de dados que possam direcionar os focos de atuação.

Considerando o uso indiscriminado de mercúrio na extração de ouro realizada na bacia Amazônica e a proliferação destas atividades na região, que ocasiona danos diretos às populações indígenas e ribeirinhas pela acumulação do mercúrio na cadeia trófica do ambiente hídrico, o MMA, em parceria com o Ibama e o ICMBio, desenvolveram projeto com o objetivo de avaliar e monitorar a qualidade ambiental dos corpos hídricos afetados pelo garimpo, a partir de dados obtidos em campo e realização de análises laboratoriais de matrizes ambientais (água e sedimento). Os padrões de qualidade definidos na Resolução Conama nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e na Resolução Conama nº 454/2014, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional, conjugado com o padrão de potabilidade estabelecido para o consumo humano, foram utilizados como referência estando assim alinhados com as disposições da Convenção de Minamata e o Plano Socioambiental quanto ao Território Indígena Yanomami.

O projeto de Monitoramento Ambiental em Terras Indígenas Yanomami também monitorará a presença de mercúrio em pescado.

As atividades do projeto incluem:

Fase 1: Elaboração de Modelos Conceituais;

Fase 2: Estabelecimento da Rede de Monitoramento (área de abrangência do projeto);

Fase 3: Obtenção dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água superficial, sedimento e pescado;

Fase 4: Análise dos resultados e elaboração de Análise de Risco Ecológico.

Tendo em vista o arranjo desenvolvido com as partes interessadas para a execução do projeto, está sendo realizada **etapa preliminar** abrangendo 27 pontos no TIY, com campanhas produzidas entre novembro/2023 e dezembro/2024.

O Ministério do Meio Ambiente também elaborou Termo de Descentralização de Crédito com o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) para atuar como entidade executora de ação componente da proposta do Projeto de Rede de Monitoramento Ambiental, que vem sendo desenvolvido pelo IBAMA, em conjunto com FUNAI e SESAI-MS na área da Terra Indígena Yanomami como um dos componentes da resposta federal à situação de crise declarada previamente e, em conjunto com o ICMBio, em áreas de Unidades de Conservação.

V. SÍNTESE DAS MEDIDAS PRIORITÁRIAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA CONVENÇÃO DE MINAMATA

As estratégias e medidas prioritárias de curto, médio e longo prazo para implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio foram desenvolvidas a partir da avaliação inicial e do inventário de emissões.

A Comissão Nacional de Segurança Química Conasq será o loco de articulação nacional e implementação das ações previstas na estratégia nacional.

Um Grupo de Trabalho Permanente específico para a implementação da Convenção de Minamata foi estabelecido na Conasq. Dentre das atribuições desse Conselho está o

aprimoramento normativo da gestão de substâncias químicas no Brasil, com o objetivo de estruturar amplamente o arcabouço legislativo, administrativo e institucional do país em sintonia com as diretrizes dos tratados e das Convenções internacionais afetas à matéria das quais o Brasil é signatário.

Como medidas prioritárias de curto prazo ficaram definidas as seguintes:

1. Desenvolver estratégias para possibilitar a eliminação progressiva (phase out) dos artigos listados na Parte I do Anexo A.
2. Acompanhar a elaboração do Plano Mineração de ouro artesanal e em pequena escala junto ao MME (Projeto GEF/PNUMA).
3. Desenvolver estratégias para eliminação dos processos de manufatura que utilizam mercúrio ou compostos de mercúrio: Produção de cloro-álcalis.
4. Desenvolver solução para acondicionamento, estabilização e destinação final do mercúrio apreendido em atividades de fiscalização.
5. Desenvolver Rede de Monitoramento Ambiental para Mercúrio nas Terras Indígenas.
6. Promover o desenvolvimento e a implementação de estratégias e programas para identificar e proteger as populações em situação de risco, particularmente as vulneráveis (com foco principal nas terras indígenas), e que possam incluir adoção de diretrizes de saúde, com bases científicas, relativas à exposição ao mercúrio e aos compostos de mercúrio, estabelecimento de metas para a redução dessa exposição, quando apropriado, e educação pública, com a participação dos setores de saúde pública e outros setores envolvidos.
7. Incrementar fiscalização em atividades em que há uso de mercúrio permitido pela Convenção (para evitar desvio à garimpo ilegal)
8. Ampliar fiscalização para proibir usos ilegais de mercúrio.
9. Desenvolver estratégia para reduzir as emissões de mercúrio na indústria cimenteira.

Como medidas de médio prazo foram definidas:

1. Atualização do Inventário de Emissões e Liberações de Mercúrio no Brasil (último ano base 2016).

2. Desenvolvimento de sistema de controle de comércio de mercúrio (Decreto nº 97.634/1989).
3. Desenvolvimento estratégia do item Amálgama dentário (Parte II do Anexo A).

Entre as medidas de longo prazo destaca-se:

- Implementação de ações para aprimorar o controle das emissões das fontes listadas no Artigo 8 – Anexo D. (BAT/BEP)
 - o Usinas elétricas movidas a carvão mineral;
 - o Caldeiras industriais movidas a carvão mineral;
 - o Processos de fundição utilizados para a produção de metais não ferrosos;
 - o Instalações para a incineração de resíduos.

INTRODUÇÃO

O mercúrio, cujo símbolo na tabela periódica é Hg, é um metal líquido, que evapora facilmente em temperatura ambiente e, assim, pode ser liberado no ar, água e solo por ações antropogênicas. É considerado um dos elementos mais perigosos para a saúde humana e o meio ambiente.

Caso disponibilizado em ambiente aquático contendo matéria orgânica em situação favorável, o mercúrio pode se biotransformar em metilmercúrio, uma forma com toxicidade muito mais aguda. A exposição pode provocar efeitos graves ao ser humano, causando danos neurológicos, cardiológicos, pulmonares, renais e imunológicos.

Além disso, o mercúrio é bioacumulado e biomagnificado nos organismos de diversos seres vivos, principalmente em peixes e mamíferos, fator esse que, além de prejudicar sensivelmente a biota, tem reconhecidos impactos sobre a saúde humana por ser fonte de contaminação alimentar.

Estima-se que a concentração de mercúrio no meio ambiente aumentou cerca de três vezes nos últimos 100 anos, devido à intensificação de seu uso em produtos e processos industriais, bem como a liberações associadas com a mineração e à queima de combustíveis fósseis (UNEP, 2013).

A reação da comunidade internacional aos problemas causados pelo mercúrio ganhou ímpeto, em 2009, por meio da Decisão 25/5 do Conselho de Administração do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que estabeleceu mandato negociador para a elaboração de um instrumento juridicamente vinculante sobre o mercúrio.

Foram cinco reuniões intergovernamentais de negociação entre 2010 e 2013 que culminaram na adoção da Convenção de Minamata sobre Mercúrio, em 19 de janeiro de 2013. A Convenção entrou em vigor no dia 16 de agosto de 2017 (90 dias após o depósito da ratificação da 50ª Parte) e primeira reunião da Conferência das Partes (COP1) ocorreu de 24 a 29 de setembro de 2017.

No âmbito nacional, a construção de posicionamento do governo brasileiro no processo de negociação do tratado foi subsidiada pelos trabalhos da Comissão Nacional de Segurança Química - (Conasq), mais especificamente por seu Grupo de Trabalho sobre mercúrio (GT-Mercúrio). As consultas realizadas em parceria com

segmentos industriais e econômicos com a sociedade civil organizada, durante a negociação, indicaram prazos para a proibição do uso de mercúrio em produtos e processos listados nos anexos da Convenção.

O Brasil assinou a Convenção de Minamata sobre Mercúrio em 11 de outubro de 2013, que foi ratificada pelo Decreto Legislativo nº 99, de 07 de julho de 2017 e, posteriormente, promulgada por meio do Decreto nº 9.470, publicado em 14 de agosto de 2018.

Em termos gerais, esse Inventário engloba as informações coletadas durante a Avaliação Inicial para implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio, incluindo: (i) uma avaliação e atualização das informações disponíveis relacionadas com a gestão nacional de mercúrio; (ii) uma análise do marco regulatório afeto ao mercúrio; (iii) uma avaliação da capacidade nacional de gestão e monitoramento do mercúrio; (iv) a elaboração de um inventário de emissões e liberações antropogênicas de mercúrio; (v) elaboração do inventário de mineração artesanal; (vi) ações para enfrentamento do garimpo ilegal em terras indígenas e (vii) medidas prioritárias para a implementação da Convenção de Minamata no Brasil.

1. CONTEXTO NACIONAL

1.1 PERFIL GEOGRÁFICO E DEMOGRÁFICO

O Brasil, oficialmente conhecido como República Federativa do Brasil, é um país com clima variado e possui uma diversidade de recursos naturais. Com uma área aproximada de 8,5 milhões de quilômetros quadrados, é o quinto maior país do mundo. O país é rico em recursos hídricos, provenientes principalmente da bacia Amazônica, possui uma vasta biodiversidade e é um grande produtor de minerais como ouro, ferro e petróleo, além de ser líder em energia hidrelétrica na América do Sul.

O Brasil ocupa aproximadamente 50% da América do Sul na parte centro-oriental do continente e faz fronteira com todos os países sul-americanos, exceto Equador e Chile. O país cobre uma área de 8.510.417,771 km² (IBGE, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (2023a))¹ e está dividido em 26 Estados e um Distrito Federal, o que faz do Brasil o quinto maior país do mundo e o maior país do Hemisfério Sul (Nations Online, 2022)².

Figura 1. Território do Brasil



Fonte: Beautiful World Travel Guide, 2024

¹IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023a). Cidades e Estados. <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>

²Nations Online (2022). Brasil. <https://www.nationsonline.org/oneworld/brazil.html>

Figura 2 - Vegetação do Brasil



Fonte: Newebcreations, 2024.

O clima brasileiro é muito diversificado (Figura 2), com um clima equatorial no Norte, onde a temperatura média anual na região amazônica varia de 22 a 26°C com quase nenhuma variação sazonal e precipitação anual de 2.000 a 3.000 mm (Li, L.-H. & Zhang, W.-L., 2000)³. A maior parte do país tem clima tropical com estação seca (maio a agosto) e estação chuvosa (outubro a março) (World Climate Guide, 2022)⁴. O Nordeste é a parte mais quente do país, com temperaturas bem acima de 38°C em estações secas com baixa precipitação (376-750 mm/a) onde se desenvolve a vegetação de "caatinga". Isto é caracterizado por gramíneas e matas espinhosas e retorcidas com áreas de baixa fertilidade do solo. Na maior parte do país a precipitação varia de 1.000 a 1.800 mm/a (Britannica, 2022)⁵. Na parte sul do Brasil, o clima é mediterrâneo.

O país, com população de 203.080.756 habitantes segundo o IBGE (2022b)⁶, tem uma densidade populacional de 25 habitantes por km² e é o sexto país mais populoso do mundo. É previsto pelo IBGE (2022a – op. cit.) que, em 2047, a população brasileira terá maior número de mortes do que nascimentos. A população em idade ativa de trabalho (15 a 64 anos) vem aumentando no país e em 2020 representava 69,7% da população brasileira⁷.

³ Li, L.-H. & Zhang, W.-L. (2000). Native vegetation and its ecosystem current situation in Brazil. *J. Forest Research* 11(2), 140-144.

⁴ World Climate Guide (2022). Climate Brazil. <https://www.climatestotravel.com/climate/brazil#equatorial>

⁵ Britannica (2022). Climate of Brazil. <https://www.britannica.com/place/Brazil/Language>

⁶ IBGE (2022b). Brazilian population. <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>

⁷ Poder 360 (2020). Working-age population will fall 5 years ahead of schedule, says researcher (in Portuguese). <https://www.poder360.com.br/brasil/populacao-em-idade-ativa-caira-5-anos-antes-do-previsto-diz-pesquisador/>

1.2 PERFIL POLÍTICO, LEGAL E ECONÔMICO

O Brasil é uma república federativa presidencialista onde o Chefe do Estado, o presidente, é eleito e seu mandato é de quatro anos. O poder do Estado está dividido entre diferentes órgãos políticos: Executivo, Legislativo e Judiciário. No Brasil, estes são exercidos respectivamente pelo Presidente da República, pelo Congresso Nacional e pelo Supremo Tribunal Federal (STF).

Em 2022, o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil cresceu 2,9% em comparação a 2021, atingindo R\$ 9,9 trilhões. Houve crescimentos na área de Serviços (4,2%) e na Indústria (1,6%) e queda na Agropecuária (-1,7%) (Agência IBGE Notícias, 2023)⁸. No mesmo período, o PIB per capita foi de R\$ 46.154,60, representando um aumento real de 2,2% em comparação ao ano anterior.

A inflação no Brasil em 2022 foi de 5,8%, apresentando uma redução em relação aos 10,06% acumulados no ano de 2021.

1.3 PERFIL DOS SETORES ECONÔMICOS

O perfil econômico do Brasil é marcado pela diversidade de setores que contribuem de maneira significativa para o PIB do país. A economia brasileira, uma das maiores do mundo, é caracterizada por uma mistura robusta de agricultura, indústria e serviços.

O setor agropecuário tem sido tradicionalmente uma força motriz na economia brasileira, destacando-se como um dos maiores produtores e exportadores mundiais de commodities agrícolas, como soja, café, açúcar e carne. Impulsionado por uma safra recorde de grãos, espera-se que o setor agropecuário seja um dos principais responsáveis pelo crescimento econômico do país, com projeção de crescimento revisada de 10,4% para 11% em 2023 em 2023, de acordo com a Confederação Nacional da Indústria (2023)⁹.

A indústria brasileira, embora venha enfrentando desafios, continua a ser um pilar importante da economia, contribuindo com cerca de 20% do PIB. O setor industrial é diversificado, abrangendo desde a indústria automobilística, aeronáutica e

⁸ Agência IBGE Notícias (2023). PIB cresce 2,9% em 2022 e fecha o ano em R\$ 9,9 trilhões. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/36371-pib-cresce-2-9-em-2022-e-fecha-o-ano-em-r-9-9-trilhoes>

⁹ Portal da Indústria. (2023). Economia Brasileira: Principais Características. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/economia/>

petroquímica até a indústria siderúrgica, têxtil e alimentícia. A previsão de crescimento para o setor industrial teve leve alta, de 0,4% para 0,5% em 2023 (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2023).

O setor de serviços é o mais representativo da economia brasileira, englobando atividades como comércio, transporte, educação, saúde e turismo. Esse setor tem mostrado resiliência e adaptabilidade, com projeção de crescimento de 0,9% para 1,3% em 2023. O turismo, em particular, tem destacado como área de potencial crescimento, beneficiando-se da rica diversidade cultural e natural do Brasil (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2023).

Além desses setores tradicionais, o Brasil tem investido em áreas de tecnologia da informação, biotecnologia e energias renováveis, buscando diversificar sua base econômica e promover o desenvolvimento sustentável. A exploração de petróleo, especialmente no pré-sal, também se consolidou como um ponto forte na economia nacional, contribuindo significativamente para as receitas de exportação.

No entanto, a economia brasileira enfrenta desafios persistentes, como alta taxa de inflação, desemprego, o crescimento da dívida pública externa e um "custo-país" elevado devido a problemas estruturais, burocráticos e políticos. Esses fatores atuam como obstáculos ao investimento e ao crescimento econômico sustentável (PORTAL DA INDÚSTRIA, 2023).

Em resumo, o perfil econômico do Brasil é complexo e multifacetado, com setores tradicionais desempenhando papéis fundamentais, ao mesmo tempo que novas áreas de crescimento oferecem oportunidades para diversificação e desenvolvimento. A superação dos desafios econômicos exigirá políticas eficazes e uma abordagem coordenada entre os setores público e privado.

1.4 PERFIL AMBIENTAL

Cerca de 70% da superfície mundial é coberta por água, sendo 97% água salgada e 3% água doce. Da água doce, 77% está em geleiras, 22% encontra-se em águas subterrâneas, ambas não totalmente disponíveis, e 1% está na superfície, em rios e lagos (WWF, n.d.)¹⁰. O Brasil tem 12% de toda a água doce disponível do planeta, mas tem lidado frequentemente com graves correntes de ar nos últimos anos. Em 2016, cerca de 35 milhões de brasileiros não tinham acesso à água potável e mais de 100

¹⁰ Dia Mundial da Água. <https://www.wwf.org.br/?70322/Dia-Mundial-da-gua>

milhões tinham saneamento inadequado (WeAreWater Foundation, 2017)¹¹. O país tem seis biomas (Figura 2) (GLOBAL FOREST WATCH, 2019)¹², e doze bacias hidrográficas totalizando 11.535.645 km² (Ribeiro Neto, A., Paz, A.R., Marengo, J.A., Chou, S.C., 2016)¹³.

O país é o quarto maior produtor de grãos (arroz, cevada, soja, milho e trigo) e o segundo exportador de grãos do mundo. Segundo a EMBRAPA (2021)¹⁴: "O país também responde por 50% do mercado global de soja e se tornou o segundo maior exportador de milho em 2020. O Brasil tem o maior rebanho bovino do mundo e é o maior exportador dessa carne. Também se tornou líder consolidado em café [1/4 da produção mundial] e açúcar [1/3 da produção mundial]" (GUARALDO, 2021). A Associação Brasileira do Agronegócio da região de Ribeirão Preto (2022), ABAG/RP¹⁵, utilizando dados de diferentes instituições, elencou que, no território brasileiro:

- 66,3% ou 632 milhões de hectares do território têm vegetação nativa,
- 30,2% são utilizados pela agricultura e agropecuária,
- 25,6% são áreas de preservação dentro das propriedades rurais,
- 13,8% são terras dos povos originários,
- 10,4% são de conservação (por exemplo, parques nacionais, estações ecológicas),
- 3,5% são áreas urbanas.

O Brasil é referência na área de energia limpa e renovável, com 48,3% de fontes renováveis na matriz energética, enquanto o resto do mundo tem apenas 14% e os países da OCDE 11% (Gov.br, 2021)¹⁶. As fontes renováveis de energia em 2020 foram: lenha e carvão vegetal (8,9%), hidrelétricas (12,6%), derivados da cana-de-açúcar (19,1%) e outras, como solar, eólica, geotérmica, maremotriz, etc. (7,7%). Por outro lado, as fontes não renováveis foram compostas de petróleo e derivados (33,1%), gás natural (11,8%), carvão mineral (4,9%), energia nuclear (1,3%) e outros (0,6%). Na geração de eletricidade em 2020, o carvão contribuiu com 36,8%, petróleo com 2,8%, gás natural com 23,5%, nuclear com 10,2%, hidrelétrica com 16,1%, solar e outras renováveis com 8,2% e biomassa com 2,3% do total consumido no país, consoante a EPE (BRASIL, 2021b)¹⁷.

¹¹ WeAreWater Foundation (2017). Brazil, so much water and yet so little. https://www.wearewater.org/en/brazil-so-much-water-and-yet-so-little_286801

¹² GFW – Global Forest Watch (2019). Brazil biomes. <https://data.globalforestwatch.org/datasets/gfw::brazil-biomes/about>

¹³ Ribeiro Neto, A., Paz, A.R., Marengo, J.A., Chou, S.C. (2016). Hydrological Processes and Climate Change in Hydrographic Regions of Brazil. *J. Water Resource and Protection*, 8(12), Article ID:71810,25. 10.4236/jwarp.2016.812087

¹⁴ EMBRAPA (2021). Brazil is the world's fourth largest grain producer and top beef exporter, study shows. <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brazil-is-the-worlds-fourth-largest-grain-producer-and-top-beef-exporter-study-shows>

¹⁵ ABAGRP (2022). Use of the land (in Portuguese). <https://www.abagr.org.br/uso-das-terras>.

¹⁶ Gov.br (2021). Brazil is a reference in the field of clean and renewable energy (in Portuguese). <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/10/brasil-e-referencia-no-campo-da-energia-limpa-e-renovavel>

¹⁷ EPE – Company of Energy Research (2021). Energetic and electric matrix of Brazil (in Portuguese). <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>

A maioria dos municípios brasileiros, cerca de 90%, enfrenta problemas ambientais, sendo os principais: incêndios florestais, desmatamento e assoreamento de rios. As queimadas são geralmente usadas pelos agricultores para limpar uma área e preparar o solo para a semeadura (SANTOS, 2022)¹⁸. Muitas vezes, essa prática é realizada sem nenhum controle, eliminando nutrientes essenciais às plantas e à microbiota. Os incêndios também trazem uma série de danos à biodiversidade, à dinâmica dos ecossistemas e à qualidade do ar. Como alternativa ao fogo, a EMBRAPA (2015)¹⁹ vem desenvolvendo e pesquisando sistemas de produção sustentáveis que não necessitem de fogo para limpeza ou manutenção (ROCHA, 2015). Entre essas tecnologias, destacam-se os sistemas agroflorestais, o sistema de plantio direto, a trituração de arbustos e a integração lavoura-pecuária-floresta. Como resultado da falta de controle das queimadas prescritas, segundo o Inpe, o Brasil encerrou 2019 com 31,7 milhões de hectares de queimadas, sendo: 22,8% na Amazônia; 17,4% na Caatinga; 46,7% no Cerrado; 6,11% na Mata Atlântica; 0,44% nos Pampas e 6,56% no Pantanal (INPE, 2019)²⁰. Em 2021, o Inpe aferiu que o total de incêndios florestais no país foi de 27,4 milhões de hectares (BRASIL, 2024).

Os incêndios florestais na Amazônia brasileira têm sido uma importante fonte de emissões de mercúrio ((Veiga, M.M., Meech, J.A., Oñate, N., 1994), (Artaxo, P., Calixto de Campos, R., Fernandes, E.T., Martins, J.V., Xiao, Z., Lindqvist, O., Fernández-Jiménez, M.T., Maenhaut, W., 2000), (Cordeiro, R.C., Turcq, B., Ribeiro, M.G., Lacerda, L.D., Capitaneo, J., Oliveira da Silva, A., Sifeddine, A., Turcq, P.M., 2002))^{21,22,23}. Michelazzo et al., (2010)²⁴ estimam, com base em cálculos de balanço de massa in situ, que 3,5 g de mercúrio por hectare são emitidos quando a floresta amazônica é queimada. Se considerarmos o total de 7,74 milhões de hectares de floresta foram queimados na Amazônia em 2020 e 4,56 milhões de hectares em 2021 (INPA, 2022). As emissões estimadas de mercúrio podem ter atingido 27 e 16 toneladas em 2020 e 2021, respectivamente.

¹⁸ Santos, V.S. (2022). Brazilian environmental problems. <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/problemas-ambientais-brasileiros.htm>

¹⁹ EMBRAPA - Brazilian Agricultural Research Corporation (2015). Alternatives to the use of fire in agriculture and the steps for planning a controlled fire (in Portuguese). <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2471085/alternativas-ao-uso-do-fogo-na-agricultura-e-as-etapas-para-planejamento-de-uma-queimada-controlada>

²⁰ INEP – National Institute of Space Research (2019). Forest fires - database. <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/aq1km/>

²¹ Veiga, M.M., Meech, J.A., Oñate, N. (1994). Mercury pollution from deforestation. *Nature* 368, 816-817

²² Artaxo, P., Calixto de Campos, R., Fernandes, E.T., Martins, J.V., Xiao, Z., Lindqvist, O., Fernández-Jiménez, M.T., Maenhaut, W. (2000). Large scale mercury and trace element measurements in the Amazon basin. *Atmospheric Environment*, 3(24), 4085-4096.

²³ Cordeiro, R.C., Turcq, B., Ribeiro, M.G., Lacerda, L.D., Capitaneo, J., Oliveira da Silva, A., Sifeddine, A., Turcq, P.M. (2002). Forest fire indicators and mercury deposition in an intense land use change region in the Brazilian Amazon (Alta Floresta, MT). *Science Total Environment*, 293(1-3), 247-256.

²⁴ Michelazzo, P.A.M., Fostier, A.H., Magarelli, G., Santos, J.C., Carvalho Jr, J.A. (2010). Mercury emissions from forest burning in southern Amazon. *Geophysical Research Letters*, 37, 1-9.

Os extensos desafios ambientais do Brasil ressaltam a importância de sua participação em Acordos Ambientais Multilaterais (AMAs) como parte de seu compromisso com a gestão ambiental global e a sustentabilidade. Apesar dos seus abundantes recursos naturais, o país enfrenta questões prementes como a escassez de água, a desflorestação e os incêndios florestais, que têm implicações ecológicas e sociais de longo alcance.

Para enfrentar esses desafios, o Brasil se envolveu ativamente em vários AMAs, ratificando vários acordos ao longo dos anos. Estes acordos servem de enquadramento para a cooperação e ação internacional em questões ambientais críticas. Alguns dos principais MEAs dos quais o Brasil é parte, juntamente com suas datas de ratificação, incluem:

Tabela 1: Acordos Ambientais Multilaterais dos quais o Brasil é País-Parte

Acordo Ambiental Multilateral	Data de ratificação
Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Fauna e Flora Selvagens em Perigo de Extinção (CITES)	22 de fevereiro de 1975
Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio	28 de março de 1990
Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio	28 de março de 1990
Convenção de Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e sua Eliminação	23 de novembro de 1993
Convenção de Ramsar sobre Zonas Úmidas	24 de novembro de 1993
Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB)	28 de fevereiro de 1994
Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC)	28 de fevereiro de 1994
Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD)	25 de junho de 1997
Protocolo de Kyoto sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima	23 de agosto de 2002
Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes	23 de janeiro de 2004
Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança sob a Convenção sobre Diversidade Biológica	24 de fevereiro de 2004
Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima	12 de setembro de 2016
Convenção de Minamata sobre Mercúrio	8 de agosto de 2017

Fonte: Elaborado pelos autores.

Além de seus compromissos internacionais, o Brasil implementou diversas políticas importantes em nível nacional para enfrentar os desafios ambientais e administrar eficazmente seus ricos recursos naturais. Essas políticas, que incluem o Código Florestal, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), fornecem uma estrutura legal para conservação ambiental, planejamento do uso da terra e proteção da biodiversidade no país.

Além disso, os esforços do Brasil para promover as energias renováveis através de iniciativas como o Programa Brasileiro de Energias Renováveis (PROINFA) e o seu compromisso com práticas sólidas de gestão de resíduos no âmbito da Política Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos (PNRS) demonstram a sua dedicação à redução das emissões de gases com efeito de estufa, à promoção de tecnologias de energia limpa e à promoção dos princípios da economia circular.

A criação do Fundo Amazônia (Fundo Amazônia) e do Plano Nacional de Mudança do Clima (PNMC) ressalta ainda mais o compromisso do Brasil em preservar seus ecossistemas únicos, particularmente o bioma Amazônia, e abordar os impactos das mudanças climáticas por meio de mitigação e medidas de adaptação.

Além disso, o sistema abrangente de licenciamento e regulamentação ambiental do Brasil garante que as atividades econômicas, os projetos de infraestrutura e as mudanças no uso da terra sejam avaliados e monitorados quanto aos seus impactos ambientais. Esse sistema, aplicado pelos órgãos ambientais federais, estaduais e municipais, desempenha um papel vital na proteção do patrimônio natural do Brasil e na garantia de práticas de desenvolvimento sustentável.

2. MARCOS REGULATÓRIOS

2.1 AVALIAÇÃO POLÍTICA E REGULATÓRIA

O Brasil assinou a Convenção de Minamata sobre Mercúrio em 11 de outubro de 2013 e ratificou o acordo em 8 de agosto de 2017 (UNEP Minamata Convention, 2022)²⁵. Em 14 de agosto de 2018, o Presidente do Brasil ratificou o compromisso do Brasil com a Convenção de Minamata (Diário Oficial da União, 2018)²⁶ a por meio do Decreto nº 9.470:

Art. 1º. Fica promulgada a Convenção de Minamata sobre Mercúrio, firmada em Kumamoto, em 10 de outubro de 2013.

Art. 2º. São sujeitos à aprovação do Congresso Nacional atos que possam resultar em revisão da Convenção e ajustes complementares que acarretem encargos ou compromissos gravosos ao patrimônio nacional, nos termos do inciso I do caput do art. 49 da Constituição.

A análise do Marco Regulatório realizada por Maioli et al. (Maioli, Sohn, & Dias, Analysis of regulatory frameworks for identification of gaps and reforms necessary regulations for ratification and early implementation of the Minamata Convention in Brazil, 2017)²⁷ incluiu uma boa avaliação da atual situação regulatória do Brasil em comparação às exigências estabelecidas no texto da Convenção de Minamata. Os autores avaliaram as necessidades de medidas administrativas e normativas destinadas a harmonizar o sistema jurídico pré-existente com as exigências da Convenção de Minamata, a fim de recomendar uma abordagem adequada. O documento limitou-se a identificar e analisar as instituições representativas envolvidas na gestão do mercúrio, bem como a legislação nacional e estadual vigentes relacionadas ao tema. Neste documento, os autores avaliaram os seguintes temas:

- (i) Fontes de abastecimento e comércio de mercúrio,
- (ii) produtos que contenham mercúrio,
- (iii) processos de fabricação que utilizam mercúrio ou compostos de mercúrio,

²⁵ UNEP Minamata Convention (2022). Brazil. <https://www.mercuryconvention.org/en/parties/bra>

²⁶ Diário Oficial da União (Brazilian Official Gazette) (2008). Decree # 9.470, Aug14, 2018. Enacts the Minamata Convention on Mercury (in Portuguese). https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/36849570/do1-2018-08-15-decreto-n-9-470-de-14-de-agosto-de-2018-36849564

²⁷ Maioli, O.L.G., Sohn, H., Dias, J.B.C. (2017). Analysis of regulatory frameworks for identification of gaps and reforms necessary regulations for ratification and early implementation of the Minamata Convention in Brazil. Contract BRA10-34947/2017, Project SB-001062.03.01, MIA Brasil. Instituto Avaliação, Brasília (in Portuguese). <http://diretoriopre.mma.gov.br/index.php/category/69-gef-001062-03-01-desenvolvimento-de-avaliacao-inicial-da-convencao-de-minamata-sobre-mercúrio-no-brasil?doc=2>

- (iv) mineração de ouro artesanal ou em pequena escala,
- (v) emissões e liberações de mercúrio,
- (vi) armazenagem provisória ambientalmente correta do excedente de mercúrio,
- (vii) resíduos de mercúrio,
- (viii) áreas contaminadas, e
- (ix) aspectos de saúde.

Em conclusão, os autores apontaram que, embora o Artigo 20 da Convenção de Minamata não exija que os países façam um Plano Nacional de Implementação (Ação) para a Convenção, as Partes precisarão preparar estratégias e documentos técnicos para garantir o cumprimento das medidas de controle. Isso inclui a revisão da legislação interna do país para adaptá-la aos requisitos da Convenção e torná-la legalmente aplicáveis em nível nacional. A análise mostrou que diversas obrigações da Convenção já estão amparadas no marco regulatório brasileiro, mas foram identificadas várias lacunas que precisam ser preenchidas e ajustes que devem ser feitos nas legislações existentes. Os autores identificaram 68 medidas necessárias a serem tomadas pelo governo brasileiro para cumprir a Convenção. Dessas disposições, foram propostas 52 medidas, sendo 34 administrativas e 18 normativas.

O documento de Maioli et al. (2017) traz uma reflexão detalhada sobre como as medidas normativas e administrativas devem atuar para implementar os artigos relacionados ao documento da Convenção de Minamata. Na Tabela 2, os autores delinearão as principais obrigações que o governo brasileiro deve seguir para estar de acordo com as diretrizes da Convenção de Minamata. A Tabela relata as conexões das obrigações com os artigos da Convenção (CV).

Tabela 2. Esboço das Demandas e Disposições para Implementar a Convenção de Minamata

Artigo CV	Conteúdo	Medidas Necessárias
3º	Fonte de Fornecimento e Comércio de Mercúrio	
3º	Compromisso de proibir a ativação de novas operações de mineração que empreguem mercúrio.	Medida normativa
4º	Obrigatoriedade de encerrar a mineração primária em até 15 anos.	Não aplicável
5º "a"	Obrigações de identificar as existências individuais de mercúrio (50 toneladas) e as fontes de abastecimento (10 toneladas)	Medida administrativa

5° "b"	Obrigaç�o de tornar indispon�vel, para qualquer utiliza�o, o merc�rio proveniente das instala�es de produ�o de cloro-�lcalis desmanteladas.	Medida normativa
6°-7°	Restri�es � exporta�o de merc�rio,	Medida normativa
8°, 9°	Restri�es � importa�o de merc�rio,	Medida normativa
4°	Produtos com Merc�rio Adicionado	
1°	Compromisso de proibir a fabrica�o, importa�o e exporta�o de produtos que contenham merc�rio, conforme listados no Ap�ndice A, Parte I, da CV.	Medida normativa
3°	Obriga�o de tomar medidas em rela�o aos produtos com merc�rio adicionado enumerados no anexo A, Parte II, da CV.	Medida administrativa
5°	Compromisso de implementar medidas de controle para a incorpora�o de merc�rio em produtos montados, os quais s�o proibidos pela CV.	Medida administrativa
6°	Compromisso de adotar medidas para desestimular a produ�o e comercializa�o de novos produtos que contenham merc�rio adicionado.	Medida administrativa
5°	Processos de fabrica�o em que o merc�rio ou compostos de merc�rio s�o usados	
2°	Proibi�o da utiliza�o de merc�rio ou dos seus compostos em determinados processos industriais enumerados no anexo B, Parte I, da CV.	Medida normativa
3°	Obriga�o de restringir a utiliza�o de merc�rio ou dos seus compostos em determinados processos industriais enumerados no anexo B, Parte II, da CV.	Medida normativa
5° "a"	Obriga�o de adotar medidas para controlar as emiss�es e libera�es de merc�rio por processos proibidos ou restritos enumerados na CV.	Medida administrativa
5° "b"	Obriga�o de fornecer informa�es sobre a implementa�o de qualquer processo que utilize merc�rio.	Medida administrativa
5° "c"	Obriga�o de apresentar um invent�rio das instala�es que utilizam merc�rio e compostos de merc�rio enumerados no Acordo no prazo de 3 (tr�s) anos.	Medida administrativa
6°	Obriga�o de proibir novas unidades fabris que utilizem processos proibidos ou restritos enumerados pelo MC.	Medida normativa
7°	Compromisso de vedar a implementa�o de novos processos de fabrica�o que empreguem merc�rio ou seus compostos.	Medida normativa
8°	Coopera�o entre as Partes.	Medida administrativa
7°	Minera�o de ouro artesanal e em pequena escala	
2°	Obriga�o de adotar medidas para reduzir e, quando poss�vel, eliminar o uso de merc�rio e seus compostos na minera�o artesanal e em pequena escala de ouro.	Medida normativa

3	Obrigação de notificar de que o ouro artesanal e de pequena escala não é insignificante em território nacional.	Medida administrativa
3º "a", "b", "c"	Obrigação de elaborar um plano nacional de ação, no prazo de 3 (três) anos, revisando-o trienalmente, conforme o Anexo C da CV.	Medida administrativa
4º	Cooperação entre as Partes.	Medida administrativa
8º	Emissões	
3º	Obrigação de adotar medidas para controlar as emissões atmosféricas de mercúrio e seus compostos provenientes de fontes relevantes enumeradas no Anexo D da CV. Elaborar opcionalmente um Plano Nacional de Controle de Emissões no prazo de 4 (quatro) anos.	Medida normativa
4º	Obrigação de exigir as melhores técnicas disponíveis e as melhores práticas ambientais (MTD/MPA) para novos empreendimentos.	Medida normativa
5º, 6º	Obrigação de adotar medidas para reduzir as emissões de mercúrio e seus compostos de fontes existentes dentro do prazo máximo de 10 (dez) anos.	Medida normativa
7º	Obrigação de apresentar um inventário das emissões provenientes de fontes relevantes no prazo de 5 (cinco) anos a contar da data de entrada em vigor.	Medida administrativa
11º	Obrigação de fornecer informações sobre a execução de qualquer medida.	Medida administrativa
9º	Lançamentos	
3º, 5º	Obrigação de tomar medidas para identificar e controlar as liberações, para o solo e as águas, de mercúrio e seus compostos provenientes de fontes relevantes.	Medida normativa
6º	Obrigação de apresentar um inventário das emissões provenientes de fontes relevantes no prazo de 5 (cinco) anos a contar da data de entrada em vigor.	Medida administrativa
8º	Obrigação de fornecer informações sobre a execução de qualquer medida.	Medida administrativa
10º	Armazenamento provisório ambientalmente saudável de mercúrio, exceto resíduos de mercúrio	
2º	Obrigação de tomar medidas ecológicas de armazenagem de mercúrio e seus compostos destinados a utilização permitida.	Medida normativa
4º	Cooperação entre as Partes.	Medida administrativa

11º	Resíduos de Mercúrio	
1º	Adoção das definições da Convenção de Basileia.	Não aplicável
3º	Obrigações de tomar medidas para gerir o destino ambientalmente correto dos resíduos de mercúrio.	Medida normativa
5º	Cooperação entre as Partes.	Medida administrativa
12º	Locais Contaminados	
1º	Obrigações de desenvolver estratégias adequadas para identificar e avaliar áreas contaminadas com mercúrio e seus compostos.	Medida administrativa
2º	Obrigações de adotar medidas para tratar os locais contaminados usando métodos ambientalmente corretos e, também, incorporar a avaliação de risco para a saúde pública e o meio ambiente.	Medida administrativa
4º	Cooperação entre as Partes.	Medida administrativa
13º	Recursos e Mecanismos Financeiros	
1º	Obrigações de prover os recursos para a implementação do MC de acordo com políticas, prioridades, planos e programas nacionais.	Medida administrativa
14º	Treinamento, Assistência Técnica e Transferência de Tecnologia	
1º, 3º	Cooperação entre as Partes.	Medida administrativa
16º	Aspectos da Saúde	
1º "a"	Promoção de estratégias e programas para identificação e proteção de populações em situação de risco.	Medida administrativa
1º "b"	Promoção de programas educativos e medidas preventivas quanto à exposição ocupacional ao mercúrio e a seus compostos.	Medida administrativa
1º "c"	Promoção de serviços de saúde para prevenção, tratamento e atenção às populações afetadas pela exposição ao mercúrio e seus compostos.	Medida administrativa
1º "d"	Promover capacitação profissional e institucional para prevenção, diagnóstico, tratamento e monitoramento de riscos à saúde causados pela exposição ao mercúrio e a seus compostos.	Medida administrativa
17º	Troca de informação	
1º, 2º	Obrigações de facilitar a troca das informações indicadas.	Medida administrativa

4º	Obrigações de designar um ponto focal nacional para a troca de informações.	Medida administrativa
5º	Obrigações de não tratar confidencialmente a saúde humana e informações de segurança ambiental.	Medida administrativa
18º	Informação Pública, Conscientização, Educação	
1º "a"	Obrigações de promover e facilitar o acesso às informações públicas.	Medida administrativa
1º "b"	Obrigações de promover e facilitar a educação, a formação e a sensibilização do público para os efeitos da exposição ao mercúrio e aos seus compostos na saúde humana e no ambiente.	Medida administrativa
2º	Obrigações de utilizar ou estabelecer mecanismos de coleta e divulgação de informações sobre estimativas anuais de emissões e emissões e eliminação de mercúrio e seus compostos.	Medida administrativa
19º	Pesquisa, Desenvolvimento e Monitoramento	
1º, 2º	Cooperação entre as Partes.	Medida administrativa
20º	Planos de Implementação	
1º, 4º	Opcionalmente, desenvolver e implementar um plano de implementação de MC.	
21º	Relatórios	
1º, 2º	Obrigações de fornecer informações sobre a implementação do MC (medidas, eficácia e desafios).	Medida administrativa

Fonte: Maioli et al. (2017)

2.2 AVALIAÇÃO INSTITUCIONAL

No nível federal, o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) foi estabelecido pela Lei Federal nº 6.938, 31 de agosto de 1981, e compreende dois elementos principais: a formulação da Política Nacional de Meio Ambiente e o fortalecimento de medidas de conservação e de melhoria da qualidade ambiental. O MMA e o Conama são as principais entidades responsáveis pelo primeiro elemento, enquanto o IBAMA e os Órgãos Ambientais Estaduais, pelo segundo.

O MMA é o órgão central do SISNAMA e é responsável pelas políticas nacionais de meio ambiente; pelo desenvolvimento de estratégias, mecanismos e instrumentos econômicos e sociais para a melhoria da qualidade do meio ambiente e dos recursos naturais; pelas políticas que integram a produção industrial e o meio ambiente.

No MMA, a Secretaria Nacional de Meio Ambiente Urbano e Qualidade Ambiental (SQA) tem mandato relativo à proposição de políticas, planos e estratégias que englobam: a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os resíduos perigosos; os passivos ambientais e as áreas contaminadas; a prevenção, o controle e o monitoramento da poluição; a gestão ambientalmente adequada das substâncias químicas e dos produtos perigosos; a qualidade ambiental do ar, da água e do solo; e os critérios e padrões de qualidade ambiental.

A SQA, por meio do Departamento de Qualidade Ambiental (DQA), é responsável por todas as questões que envolvem substâncias químicas no Ministério, incluindo a coordenação e a implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio e o gerenciamento de atividades e de pessoal envolvidos em sua implementação.

O CONAMA é um órgão colegiado que se encontra na estrutura do MMA e é composto por uma série de órgãos governamentais. Seus principais objetivos são: estudar e propor diretrizes políticas governamentais para o meio ambiente e para os recursos naturais, e deliberar sobre normas e padrões pertinentes para o desenvolvimento sustentável. Ele é responsável pelo estabelecimento de resoluções, normas, critérios e padrões, para o controle e a manutenção do meio ambiente e para o licenciamento de atividades poluidoras; pelo estabelecimento de um sistema de monitoramento e fortalecimento de padrões ambientais, de normas e de políticas; e pela elaboração e implementação de uma agenda ambiental nacional, recomendada para as entidades do SISNAMA.

A Comissão Nacional de Segurança Química (Conasq), reinstalada em 5 de setembro de 2023 pelo Decreto nº 11.686, coordena a gestão ambientalmente adequada de substâncias químicas no país, com objetivo de proteger a saúde humana e o meio ambiente. A Comissão é composta por representantes de onze ministérios, organizações federais, sociedade civil, indústria, comunidade acadêmico-científica, entidades de classe e representações de estados e municípios. Os objetivos da CONASQ incluem coordenar a elaboração e a proposição de estratégias para a gestão ambientalmente adequada de substâncias químicas e seus resíduos, além de monitorar e avaliar a sua execução; subsidiar os representantes do país em processos de negociação de instrumentos internacionais relacionados à segurança química; entre outros.

Um Grupo de Trabalho permanente para a implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio foi estabelecido no âmbito da Conasq para tratar das medidas relacionadas à eliminação da contaminação por mercúrio, com vistas a

possibilitar a articulação e coordenação de ações entre vários Ministérios, agências governamentais, setores da indústria e sociedade civil.

O apoio e o envolvimento da sociedade civil são fundamentais para o sucesso da implementação de estratégias e iniciativas de gestão de mercúrio. O público em geral terá acesso à informação ambiental por meio de canais de comunicação eficazes.

A Tabela a seguir descreve as responsabilidades das instituições no gerenciamento ambientalmente adequado de mercúrio.

Tabela 3: Responsabilidades das instituições em relação ao gerenciamento ambientalmente adequado de mercúrio.

Organização	Responsabilidade
Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA)	O MMA é ponto focal da Convenção de Minamata e das Convenções de Basileia, Estocolmo e Roterdã. Coordena a Comissão Nacional de Segurança Química e é a entidade responsável por coordenar a implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio no Brasil.
Ministério de Minas e Energia (MME)	<p>O MME coordena, em conjunto com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e com recursos do Fundo para o Meio Ambiente Mundial (GEF), o projeto para a elaboração de um Plano de Ação Nacional para reduzir e, se possível, eliminar a poluição causada pelo uso de mercúrio na mineração de ouro artesanal e em pequena escala.</p> <p>O MME também supervisiona a operação técnica e o desempenho das usinas termelétricas em todo o país.</p>
Ministério dos Povos Indígenas (MPI)	<p>A criação do MPI é um marco histórico para os indígenas, haja vista a necessidade imprescindível de representação participativa desses povos no processo democrático de construção da sociedade brasileira.</p> <p>A política indigenista está focada no tripé proteção territorial, gestão de direitos sociais e gestão ambiental dos territórios, com o propósito claro de expressar as principais preocupações dessa população.</p> <p>O MPI tem importante papel no desenvolvimento de estratégias para combate à mineração ilegal em terras indígenas.</p>
Ministério da Saúde (MS)	<p>O MS é responsável pelo desenvolvimento de estratégias para a eliminação dos resíduos de mercúrio em equipamentos de medição que eram utilizados em hospitais do Brasil, e pela elaboração de estratégias para o phase-out do uso de amálgamas dentárias.</p> <p>Desenvolve um programa para monitoramento de mercúrio em matrizes humanas nas terras indígenas, e é responsável por garantir a potabilidade da água nessas regiões.</p>

Ministério do Trabalho e Emprego (MTE)	O MTE é responsável pelas políticas de segurança e saúde ocupacional referentes às emissões e liberações de mercúrio.
Ministério das Relações Exteriores (MRE)	<p>O MRE é ponto focal da Convenção de Minamata sobre Mercúrio. É o responsável por acompanhar a implementação da Convenção, bem como todos os projetos relacionados com questões de mercúrio.</p> <p>A Agência Brasileira de Cooperação (ABC) faz parte da estrutura administrativa do MRE e é responsável por negociar, gerenciar, coordenar e acompanhar programas e projetos de cooperação técnica executados entre o Brasil e organismos internacionais.</p>
Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC)	O MDIC regula as operações de fabricantes de não ferrosos, cloro-álcalis, amálgamas dentárias, produtos com adição de mercúrio e cimento, além de coordenar políticas sobre produtos com adição de mercúrio (importação/exportação).
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)	Responsável pelo incentivo à inovação na área científica, o MCTI deve traçar estratégias para a criação de redes de laboratórios com vistas ao monitoramento ambiental de mercúrio e propor alternativas para o acondicionamento, a estabilização e o gerenciamento ambientalmente adequados de resíduos de mercúrio.
Instituto Brasileiro para o Meio Ambiente e os Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)	<p>O IBAMA é ponto focal e operacional da Convenção de Minamata sobre Mercúrio, responsável pelo controle do comércio de mercúrio, pela fiscalização de seu uso ilegal e pela coordenação do projeto de monitoramento ambiental de mercúrio.</p> <p>Em parceria com o MDIC, o IBAMA também implementa operações de regulação de produtos não ferrosos, cloro-álcalis, amálgamas dentárias, produtos com adição de mercúrio e fabricantes de cimento e coordena políticas sobre produtos com adição de mercúrio (importação/exportação). O instituto também trata de licenças para usinas termelétricas a carvão, caldeiras industriais a carvão, processos de fundição e torrefação utilizados na produção de metais não ferrosos, instalações de incineração de resíduos e instalações de produção de clínquer de cimento.</p>
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO)	O Inmetro faz o comércio de lâmpadas fluorescentes contendo mercúrio. Além disso, implementa e executa atividades de acreditação e calibração de laboratórios.
Fundação Jorge Duprat Figueiredo Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO)	A Fundacentro desenvolve pesquisas em segurança e medicina ocupacional e deve apoiar o projeto MIA com informações sobre a gestão da segurança do mercúrio e orientações para mercúrio em áreas ocupacionais.
Agência Brasileira de Vigilância Sanitária (ANVISA)	A Anvisa desenvolve e executa as regulamentações sanitárias e avaliar os impactos do mercúrio na saúde humana.
Centro de Tecnologia Mineral (CETEM)	<p>O Cetem realiza a amostragem e análise desse elemento no projeto de monitoramento ambiental de mercúrio nas Terras Indígenas Yanomami.</p> <p>Foi responsável por elaborar o inventário de mercúrio na mineração artesanal.</p>

Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI)	<p>A FUNAI tem como principal objetivo a proteção e a promoção dos direitos dos povos indígenas que vivem no território nacional. Entre suas atribuições, estão a demarcação das terras indígenas; a elaboração de políticas indigenistas, que atendam às necessidades de cada povo; e o facilitamento aos indígenas no acesso a seus direitos sociais.</p> <p>A Funai é um parceiro importante no projeto de monitoramento ambiental de mercúrio nas terras indígenas da Amazônia, auxiliando nas questões de logística e acesso aos pontos de amostragem.</p>
Associação Brasileira dos Órgãos Ambientais Estaduais (ABEMA)	A Abema trabalha em colaboração com o Ibama. Os Órgãos Ambientais Estaduais são responsáveis pelas licenças de usinas termelétricas a carvão, pelas caldeiras industriais a carvão, pelos processos de fundição e torrefação utilizados na produção de metais não ferrosos, pelas instalações de incineração de resíduos; e pelas instalações de produção de clínquer de cimento no âmbito das atividades dos estados federados. Além disso, são responsáveis pelas licenças de distribuição de resíduos para água e solo e pela destinação de resíduos provenientes de atividades industriais.
Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA)	A OTCA coordena estudos e projetos-piloto sobre perspectivas econômicas capazes de gerar renda e oportunidades para a região amazônica, promovendo assim a cooperação e integração efetiva entre os Países Partes do Tratado.
Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS)	A OPAS deve fornecer cooperação técnica e mobilizar parcerias para melhorar as informações sobre o uso do mercúrio em hospitais e equipamentos de medição.
Associação Brasileira da Indústria de Cloro, Alcalis e Derivados (ABICLOR)	A ABICLOR deve coordenar o processo de phase out e de substituição das células de mercúrio no setor de cloro e álcalis.
Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP)	A ABCP é responsável pelas atividades relacionadas à redução de emissões de mercúrio provenientes da produção de cimento.
Associação Brasileira do Carvão Mineral (ABCM)	A ABCM é responsável por atividades relacionadas às emissões de mercúrio provenientes de atividades movidas a carvão, fornecendo especialmente informações sobre a concentração de mercúrio no carvão brasileiro.
Associação Brasileira das Indústrias Elétricas e Eletrônicas (ABINEE)	A ABINEE será um importante suporte ao inventário na medida em que deve fornecer informações sobre equipamentos elétricos e eletrônicos que contêm mercúrio, como interruptores, relés e baterias. Também deve auxiliar na interlocução com indústrias integrantes da Associação.
Associação Brasileira de Iluminação Industrial (ABILUX) e Associação Brasileira dos Importadores de Produtos de Iluminação (ABILUMI)	ABILUX e ABILUMI serão suportes importantes na realização do inventário visto que devem fornecer informações sobre produção e importação de lâmpadas. Devem também auxiliar na interlocução com os membros da Associação que são importadores de produtos de iluminação.
Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA)	A Abrema é a associação responsável pela gestão de resíduos. Pode fornecer um panorama sobre os resíduos sólidos no país, que contribua com o inventário de mercúrio no Brasil.

Apliquim Brasil Recicle	A APLIQUIM é a mais representativa empresa especializada em reciclagem de lâmpadas e descontaminação de mercúrio no Brasil.
Instituto Evandro Chagas (IEC)	O IEC fornece suporte metodológico na análise de mercúrio em humanos, principalmente em populações vulneráveis.
Fundação Osvaldo Cruz (FIOCRUZ)	A FIOCRUZ monitora o conteúdo de mercúrio e implementa o programa de monitoramento de mercúrio em tecidos humanos.
Universidades Federais	Fornecem apoio metodológico às instituições nacionais relevantes em termos de modelagem e avaliação geográfica dos níveis de mercúrio e seus compostos no meio ambiente, incluindo os meios bióticos.
Projeto Hospitais Saudáveis (PHS)	<p>O PHS é uma organização não governamental dedicada a promover o conhecimento e mobilizar pessoas e instituições em prol da sustentabilidade no setor da saúde, pública e ambiental.</p> <p>Desempenha um papel significativo na sensibilização do público sobre as questões do mercúrio, especialmente na eliminação progressiva de dispositivos com produtos com adição de mercúrio.</p>
World Wide Fund for Nature (WWF)	O WWF, financiado pelo Ministério Federal de Cooperação Econômica e Desenvolvimento da Alemanha, desenvolve o Projeto "Proteção de Povos Indígenas e Tradicionais do Brasil". A iniciativa trata-se de um estudo longitudinal de gestantes e recém-nascidos do povo Munduruku expostos ao mercúrio na Amazônia.
Escritório das Nações Unidas sobre Drogas e Crime (UNODC)	O UNODC no Brasil desenvolve vários projetos e iniciativas para o combate aos crimes ambientais de garimpo ilegal e tráfico de mercúrio.
Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (PNUMA)	O PNUMA é um programa das Nações Unidas voltado à proteção do meio ambiente e à promoção do desenvolvimento sustentável.

Fonte: Elaborado pelos autores.

3. IDENTIFICAÇÃO DE POPULAÇÕES EM RISCO E DIMENSÕES DE GÊNERO

3.1 REVISÃO PRELIMINAR DE POTENCIAIS POPULAÇÕES EM RISCO E POTENCIAIS RISCOS PARA A SAÚDE

O relatório do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017)²⁸ ao PNUMA mencionou que a população carente do país é a mais vulnerável à exposição ao mercúrio e seus compostos. É mencionado no parágrafo 68 que *"a redução do uso de mercúrio terá um impacto positivo sobre a população pobre"*. De fato, o Banco Mundial (2020) apontou: *"Entre 2014 e 2016, mais de 5,6 milhões de brasileiros caíram na pobreza (definida como viver com menos de US\$ 5,50 por dia em termos de PPC [Paridade do Poder de Compra] de 2011) à medida que a pobreza aumentou de 17,7% para 20,1% [...]. Embora a recuperação tenha começado em 2017, o número de brasileiros vivendo com menos de US\$ 1,90 [por dia] continuou crescendo, chegando a 9,3 milhões em 2018. As taxas de pobreza na linha de US\$ 5,50, por outro lado, começaram a se recuperar marginalmente em 2018, quando 600 mil brasileiros saíram da pobreza"*. O Banco Mundial (World Bank, 2021)²⁹ destacou o efeito da pandemia na economia brasileira: *"A pandemia de COVID-19 expôs o Brasil a um desafio sanitário, social e econômico sem precedentes, levando a uma queda do PIB de 4,1% em 2020, seguida por uma recuperação em 2021 [...]. Como resultado, espera-se que o impacto da COVID-19 reverta uma melhora constante de uma década no Índice de Capital Humano (que havia aumentado de 0,52 para 0,58 entre 2007 e 2019) e exige fortes políticas de aceleração corretiva."*

Uma pesquisa realizada pela Fiocruz com indígenas do povo Yanomami, do subgrupo Ninam, de nove aldeias localizadas em Roraima, mostrou que todos os participantes estão contaminados por mercúrio. Os maiores níveis de exposição foram detectados em indígenas que vivem nas aldeias situadas próximo aos garimpos ilegais de ouro. O estudo, intitulado "Impacto do mercúrio em áreas protegidas e povos da floresta na Amazônia: uma abordagem integrada saúde-ambiente" foi conduzido pela Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (Ensp), em parceria com a Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio (EPSJV), órgãos específicos singulares da Fiocruz, e contou com o apoio do Instituto Socioambiental (ISA). Os pesquisadores identificaram a presença do metal pesado em amostras de cabelo de cerca de trezentas pessoas analisadas, inclusive crianças e idosos. O estudo realizou as coletas na região do Alto

²⁸ MMA - Ministério do Meio Ambiente (2017). Desenvolvimento da Avaliação Inicial da Convenção de Minamata sobre Mercúrio no Brasil. Projeto # SB-001062.03.01. (não informação pública).

²⁹ Banco Mundial (2021). Visão geral Brasil. <https://www.worldbank.org/en/country/brazil/overview#1>

Rio Mucajaí, em outubro de 2022. O local é alvo do garimpo ilegal há décadas, o que vem causando destruição ambiental, insegurança, violência e prejuízos à saúde dos indígenas.

Das 287 amostras de cabelo examinadas, 84% registraram níveis de contaminação por mercúrio acima de 2,0 µg/g. Já 10,8% ficaram acima de 6,0 µg/g, índice considerado alto, o que requer atenção especial e investigação complementar. Nas duas faixas de contaminação, é necessário notificar os casos ao Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan), a fim de se produzir estatísticas oficiais sobre o problema na região.

4. IMPACTOS DO MERCÚRIO NA SAÚDE

O mercúrio é uma neuro (cérebro) e nefro (rins) toxina.. A principal preocupação para o contexto brasileiro são as emissões e liberações de mercúrio metálico, bem como o metilmercúrio em peixes. Há poucas informações disponíveis relacionadas a outras formas inorgânicas ou orgânicas de mercúrio emitidas ou liberadas por fontes antrópicas no Brasil. Então, a presente análise de risco é limitada a essas duas formas de mercúrio que têm os seguintes caminhos de exposição aos seres humanos:

1. via inalação de vapor de mercúrio inorgânico (sais de Hg⁰)
2. via ingestão de peixes com metilmercúrio (CH₃Hg⁺).

Os setores identificados no capítulo 2 como as principais fontes de mercúrio foram discutidos acima. A principal ênfase foi dada às emissões de mercúrio e às populações em risco de exposição aos gases tóxicos. Qualquer setor que utilize mercúrio ou produtos à base de mercúrio deve procurar processos alternativos. Os setores que não utilizam produtos de mercúrio, mas emitem ou liberam mercúrio de outros materiais, devem procurar precipitadores e filtros eletrostáticos para reduzir as emissões e métodos para conter as descargas contaminantes que dão um fim estável aos efluentes sólidos ou líquidos (por exemplo, a solidificação com cimento e enxofre).

A tabela a seguir traz um resumo dos referidos setores avaliados e sugere algumas soluções para aliviar a exposição da população ao mercúrio.

Tabela 4: População em risco de exposição ao mercúrio no Brasil.

População em risco	Soluções possíveis
Mineradores e processadores realizando fusão de ouro	Realizar a fusão apenas de concentrados e proibir a fusão de minério inteiro. Usar respiradores próprios para o manuseio de mercúrio (máscaras N95 não comuns). Não despejar rejeitos contaminados com Hg nos rios. Procurar técnicas livres de mercúrio. Vender minérios, concentrados ou mesmo rejeitos de fusão para empresas que utilizam cianetação. O Hg deve ser removido antes da cianetação.
Operadores (mineiros) queimando amálgamas sem retortas	Apoiar permanentemente o uso de retortas pelos operadores. Promover cursos para mineiros e seus familiares sobre os riscos à saúde da inalação do vapor de mercúrio. Ensinar esses trabalhadores a fazer retortas.

Operadores de lojas de ouro	Os operadores devem usar respiradores de mercúrio especiais e analisar frequentemente a presença de Hg em sua urina. As lojas de ouro devem ter filtros ao derreter doré e não devem aceitar decompor amálgamas. Existem muitos tipos de alimentos que podem fornecer alguma proteção contra compostos de mercúrio no sangue (Jovel, Abramowski, Pakalnis, Marshall, & Veiga, 2018) ³⁰ .
Vizinhos de lojas de ouro derretendo doré sem filtros e condensadores	Assim como as lojas de ouro, eles devem usar filtros e condensadores para vapor de mercúrio, caso optem por permanecer em centros povoados.
Pessoas que comem peixe com frequência, em particular mulheres em idade fértil e crianças	Avisos devem ser distribuídos para recomendar a diversificação da dieta, indicando os tipos de peixe cujo consumo constante deve ser evitado e ressaltando a frequência com que podem ser ingeridos.
Familiares dos garimpeiros e operadores de garimpos	Os trabalhadores que manipulam mercúrio metálico não devem levar suas roupas para casa, pois elas são fontes de emissão de Hg.
Catadores e catadoras expostos ao vapor de mercúrio	Explicar aos catadores e às catadoras sobre os perigos que envolvem o manuseio das lâmpadas fluorescentes e de outros interruptores de Hg. Promover mais aterros sanitários.
Trabalhadores e pessoas que vivem perto de fábricas de cimento	Utilizar obrigatoriamente precipitadores eletrostáticos para a redução de matérias específicas portadoras de mercúrio. Monitorar com frequência as emissões de Hg dessas fábricas. Inexistir escolas nas proximidades das fábricas de cimento.
Trabalhadores de consultórios odontológicos	Usar respiradores de mercúrio ao aplicar ou remover amálgamas dentárias. Utilizar coletores de restaurações dentárias antigas para descarte adequado ou reciclagem.
Pessoas que moram perto de consultórios odontológicos	Se, no consultório forem realizadas remoções ou aplicações frequentes de amálgama, devem existir salas especiais com exaustão e filtros de carbono impregnados com iodeto.
Trabalhadores de fábricas de cloro-álcalis	Substituir as antigas células de mercúrio é desejável. Os trabalhadores devem usar respiradores de mercúrio, e suas roupas de trabalho não devem ser levadas para casa.
Pessoas que vivem nas proximidades de fábricas de cloro-álcalis usando Hg	Essas pessoas devem estar cientes de sua exposição, e o monitoramento frequente da urina deve ser fornecido pela fábrica de cloro-álcalis.

Fonte: XXX

³⁰ Jovel, E., Abramowski, Z., Pakalnis, E., Marshall, B., Veiga, M.M. (2018). Mercury (II) binding activity of vegetable and fruit juices: identifying potential detoxifying juices for the citizens of Portovelo-Zaruma, Ecuador. Aspects in Mining & Mineral Science, 2(1), p.1-15.

5. AVALIAÇÃO DE POTENCIAIS DIMENSÕES DE GÊNERO ASSOCIADAS À GESTÃO DO MERCÚRIO

O Brasil assinou e ratificou tratados internacionais em vigor sobre o reconhecimento e a proteção dos direitos humanos das mulheres e a promoção da igualdade de gênero, pelos quais, como resultado de seu caráter vinculante, o país assume compromissos explícitos, por exemplo:

- a Declaração Universal dos Direitos Humanos, de 10 de dezembro de 1948;
- a Convenção nº 100 sobre a Igualdade de Remuneração entre Trabalho Masculino e Feminino por Trabalho de Valor Igual, de 29 de junho de 1951;
- a Convenção sobre os Direitos Políticos da Mulher, de 31 de março de 1953;
- a Convenção nº 111 sobre Discriminação no Emprego e Ocupação, de 5 de julho de 1958;
- a Convenção sobre a Eliminação de Todas as Formas de Discriminação Contra a Mulher, de 3 de setembro de 1981;
- a Convenção Interamericana para a Prevenção, Punição e Erradicação da Violência contra a Mulher e a Família – Convenção de Belém do Pará, 9 de junho de 1994;
- a IV Conferência Mundial da Mulher e Plataforma de Ação de Pequim, de setembro de 1995; e
- o Protocolo Facultativo da Convenção sobre a Eliminação de Todas as Formas de Discriminação contra a Mulher, de 6 de outubro de 1999.

Nas últimas décadas, o Brasil desenvolveu uma série de leis e políticas públicas que promovem a igualdade de gênero e garantem os direitos humanos das mulheres, desde a Constituição Federal, promulgada em 1988, até leis específicas, por exemplo:

- a própria Constituição Federal, que estabeleceu aos homens e às mulheres direitos e obrigações iguais e obriga a proteção da mulher no mercado de trabalho, por meio de incentivos específicos;
- A Lei nº 11.340, de 7 de agosto de 2006, denominada “Maria da Penha”, que reconheceu o direito de todas as mulheres a viver sem violência e considera esse tipo de agressão como uma violação dos direitos da mulher. A lei obrigou o Estado e a sociedade a proteger as mulheres da violência doméstica e familiar, independentemente da idade, classe social, raça, religião e orientação sexual;

- Lei nº 13.104, de 9 de março de 2015, que listou o feminicídio como crime hediondo e que o inclui no artigo 121 do Código Penal Brasileiro;
- Lei nº 13.880, de 8 de outubro de 2019, que determinou a apreensão de armas de fogo na posse do agressor em casos de violência doméstica;
- Lei nº 13.882, de 8 de outubro de 2019, que garantiu a inscrição de dependentes de mulheres, vítimas de violência doméstica e familiar, em instituições de ensino elementar, próximo de sua residência;
- Lei nº 13.827, de 13 de maio de 2019, que alterou a Lei "Maria da Penha" (Lei nº 11.340/2006) para permitir a aplicação de medidas de proteção emergencial pela autoridade judicial ou policial às mulheres em situação de violência doméstica e familiar, ou a seus dependentes;
- Lei nº 9.799, de 26 de maio de 1999, que estabeleceu a proibição de todo tipo de discriminação, inclusive a de gênero. Estabelece a proteção do status e a preservação do posto de trabalho de mulheres grávidas; e
- Lei nº 12.227, de 12 de abril de 2010, que estabeleceu o Relatório Anual Social e Econômico sobre a Mulher.

Nas últimas três décadas, o Brasil tem direcionado vários esforços para promover avanços em políticas públicas específicas para as mulheres. As principais políticas são as seguintes:

- Plano Nacional de Políticas para a Mulher 2013 - 2015, que contribuiu para o fortalecimento e a institucionalização da Política Nacional para a Mulher adotada em 2004 e endossada em 2007 e 2011. Alguns dos princípios orientadores foram: (i) autonomia das mulheres em todas as dimensões; (ii) busca da igualdade efetiva entre homens e mulheres em todos os campos; (iii) respeito pela diversidade e luta contra todas as formas de discriminação; (iv) universalização dos serviços e benefícios oferecidos pelo Estado; (v) participação ativa das mulheres em todas as fases das políticas públicas; e (vi) implementação abrangente como princípio orientador de todas as políticas públicas; e
- O Plano Plurianual 2024-2027, que estabeleceu cinco agendas transversais, a saber: a) crianças e adolescentes; b) mulheres; c) igualdade racial; d) povos indígenas; e) ambiental.

Cabe destacar que no caso de exposição ao mercúrio, os efeitos da contaminação em mulheres grávidas são ainda mais preocupantes. Isso porque o metal pode ultrapassar a barreira placentária e atingir o cérebro do feto, causando danos irreversíveis, como perda de audição, déficit cognitivo, retardo no desenvolvimento e malformação congênita.

Com relação ao gerenciamento ambientalmente adequado de mercúrio no Brasil, o MIA visa minimizar o risco de exposição do ser humano e do meio ambiente a esse metal. Por isso, as considerações para uma abordagem de gênero interdisciplinar, durante a implementação do MIA, vão colaborar ainda mais com os resultados por levar em conta as realidades e necessidades diferenciadas por gênero; bem como dar visibilidade à contribuição de mulheres e homens na realização do desenvolvimento sustentável inclusivo nas ações propostas.

Nesse contexto, as considerações específicas de gênero são: (i) aumentar a conscientização dos conceitos que envolvem a abordagem de gênero e os riscos de exposição ao mercúrio; (ii) fornecer informações desagregadas por gênero sobre exposição ocupacional ao mercúrio e sobre doenças associadas a essa exposição; (iii) promover ações que protejam a saúde de homens e mulheres, considerando a exposição diferenciada por gênero ao mercúrio; e (iv) melhorar os espaços de participação e empoderamento das mulheres como agentes de mudança na gestão adequada de mercúrio.

6. CONSCIENTIZAÇÃO E COMPREENSÃO DOS TRABALHADORES E DO PÚBLICO

Os níveis de conscientização dos agentes emissores e liberadores de mercúrio no Brasil são variáveis e geralmente estão ligados ao nível técnico do ofício, abrangendo desde os fabricantes de cimento até mineradores artesanais e catadores. Estes últimos têm o menor entendimento sobre a toxicidade do vapor de mercúrio e as possíveis transformações ambientais causadas pelo mercúrio metálico em espécies tornando-as mais tóxicas no ambiente.

Os governos municipais, onde a emissão de mercúrio pode impactar a população, também devem ser treinados em todos os aspectos do tema poluição por Hg. Os profissionais de saúde no Brasil devem receber capacitação para que possam diagnosticar (obter sintomas clínicos e psicológicos) e tratar pacientes intoxicados por vapor de mercúrio ou metilmercúrio.

Cartilhas de conscientização, avisos, cartazes, panfletos, palestras, cursos remotos, publicações em mídias sociais, charges, programas de rádio, podcasts, clipes no YouTube etc., com linguagem direta e assertiva, podem ser desenvolvidos para pessoas possivelmente vulneráveis a qualquer tipo de mercúrio. (Veiga & Marshall, 2017)³¹.

Uma maneira eficaz de levar a mensagem sobre o mercúrio para as comunidades afetadas é ensinar os professores do ensino fundamental sobre a poluição por mercúrio. Eles podem passar as informações a seus alunos, que, por sua vez, têm grande influência sobre seus pais. Na Colômbia, um aspecto observado em muitas campanhas de monitoramento foram os altos níveis de Hg apresentados na respiração de crianças, simplesmente pelo fato de seus pais levarem para casa as roupas de trabalho contaminadas com mercúrio.

O Brasil tem profissionais críticos e competentes para implementar mudanças em qualquer setor técnico a fim de reduzir as emissões e liberações de mercúrio, sendo necessário desenvolver ações coordenadas para conscientização da população.

Instituições como universidades, organizações não governamentais e centros de

³¹ Veiga, M.M. and Marshall, B.G. (2017). Teaching Artisanal Miners about Mercury Pollution Using Songs. Extractive Industries and Society, 4,842-845.

pesquisa têm se dedicado fortemente ao estudo dos impactos no meio ambiente e na saúde pública provocados pelo mercúrio por meio de pesquisas em várias fontes, logo, podem ser importantes parceiros para a implementação de atividades de conscientização e capacitação. As campanhas de sensibilização podem ajudar a aumentar o conhecimento sobre a poluição por mercúrio, o elemento-chave aqui é o engajamento de diferentes instituições com as comunidades afetadas.

Os principais grupos-alvo de sensibilização devem ser (i) as crianças e (ii) as mulheres, em especial as que se encontram em idade fértil. Eles são a população mais sensível à intoxicação por mercúrio, e devem estar cientes dos métodos para prevenir e tratar o envenenamento por Hg.

7. INVENTÁRIO DE MERCÚRIO E IDENTIFICAÇÃO DE EMISSÕES E LANÇAMENTOS

Este capítulo apresenta os principais resultados do Inventário Nacional de Emissões e Liberações de Mercúrio. No Inventário, são mostrados (i) os tipos de fontes que fizeram parte do levantamento de dados e informações; (ii) as entradas de mercúrio para a sociedade, calculadas seguindo recomendações do Toolkit 2015; (iii) os cenários de emissões e liberações de mercúrio nos vários meios receptores; (iv) considerações sobre a confiabilidade dos dados de entrada e de saída; e (v) as lacunas e prioridades para acompanhamento visando à melhoria de obtenção de dados em futuros inventários. Os resultados estão apresentados basicamente por subcategoria de fonte, tendo em vista que nem todas as subcategorias constantes no Toolkit foram abrangidas. Dados e informações mais detalhados sobre o levantamento para obtenção dos resultados são apresentados nos tópicos correspondentes a cada categoria de fonte de emissão e liberação de Hg, nos capítulos seguintes.

7.1. FONTES DE EMISSÃO E LIBERAÇÃO DE MERCÚRIO PRESENTES NO PAÍS

As fontes de emissão e liberação de mercúrio constantes da Convenção de Minamata sobre Mercúrio foram identificadas como presentes ou ausentes no país. Somente as fontes identificadas positivamente como presentes e previstas na Convenção de Minamata sobre Mercúrio foram incluídas no Inventário Nacional de Emissões e Liberações de Mercúrio, as quais estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Identificação das fontes de liberação de mercúrio no país; constantes da convenção; fontes presentes(S) e ausentes (N)

Categoria de fonte	Presença da fonte no país (S/N)
Categoria 5.1: Extração e uso de combustíveis/fontes de energia	
Combustão de carvão mineral em grandes centrais elétricas	S
Combustão de carvão mineral em caldeiras industriais	S
Categoria 5.2: Produção de metal primário	
Extração primária e processamento do mercúrio	N
Extração de ouro industrial com o processo de amalgamação de mercúrio	N
Extração e processamento inicial de zinco	S
Extração e processamento inicial de cobre	S

Extração e processamento inicial de chumbo	N
Extração e processamento inicial de ouro por outros processos, à exceção do amálgama de Hg	S
5.3: Produção de outros minerais e materiais contendo mercúrio	
Produção de cimento	S
Categoria 5.4: Uso intencional de mercúrio como material auxiliar em processos industriais	
Produção de cloro-álcalis com tecnologia de mercúrio	S
Produção de MCV (monômero cloreto de vinila) usando cloreto de mercúrio (HgCl ₂) como catalisador	N
Produção de acetaldeído usando sulfato de mercúrio (HgSO ₄) como catalisador	N
Outra produção de produtos químicos e polímeros com compostos de mercúrio usados como catalisadores	N
Categoria 5.5: Produtos de consumo com uso intencional de mercúrio	
Termômetros com mercúrio	S
Interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés com mercúrio	S
Fontes de luz com mercúrio	S
Pilhas e baterias que contêm mercúrio	S
Biocidas e pesticidas	N
Fármacos para uso humano e veterinário	?*
Cosméticos e produtos relacionados	N
Categoria 5.6: - Outros usos intencionais em produtos/processos	
Restaurações de amálgamas dentárias com mercúrio	S
Manômetros e medidores de pressão arterial	S
Categoria 5.7: Produção de metais reciclados	
Produção de mercúrio reciclado (produção secundária)	S
Categoria 5.8: Incineração de resíduos	
Incineração de resíduos municipais em geral	S
Incineração de resíduos perigosos	S
Incineração de resíduos de serviços de saúde	S
Incineração de lodo de estações de tratamento de efluentes	S
Categoria 5.8: Incineração de resíduos	
Aterros/depósitos controlados	S
Descarte informal de resíduos em geral	S
Sistema / tratamento de águas residuais	S
Categoria principal – Áreas contaminadas e potenciais focos de contaminação***	S

* Significa dúvida quanto à existência da fonte no país (existência ou não a ser confirmada). **A Convenção de Minamata sobre Mercúrio, em seu Artigo 9, trata das liberações de mercúrio e compostos de mercúrio, nos solos e na água de fontes pontuais relevantes não abordadas em outros dispositivos da convenção. Para efeito do Inventário de Emissões e Liberações a ser desenvolvido, as fontes consideradas serão: Aterros/depósitos controlados; descarte informal de resíduos em geral e Sistema/tratamento de águas residuais. *** A Convenção de Minamata sobre Mercúrio, em seu Artigo 12, trata das áreas contaminadas com mercúrio ou compostos de mercúrio. O Artigo não especifica as tipologias e áreas a serem consideradas.

7.2. ENTRADAS DE MERCÚRIO PARA A SOCIEDADE³²

As entradas de mercúrio para a sociedade, calculadas neste inventário, por subcategoria, estão apresentadas na Tabela 6. Em algumas subcategorias, em função da ausência de fatores de entrada específicos para o Brasil, optou-se por trabalhar com os valores mínimos e máximos apresentados pelo *Toolkit 2015*, de forma a avaliar uma faixa de emissões e liberações de mercúrio. Deste modo, as entradas e os resultados de emissões e liberações de mercúrio estão apresentados em dois cenários, de mínimo e de máximo.

Tabela 6. Resumo das entradas de mercúrio para a sociedade – cenários mínimos e máximos (Kg Hg/ano) no ano-base 2016, exceto a produção primária de zinco e cobre, cujo ano-base é 2015.

Categoria e subcategorias	Entrada de Hg para a sociedade (mínimo)	Entrada de Hg para a sociedade (máximo)
Extração e uso de combustíveis / fontes energéticas		
Combustão de carvão mineral em grandes centrais elétricas	864	896
Outros usos do carvão – Caldeiras Industriais	26	264
Produção primária de metais		
Extração e processamento inicial de zinco	1.146	29.790
Extração e processamento inicial de cobre	205	20.457
Extração e processamento inicial de chumbo	0	0
Extração e processamento inicial de ouro sem amalgamação	19.450	583.500
Produção de outros minerais e materiais contendo mercúrio		
Produção de cimento	2.809	51.801
Uso intencional de mercúrio em processos industriais		
Produção de cloro-álcalis com tecnologia de mercúrio	10.491	10.491
Produtos de consumo com uso intencional de mercúrio		
Termômetros	1.241	3.724
Interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés	4.109	51.366
Fontes de luz (lâmpadas)	1.284	4.254
Pilhas e baterias	5.433	9.624
Outros usos intencionais em produtos / processos		
Restaurações dentárias com amálgama	10.741	42.966
Manômetros e medidores de pressão arterial	1.027	1.027

³² Significa a quantidade de mercúrio que foi introduzida por ação antrópica pelas subcategorias consideradas neste inventário.

Produção de metais reciclados (produção secundária)		
Produção de mercúrio reciclado	0,1	0,1
Incineração de resíduos		
Incineração de resíduos municipais/gerais ^{*1}	10	99
Incineração de resíduos perigosos ^{*1}	1.486	7.432
Incineração de resíduos de serviços de saúde ^{*1}	1.029	5.145
Incineração de lodo de estações de tratamento de efluente	0	0
Disposição de resíduos e tratamento de águas residuais		
Aterros sanitários e de resíduos perigosos ^{*1}	546	5.224
Descarte informal de resíduos ^{*1}	29.661	296.610
Sistema de coleta e tratamento de águas residuais ^{*2}	4.925	98.498
Somatório das entradas de mercúrio		
Entrada total sem desconto de dupla contagem	96.483	1.223.168
Entrada total quantificada sem dupla contagem ^{*1*2}	67.024	940.109

Notas: ^{*1}Para evitar a dupla contagem das entradas de mercúrio de resíduos e produtos, no total de entrada são incluídos apenas 10% do mercúrio de fontes de incineração, disposição e descarte informal de resíduos. Segundo o Toolkit, estes 10% representam aproximadamente a entrada de mercúrio para resíduos gerais de materiais que não foram quantificados individualmente no Inventário. ^{*2} Apesar dos sistemas de coleta e tratamento de águas residuais conterem mercúrio já contabilizado em outras subcategorias, por exemplo, amálgama dentário, o Toolkit não o retira da contabilidade de entrada.

As subcategorias que apresentaram valores mais elevados de novas entradas de mercúrio para a sociedade (sem dupla contagem) considerando o cenário mínimo de entrada foram: a) extração e processamento inicial de ouro usando outros métodos que não a amalgamação; b) restaurações dentárias com amálgama; c) produção de cloro-álcalis com tecnologia de mercúrio; d) pilhas e baterias; e) interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés. No cenário de entrada máximo, foram: a) extração e processamento inicial de ouro usando outros métodos que não a amalgamação; b) produção de cimento; c) interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés; d) restaurações dentárias com amálgama; e) extração e processamento inicial de zinco.

As categorias "Incineração de resíduos" e "Disposição de resíduos e tratamento de águas residuais" apresentaram valores de entrada elevados, entretanto, por definição, não representam, em sua totalidade, novas entradas de mercúrio na sociedade, mas sim fluxos de mercúrio já existentes.

7.3. CENÁRIOS DE EMISSÕES E LIBERAÇÕES

7.3.1. Panorama geral dos resultados

As emissões e liberações de mercúrio, considerando os cenários de emissões e liberações mínimas e máximas, estão apresentados respectivamente na Tabela 7 e Tabela 8, por subcategoria de fonte, levando-se em conta a recomendação do *Toolkit* 2015 para evitar a dupla contagem nos meios água e solo. As entradas de mercúrio para a sociedade variaram de 67.024 kg/ano a 940.108 kg/ano. As emissões e liberações totais variaram de 69.102 kg Hg/ano a 912.823 kg Hg/ano.

O meio receptor mais impactado pelas emissões e liberações, em ambos os cenários, foi o solo, recebendo, no cenário mínimo, 28% das emissões e liberações de mercúrio totais estimadas e 59% no cenário máximo, conforme é mostrado na Figura 3. Em seguida, no cenário mínimo, os resíduos sólidos em geral e a destinação e/ou tratamento específico receberam a mesma proporção das emissões e liberações de mercúrio totais estimadas (20% cada), seguidos do ar (15%). No cenário máximo, após o solo, em importância vêm o ar (12%); resíduos em geral (9%); por fim, a água e os subprodutos e impurezas com o mesmo percentual (7%).

Tabela 7. Resumo dos resultados do inventário de mercúrio – cenário de emissões e liberações mínimas no ano-base 2016, exceto produção de zinco e cobre (ano-base 2015).

Subcategoria de fonte		Ar	Água ^{*2}	Solo ^{*1}	Subprodutos e impurezas	Resíduos gerais	Tratamento e ou destinação específica
5.11	Combustão de carvão mineral em grandes centrais elétricas	896	-	-	-	-	280,7
5.12	Outros usos do carvão	25,0	-	-	-	-	1,3
5.2.3	Extação e processamento inicial de zinco	114,6	22,9	-	481,2	-	527,1
5.2.4	Extação e processamento inicial de cobre	24,4	4,1	-	81,6	-	94,4
5.2.6	Extação e processamento de ouro sem amalgamação	778,0	389,0	17.505,0	778,0	-	-
5.3.1	Produção de cimento	1.966,1	-	-	842,6	-	-
5.4.1	Produção de cloro-álcali com tecnologia de mercúrio	1.300,5	5,5	-	9,4	-	9.175,2
5.5.1	Termômetros	124,1	372,4	-	-	744,7	-
5.5.2	Interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés	410,9	-	410,9	-	3.287,4	-
5.5.3	Fontes de luz (lâmpadas)	64,2	-	-	-	1.219,4	-
5.5.4	Pilhas e baterias	-	-	-	-	5.432,8	-
5.6.1	Restaurações dentárias com amálgama	171,6	4.960,5	946,9	710,1	1.976,2	1.976,2

5.6.2	Manômetros e medidores de pressão arterial	102,7	308,2	-	-	616,4	-
5.7.1	Produção de mercúrio reciclado ("produção secundária")	0,0	-	-	-	0,0	0,1
5.8.1	Incineração de resíduos municipais/gerais	6,9	-	-	-	-	3,0
5.8.2	Incineração de resíduos perigosos	624,3	-	-	-	-	862,1
5.8.3	Incineração de resíduos de serviços de saúde	514,5	-	-	-	-	514,5
5.9.1	Aterros sanitários/depósitos controlados	540,9	5,4	-	-	-	-
5.9.4	Descarte informal de resíduos sólidos em geral ^{*1}	2.966,1	2.966,1	23.728,8	-	-	-
5.9.5	Tratamento/Sistema de águas residuais ^{*1}	-	3.652,8	187,3	-	660,4	424,5
SOMATÓRIO DAS ENTRADAS E LIBERAÇÕES QUANTIFICADAS ^{*1+2}		10.318,6	9.034,1	19.050,1	2.903,0	13.937,3	13.859,1

Notas: ^{*1}: para evitar dupla contagem, a liberação para a terra a partir do descarte informal de resíduos gerais foi subtraída automaticamente do total, conforme *Toolkit*. ^{*2}: para evitar dupla contagem, a liberação para a água de tratamento/sistema de águas residuais foi subtraída automaticamente do total, conforme *Toolkit*.

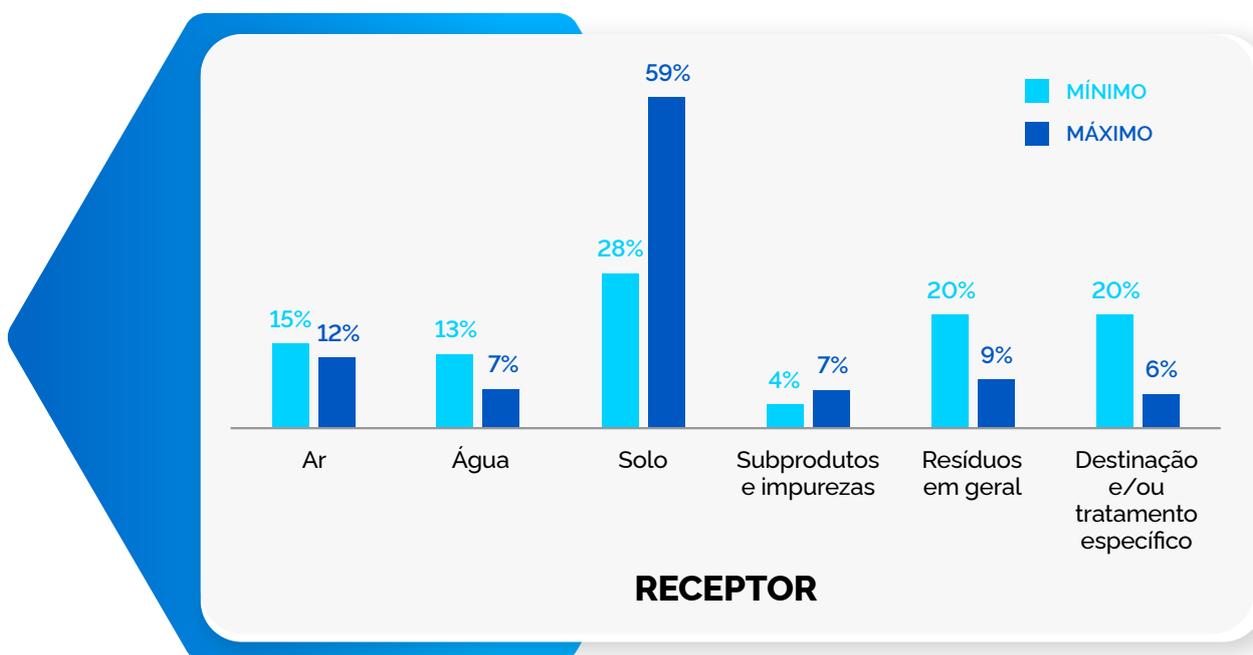
Tabela 8. Resumo dos resultados do inventário de mercúrio – cenário de emissões e liberações máximas no ano-base 2016, exceto produção de zinco e cobre (ano-base 2015).

	Subcategoria de fonte	Ar	Água ^{*2}	Solo ^{*1}	Subprodutos e impurezas	Resíduos gerais	Tratamento e ou destinação específica
5.11	Combustão de carvão mineral em grandes centrais elétricas	-	-	-	-	-	297
5.12	Outros usos do carvão	250	-	-	-	-	13
5.2.3	Extação e processamento inicial de zinco	2.979	596	-	12.512	-	13.704
5.2.4	Extação e processamento inicial de cobre	2.445	409	-	8.162	-	9.441
5.2.6	Extação e processamento de ouro sem amalgamação	23.340	11.670	525.150	23.340	-	-
5.3.1	Produção de cimento	36.261	-	-	15.540	-	-
5.4.1	Produção de cloro-álcali com tecnologia de mercúrio	1.301	6	-	9	-	9.175,2
5.5.1	Termômetros com mercúrio	372	1.117	-	-	2.234	-
5.5.2	Interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés	5.137	-	5.137	-	41.093	-
5.5.3	Fontes de luz com mercúrio	-	-	-	-	4.042	-
5.5.4	Pilhas e baterias com mercúrio	-	-	-	-	9.624	-
5.6.1	Restaurações dentárias com amálgama	686	19.842	3.787	2.841	7.905	7.905
5.6.2	Manômetros e medidores de pressão arterial	103	308	-	-	616	-
5.7.1	Produção de mercúrio reciclado ("produção secundária")	0,0	-	-	-	0,0	0,1
5.8.1	Incineração de resíduos municipais/gerais	69	-	-	-	-	30
5.8.2	Incineração de resíduos perigosos	3.121	-	-	-	-	4.310
5.8.3	Incineração de resíduos de serviços de saúde	2.573	-	-	-	-	2.573

5.9.1	Aterros sanitários/depósitos controlados	5.172	52	-	-	-	-
5.9.4	Descarte informal de resíduos sólidos em geral ^{*1}	29.661	29.661	237.288	-	-	-
5.9.5	Tratamento/Sistema de águas residuais ^{*2}	-	73.056	3.745	-	13.207	8.490
SOMATÓRIO DAS ENTRADAS E LIBERAÇÕES QUANTIFICADAS ^{*1*2}		114.281,7	63.660,5	537.819,4	62.404,4	78.720,6	55.936,4

Notas: ^{*1}: para evitar dupla contagem, a liberação para a terra a partir do descarte informal de resíduos gerais foi subtraída automaticamente do total, conforme *Toolkit*. ^{*2}: para evitar dupla contagem, a liberação para a água de tratamento/sistema de águas residuais foi subtraída automaticamente do total, conforme *Toolkit*.

Figura 3. Contribuição das Emissões e liberações quantificadas, sem dupla contagem, por receptor (%).



7.3.2. Escala de contribuições por subcategoria

Em relação às subcategorias, os resultados percentuais da participação de cada subcategoria, estão mostrados na Figura 4 e Figura 5. As cinco mais importantes, em termos de emissões e liberações totais quantificadas (sem duplicidade), foram, no cenário mínimo: extração e processamento de ouro industrial, sem amalgamação, com 19.450,0 kg Hg/ano (28,1%); restaurações dentárias com amálgama, com 10.741,5 kg Hg/ano (15,5%); produção de cloro-álcalis com tecnologia de mercúrio, com 10.490,6 kg Hg/ano (15,2%); descarte informal de resíduos sólidos, com 5.932,2 kg Hg/ano (8,6%); pilhas e baterias, com 5.432,8 kg Hg/ano (7,9%). No máximo, foram: extração e processamento de ouro industrial sem amalgamação, com 583.500,0 kg Hg/ano (63,9%); descarte informal de resíduos sólidos em geral, com 59.322,0 kg Hg/ano (6,5%); produção de cimento (clinker), com 51.801,2 kg Hg/ano (5,7%); interruptores

elétricos e eletrônicos, contatos e relés, com 51.365,8 kg Hg/ano (5,6%); restaurações dentárias com amálgama, com 42.966,0 kg Hg/ano (4,7%).

Figura 4. Distribuição das emissões e liberações mínimas e totais por subcategoria, com desconto de duplicidade (%)

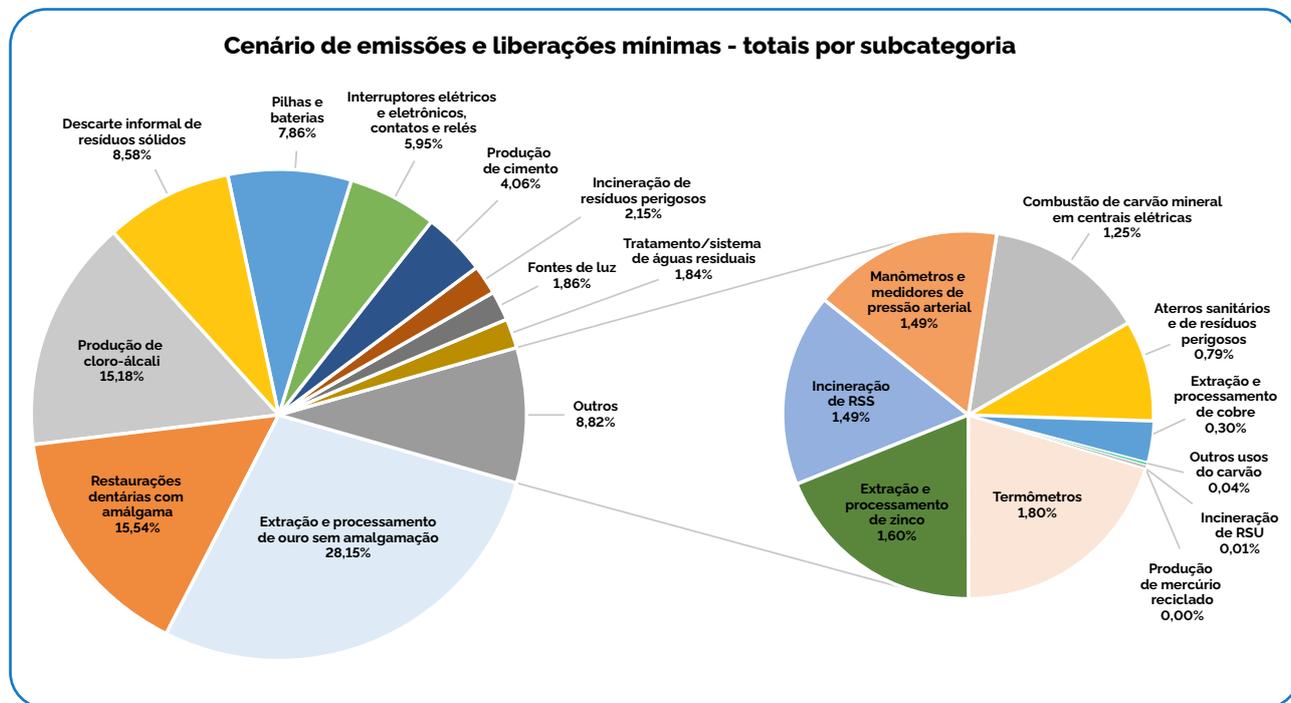
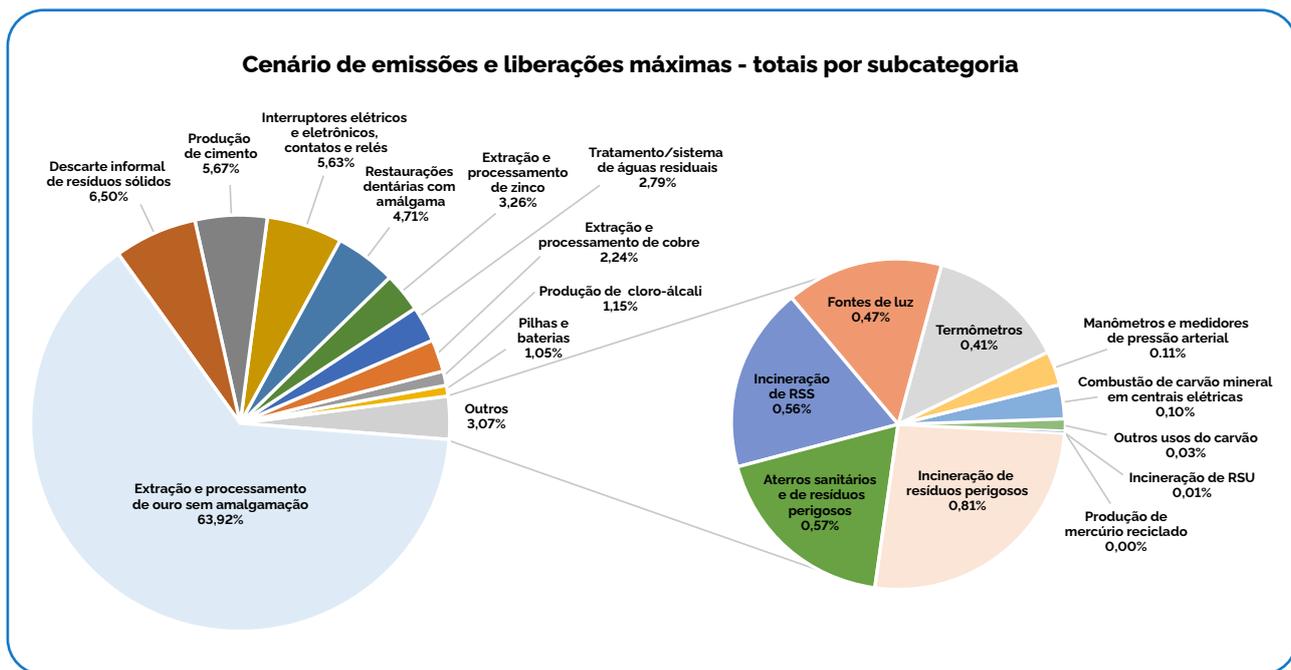


Figura 5. Distribuição das emissões e liberações máximas e totais por subcategoria com desconto de duplicidade (%)



7.4. CONTRIBUIÇÕES EM RELAÇÃO AO MEIO RECEPTOR

As contribuições relativas, em cada um dos seis meios receptores definidos no *Toolkit*, estão descritas a seguir e estão mostradas, na forma de valores absolutos, nas Figuras 6 a 11.

7.4.1. Meio ar

As emissões anuais de mercúrio para o ar, em valores absolutos, por subcategoria, estão apresentadas na Figura 6. No cenário mínimo, resultaram, como maiores contribuintes: o descarte informal de resíduos em geral (28,7%); a produção de cimento (19,1%); a produção de cloro-álcalis (12,6%); a extração de processamento de ouro industrial sem amalgamação (7,5%); a incineração de resíduos sólidos perigosos (6%), o que perfaz 74% das emissões para o ar. No cenário máximo, os maiores contribuintes foram: a produção de cimento (31,7%); o descarte informal de resíduos sólidos (26,0%); a extração de processamento de ouro industrial sem amalgamação (20,4%); aterros sanitários e resíduos perigosos (4,5%);, interruptores elétricos e eletrônicos contatos e relés contendo mercúrio (4,5%), perfazendo 87,1% de contribuição nas emissões, se considerado o total de 114.281,7 kg Hg/ano emitidos para o meio ar.

7.4.2. Meio água

As liberações anuais de mercúrio para o meio água, em valores absolutos, por subcategoria, estão apresentadas na Figura 7, sem desconto de duplicidade. Em termos percentuais, quando os lançamentos referentes a tratamento e sistemas de águas residuais são descontados do total, conforme recomenda o Toolkit 2015, para não caracterizar duplicidade de contagem em outras fontes, no cenário mínimo, obteve-se a seguinte participação: as liberações de obturação dentária com amálgama (54,9%) e o descarte informal de resíduos sólidos (32,8%), juntos contribuíram com 87,7% do total nesta subcategoria. No cenário máximo: descarte informal de resíduos sólidos (46,6%), obturação dentária com amálgama (31,2%) e extração e processamento de ouro industrial sem amalgamação (18,3%), juntos, compreenderam 96,1% das liberações de mercúrio para o meio água.

7.4.3. Meio solo

As liberações anuais de mercúrio para o meio solo, em valores absolutos, por subcategoria, estão apresentadas na Figura 8, sem desconto de duplicidade. Em termos percentuais, os lançamentos referentes ao descarte informal de resíduos sólidos em

geral são também descontados do total, conforme recomenda o Toolkit 2015, para não caracterizar duplicidade de contagem em outras fontes. No cenário mínimo, obteve-se a seguinte participação: as liberações da extração e do processamento de ouro industrial sem amalgamação contribuíram com 91,9%, seguidas das restaurações dentárias, com 5%. No cenário máximo, a extração e o processamento de ouro industrial sem amalgamação, com 97,6% dos lançamentos de mercúrio no solo, é a grande contribuinte para o meio solo.

7.4.4. Subprodutos e impurezas

As liberações anuais de mercúrio para subprodutos e impurezas, em valores absolutos, por subcategoria, estão apresentadas na Figura 9. No cenário mínimo, a produção de cimento (29%), a extração e processamento de ouro industrial sem amalgamação (27%), restaurações dentárias com amálgama (24%) e a produção primária de zinco (17%) representaram 97% das liberações nesse meio receptor. Por outro lado, no cenário máximo, a extração e processamento de ouro industrial sem amalgamação (37,4%), a produção de cimento (24,9%), a produção primária de zinco (20,0%) e a produção primária de cobre (13,1%) e somaram, 95,4% das liberações neste receptor.

7.4.5. Resíduos gerais

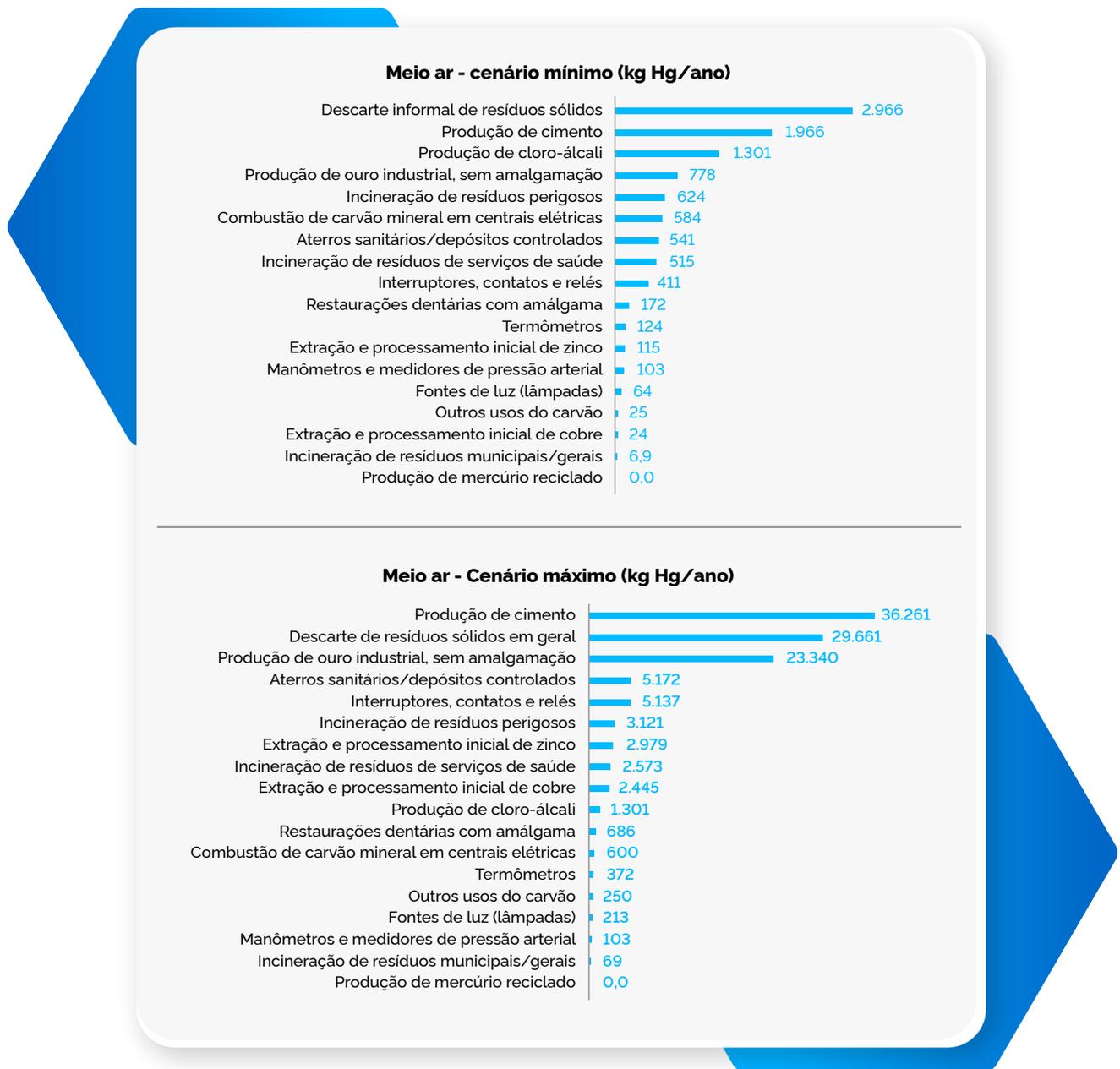
As liberações anuais de mercúrio para resíduos gerais, em valores absolutos, por subcategoria, estão apresentadas na Figura 10. No cenário mínimo, as pilhas e baterias (39%), os interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés (23,6%), restaurações dentárias com amálgama (14,2%), fontes de luz (lâmpadas) (8,7%) e termômetros (5,3%), representaram 90,8% do total. No cenário máximo, mais da metade dos lançamentos para este meio receptor resultaram da subcategoria "interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés" (52,2%), vindo, a seguir, a contribuição de tratamento e sistemas de águas residuais (16,8%), pilhas e baterias (12,2%) e restaurações dentárias com amálgama (10%), perfazendo, todas essas subcategorias, 91,2% dos lançamentos para resíduos gerais.

7.4.6. Tratamento e destinação final específicos

As liberações anuais de mercúrio para tratamento e destinação final específicos, em valores absolutos, por subcategoria, estão apresentadas na Figura 11. A destinação de materiais contendo mercúrio para tratamento e destinação final de setores específicos, teve a participação majoritária, no cenário mínimo, da "produção de cloro-álcalis com tecnologia de mercúrio" (66,2%). No cenário máximo, as contribuições estão mais

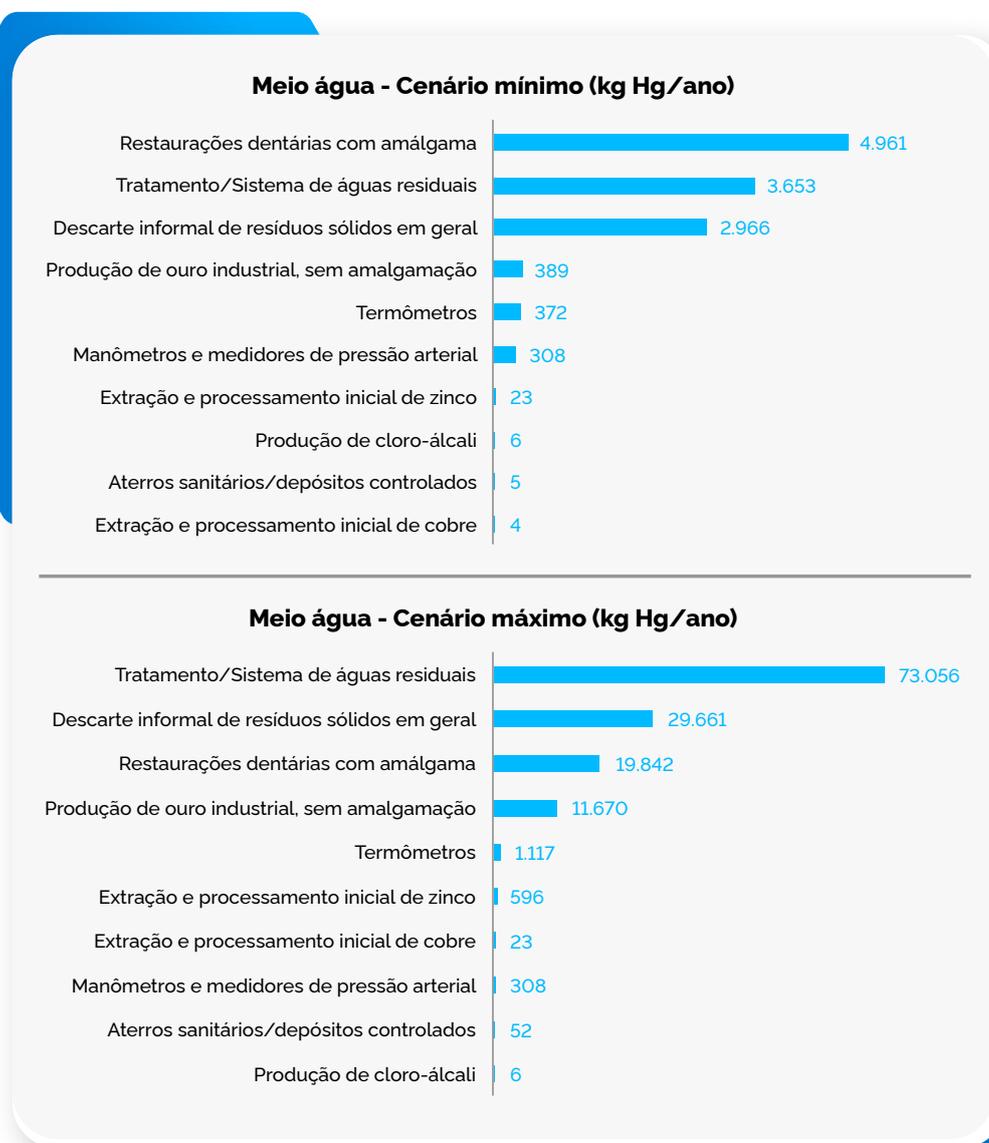
bem divididas entre extração e processamento inicial de zinco (24,5%), extração e processamento inicial de cobre (16,9%), produção de cloro-álcalis com tecnologia de mercúrio (16,4%), tratamento/sistemas de águas residuais (15,2%) e restaurações dentárias com amálgama (14,1%).

Figura 6. Cenário de Emissões mínimas e máximas para o meio ar (kg Hg/ano)



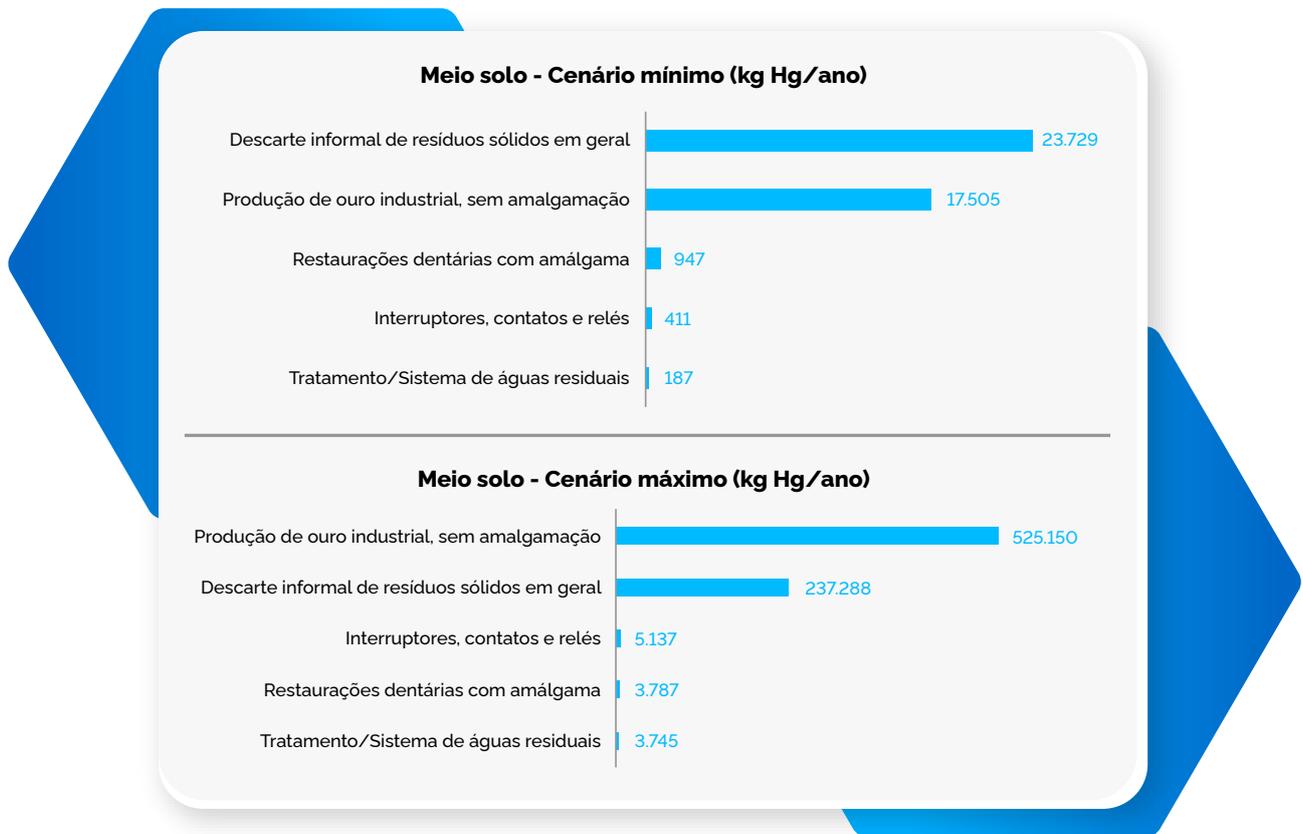
Nota: Ano-base 2016, exceto produção primária de zinco e cobre (ano-base 2015).

Figura 7. Cenário de emissões mínimas e máximas para o meio água, sem desconto de duplicidade (kg Hg/ano)



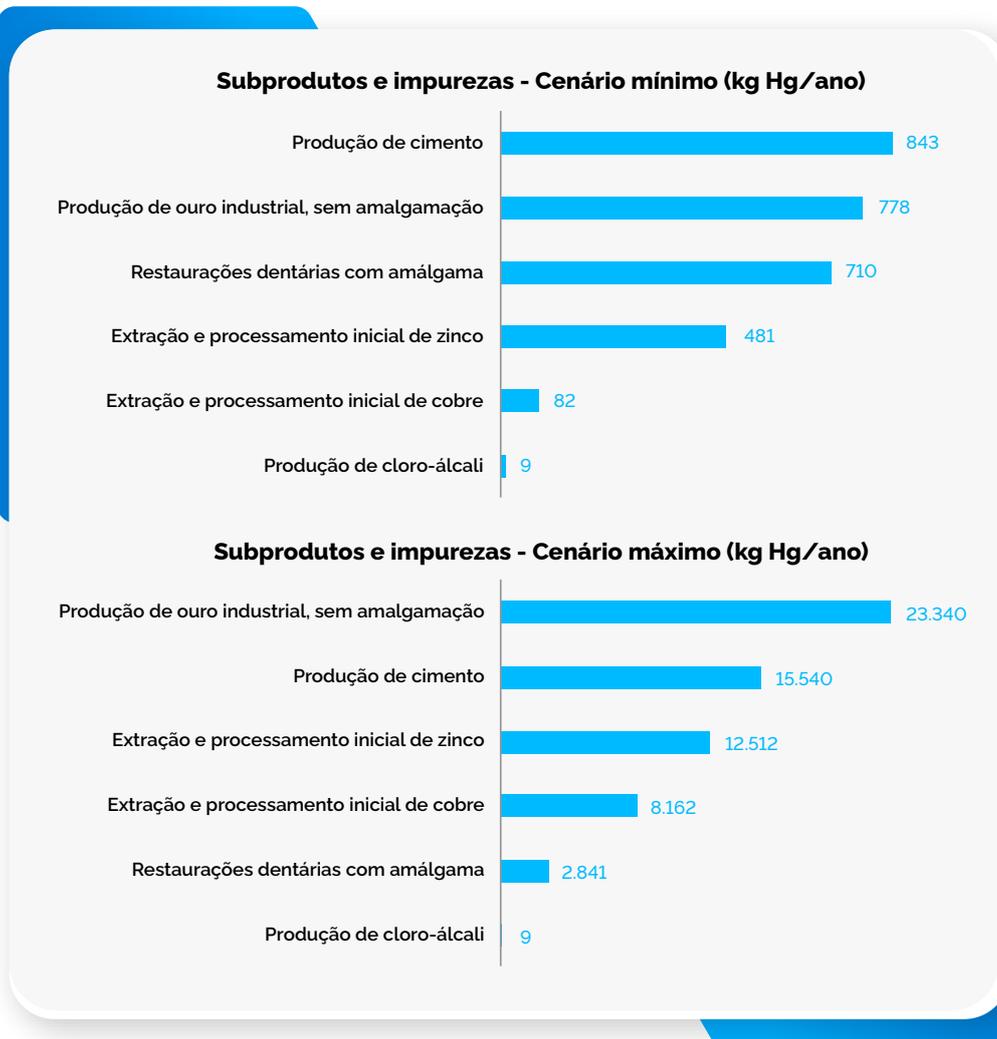
Nota: Ano-base 2016, exceto produção primária de zinco e cobre (ano-base 2015).

Figura 8. Cenário de emissões mínimas e máximas para o meio solo, por subcategoria, sem desconto de duplicidade (kg Hg/ano)



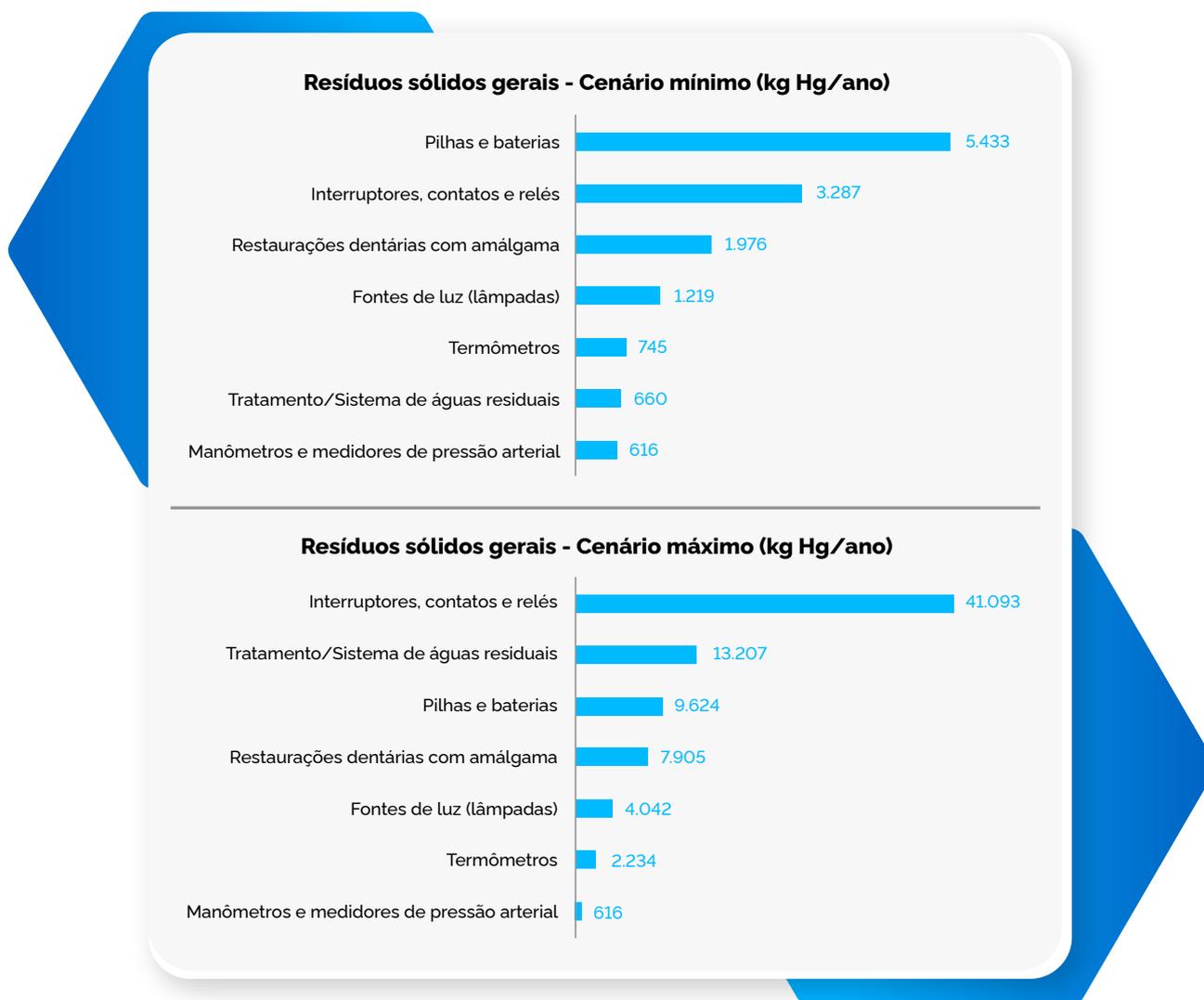
Nota: Ano-base 2016, exceto produção primária de zinco e cobre (ano-base 2015).

Figura 9. Cenário de emissões mínimas e máximas no meio subprodutos e impurezas (kg Hg/ano)



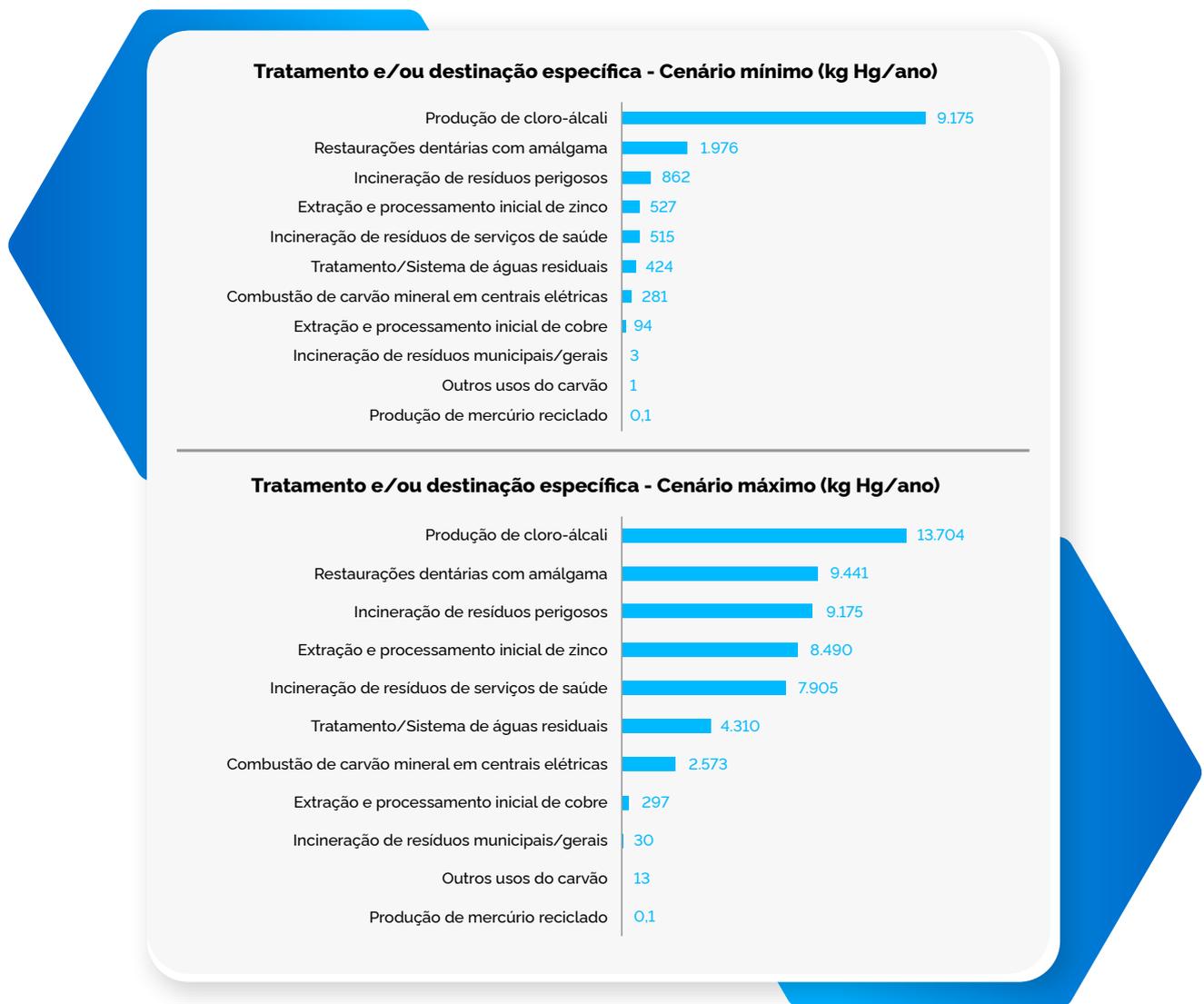
Nota: Ano-base 2016, exceto produção primária de zinco e cobre (ano-base 2015).

Figura 10. Cenário de emissões mínimas e máximas no meio resíduos sólidos gerais (kg Hg/ano)



Nota: Ano-base 2016, exceto produção primária de zinco e cobre (ano-base 2015).

Figura 11. Cenário de emissões mínimas e máximas para o meio destinação e/ou tratamento específico (kg Hg/ano)



Nota: Ano-base 2016, exceto produção primária de zinco e cobre (ano-base 2015).

Observa-se que a importância da participação de cada subcategoria difere intra e inter meios considerados e depende do cenário, mínimo ou máximo.

Referente ao ar, considerado um meio receptor muito importante pelo seu alcance territorial, podendo atingir grandes distâncias, e possível ação direta nas pessoas, há uma troca de primeira posição quando são considerados os dois cenários. No cenário mínimo, o descarte informal de resíduos e, no cenário máximo, a produção de cimento. Ocorre também uma grande variação de posição inter cenários, como é o caso da produção de cloro-álcalis com tecnologia de mercúrio, que

ocupa a terceira posição no cenário mínimo, e a décima no cenário máximo. Isso mostra a influência dos fatores de entrada considerados nos dois cenários e a importância de diminuir sua faixa de variação. Por outro lado, a produção de ouro industrial, sem amalgamação, ocupa posição de destaque em ambos os cenários (4º lugar no cenário máximo e 3º lugar no cenário mínimo).

Com respeito à água, que também é um meio relevante no transporte ambiental e na ação direta sobre a saúde da população, a mesma situação ocorre, com mudança da primeira posição, entre os cenários mínimo e máximo, para restaurações dentárias com amálgama e tratamento/sistemas de águas residuárias. Deve-se ressaltar, no entanto, que, nesse meio receptor, pode ocorrer a dupla contagem, ou seja, parte do mercúrio nos sistemas de tratamento/sistemas de águas residuais provém de restaurações dentárias, seja derivado do próprio procedimento de restauração ou de sua remoção em consultórios odontológicos, seja durante o uso pelo paciente no dia a dia. No meio água ainda, a produção de ouro industrial sem amálgama também apresenta uma participação importante.

O meio solo foi o que mais recebeu lançamentos de mercúrio nas estimativas feitas. A mesma situação ocorre aqui, com mudança da primeira posição, entre os cenários mínimo e máximo, para descarte informal de resíduos e produção de ouro industrial, sem amalgamação. As demais subcategorias têm participação muito pequena. A grande quantidade estimada de mercúrio lançada no solo pela produção de ouro industrial sem amalgamação, em especial no cenário máximo, de 525 toneladas anuais, mostra a importância da obtenção de dados específicos nacionais, por fonte, nessa subcategoria, uma vez que o teor de Hg pode ser muito diferente entre as várias áreas de lavra.

Em relação aos outros receptores considerados (subprodutos e impurezas, resíduos sólidos gerais e tratamento e destinação específicos), observa-se a mesma situação de variação de posições relativas à quantidade de mercúrio recebida, conforme o cenário considerado. Importante ressaltar que nestes receptores há um "armazenamento" temporário do mercúrioHg, mas que poderão ou não se transformar em posteriores lançamentos no meio ambiente, ou seja, no ar, na água e no solo.

7.5. CONFIABILIDADE, LACUNAS E PRIORIDADES PARA ACOMPANHAMENTO

Na Tabela 9, são apresentadas as fontes de dados e níveis de confiabilidade; na Tabela 10, as principais lacunas de informações; na Tabela 11, as prioridades para

acompanhamento e recomendações, para cada subcategoria. Todas as lacunas devem ser consideradas como necessidade de acompanhamento. Assim, na Tabela 11, são apresentados também, eventualmente, outros temas a serem considerados.

Verifica-se que as principais lacunas se referem à produção primária de metais, aos produtos contendo mercúrio e às categorias relacionadas aos resíduos e efluentes. Apesar da dificuldade de obtenção de informações para algumas subcategorias, de maneira geral, pôde-se obter dados confiáveis de taxas de atividade. Entretanto, dados de conteúdo de mercúrio (fator de entrada) e fatores de distribuição de saída nacionais são inexistentes para boa parte das subcategorias, tendo-se utilizado fatores-padrão do *Toolkit*, a exemplo das categorias de "incineração de resíduos" e "disposição de resíduos e tratamento de águas residuais".

Desta forma, grande parte das subcategorias apresenta estimativas de emissões e liberações de **baixa a média confiabilidade**, resultando, à primeira vista, em um inventário de baixa a média confiabilidade em cada cenário. Entretanto, deve-se considerar que a abordagem utilizada de apresentar as emissões e liberações mínimas e máximas, com base na faixa de fator de entrada recomendada pelo *Toolkit* (com considerações nacionais, quando possível), permite estimar com **média a alta confiabilidade** a faixa de emissões e liberações de mercúrio para o Brasil.

Tabela 9. Resumo das fontes dos dados de confiabilidade das emissões e liberações calculadas, por subcategoria.

Categorias e subcategorias	Fontes de dados	Confiabilidade das emissões e liberações
Combustão de carvão mineral em centrais elétricas (UTES)	Maior parte dos dados é de origem nacional	Média
Outros usos do carvão - Caldeiras Industriais	Dados de atividade nacionais; fatores de entrada (FE) e de saída (FS) do <i>Toolkit</i> 2015	Baixa
Extração e processamento inicial de zinco e cobre	Dados de atividade nacionais; FE e FS do <i>Toolkit</i> 2015	Baixa e média
Extração e processamento inicial de ouro industrial sem amalgamação	Dados de atividade nacionais; FE e FS do <i>Toolkit</i> 2015	Baixa e média
Produção de cimento	Dados de atividade nacionais; FE e FS do <i>Toolkit</i> 2015; dados de tecnologia de tratamento nacionais	Baixa e média
Produção de cloro-álcalis com tecnologia de mercúrio	Dados nacionais	Média e alta
Termômetros	Dados de atividade nacionais; FE e FS do <i>Toolkit</i> 2015; considerando opção de disposição nacional	Baixa e média

Interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés	Dados de atividade nacionais; FE e FS do <i>Toolkit</i> 2015; considerando opção de disposição nacional	Baixa
Fontes de luz (lâmpadas)	Dados de atividade e FE nacionais; FS do <i>Toolkit</i> 2015; considerando opção de disposição nacional	Média
Pilhas e baterias	Dados de atividade nacionais; FE do <i>Toolkit</i> 2015, considerando opção de disposição nacional	Baixa e média
Restaurações dentárias com amálgama	Dados de entrada de mercúrio com metodologia <i>Toolkit</i> 2015 com dados nacionais; FS do <i>Toolkit</i> 2015, considerando a condição nacional	Baixa
Manômetros e medidores de pressão arterial	Dados de atividade nacionais; FE e FS do <i>Toolkit</i> 2015; considerando opção de disposição nacional	Baixa
Produção de mercúrio reciclado (produção secundária)	Dados nacionais	Média e alta
Incineração de resíduos municipais/gerais	Dados de atividade nacionais; FE e FS do <i>Toolkit</i> 2015; considerando tecnologias de tratamento nacional	Baixa
Incineração de resíduos perigosos	Dados de atividade nacionais; FE e FS do <i>Toolkit</i> 2015; considerando tecnologias de tratamento nacional	Baixa e média
Incineração de resíduos de serviços de saúde	Dados de atividade nacionais; FE e FS do <i>Toolkit</i> 2015; considerando tecnologias de tratamento nacional	Média
Aterros sanitários	Dados de atividade nacionais; FE e FS do <i>Toolkit</i> 2015	Média
Aterros de resíduos perigosos	Dados de atividade nacionais; FE e FS do <i>Toolkit</i> 2015	Baixa
Descarte informal de resíduos	Dados de atividade nacionais; FE e FS do <i>Toolkit</i> 2015	Média
Sistema de coleta e tratamento de águas residuais	Dados de atividade nacionais; FE e FS do <i>Toolkit</i> 2015; considerando tecnologias de tratamento nacional	Média

Tabela 10. Resumo das lacunas de informações e dados para determinação de emissões e liberações calculadas, por subcategoria.

Subcategorias	Lacunas
Combustão de carvão mineral em centrais elétricas (UTES)	Ausência de dados totais de 18% das UTES; ausência de dados de conteúdo de mercúrio no carvão mineral de 28% das UTES que disponibilizaram informações; falta de dados sobre conteúdo de mercúrio em liberações no processo de beneficiamento do carvão mineral brasileiro. Ausência dos fatores de distribuição de saída.
Outros usos do carvão – Caldeiras Industriais	Falta integral de informações sobre conteúdo de mercúrio no carvão mineral; ausência de informações sobre tecnologias de tratamentos empregadas; e fatores de distribuição de saída.

Extração e processamento inicial de zinco e cobre	Do total de empresas identificadas na produção de zinco (uma) e produção de cobre (duas) faltam dados e informações relacionados ao conteúdo de mercúrio nos concentrados de zinco/cobre, taxa de atividade para 2016, tecnologias de tratamento de emissões e liberações de mercúrio e fatores de distribuição de saída.
Extração e processamento inicial de ouro industrial sem amalgamação	Do total de dezesseis empresas de ouro industrial, faltam informações sobre conteúdo de mercúrio no minério de ouro utilizado; fatores de distribuição de saída e as tecnologias de tratamento empregadas.
Produção de cimento	Ausência de dados totais de 50% da produção das empresas de cimento. Das informações disponibilizadas, relacionadas aos outros 50% da produção de cimento do país, faltam dados de fator de entrada nacional (g Hg/t cimento produzido), ou a opção de fornecer dados de conteúdo de mercúrio nas matérias-primas e combustíveis, e fatores de distribuição de saída para mercúrio.
Produção de cloro-álcalis com tecnologia de mercúrio	Dados obtidos foram satisfatórios.
Termômetros	Dados específicos da quantidade produzida, importada e exportada; processos de gestão de emissões e liberações de mercúrio adotados na produção; eficiência de medidas de prevenção e controle adotadas; informações sobre a gestão dos resíduos de termômetros com mercúrio existentes nos usuários.
Interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés	Falta de dados nacionais (emissões e liberações foram calculadas de maneira indireta, com a metodologia do Toolkit 2015).
Fontes de luz (lâmpadas)	Ausência de dados de importação e exportação específicos das lâmpadas de UV e de haleto metálico.
Pilhas e baterias	Ausência de dados de 13 (62%) das 21 empresas contatadas que fabricam e/ou comercializam no Brasil; falta de informações sobre a taxa de atividade em pilhas e baterias alcalinas do tipo botão
Fármacos para uso humano e veterinário	Ausência de dados totais da produção, uso e destinação final de fármacos para uso veterinário
Restaurações dentárias com amálgama	Informações nacionais a respeito da preparação, uso e descarte de resíduos das restaurações de amálgama.
Manômetros e medidores de pressão arterial	Falta de informações sobre a produção, uso e descarte de esfigmomanômetros com mercúrio; falta de informações sobre a produção, uso e descarte de manômetros em geral (emissões e liberações calculadas de maneira indireta com base na população, taxa de eletrificação e quantidade de mercúrio por habitante)
Produção de mercúrio reciclado	Dados obtidos foram satisfatórios.
Incineração de resíduos municipais / gerais	Ausência de mapeamento das unidades de incineração; informações e dados específicos por fonte e que representem a realidade brasileira; conteúdo de mercúrio nos RSU; tecnologias de tratamento empregadas.

Incineração de resíduos perigosos	Ausência de mapeamento das unidades de incineração; informações e dados específicos por fonte na realidade brasileira; conteúdo de mercúrio nos resíduos perigosos; tecnologias de tratamento empregadas.
Incineração de resíduos de serviços de saúde	Ausência de mapeamento das unidades de incineração; informações e dados específicos por fonte e que representem a realidade brasileira; conteúdo de mercúrio nos RSS; tecnologias de tratamento empregadas.
Aterros sanitário e aterros de resíduos perigosos	Taxas de atividade da disposição de resíduos industriais perigosos e não perigosos, classe II A; dados e informações sobre resíduos sólidos classes I e II A de grandes geradores não industriais; conteúdo de mercúrio em RSU e resíduos perigosos; dados nacionais de fatores de distribuição de saída em aterros.
Descarte informal de resíduos	Ausência de dados e informações sobre o descarte informal de resíduos sólidos de grandes geradores; conteúdo de mercúrio nos resíduos sólidos; dados nacionais de fatores de distribuição de saída em aterros controlados e lixões.
Sistema de coleta e tratamento de águas residuais	Conteúdo de mercúrio no esgoto bruto; fatores de distribuição específicos para o país e condizentes com os diferentes tipos de tratamento empregados.

Tabela 11. Resumo das recomendações, por subcategoria, para acompanhamento, visando atualização e melhoria do inventário de acordo com a escala de prioridade, segundo o cenário máximo de emissões e liberações de mercúrio

Prioridade	Subcategoria	Recomendações
1	Extração e processamento inicial de ouro industrial sem amalgamação	Obter dados nacionais de fatores de entrada (conteúdo de mercúrio no minério), taxa de atividade (quantidade processada e quantidade de metal produzido), tecnologias de tratamento de emissões e liberações utilizadas, e fatores de distribuição de saída (conteúdo de mercúrio em produtos, subprodutos e resíduos sólidos, líquidos e gasosos)
2	Descarte informal de resíduos	Obter informações sobre descarte informal de resíduos sólidos de grandes geradores; realizar estudos que avaliem a o comportamento do mercúrio em aterros controlados e lixões.
3	Sistema de coleta e tratamento de águas residuais	Obter de dados que representem a realidade brasileira, e condizentes com os diferentes tipos de tratamento empregados. Estabelecer sistemas de dados de livre acesso, mostrando os resultados do monitoramento periódico de efluentes bruto e tratado, nos órgãos e empresas de saneamento.

4	Produção de cimento	Realizar medições periódicas e sistemáticas de conteúdo de mercúrio em matérias-primas, combustíveis e resíduos, para estabelecimento de fatores de entrada nacionais, bem como nos fluxos de saída do forno de clínquer, considerando as condições específicas de operação, para obtenção de fatores de distribuição de saída, de acordo com as tecnologias de tratamento de emissões empregadas.
5	Interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés	Realizar esforços para obter dados e informações junto às empresas que produzem ou importem dispositivos elétricos e eletrônicos a fim de verificar de forma mais acurada aqueles que ainda contêm mercúrio e, conseqüentemente, quantificar a entrada e a liberação de mercúrio em território nacional, para substituir ou confirmar a metodologia de cálculo da taxa de atividade do Toolkit 2015.
6	Restaurações dentárias com amálgama	Desenvolver amplo programa de coleta de dados e informações sobre sua prática, para melhor quantificação do mercúrio utilizado e sobre a gestão de emissões, resíduos e efluentes.
7	Extração e processamento inicial de zinco	Obter dados nacionais de fatores de entrada (conteúdo de mercúrio nos concentrados), taxa de atividade (quantidade processada de concentrados e quantidade de metal produzido), tecnologias de tratamento de emissões e liberações utilizadas, e fatores de distribuição de saída (conteúdo de mercúrio em produtos, subprodutos e resíduos sólidos, líquidos e gasosos)
8	Extração e processamento inicial de cobre	Obter dados nacionais de fatores de entrada (conteúdo de mercúrio nos concentrados), taxa de atividade (quantidade processada de concentrados e quantidade de metal produzido), tecnologias de tratamento de emissões e liberações utilizadas, e fatores de distribuição de saída (conteúdo de mercúrio em produtos, subprodutos e resíduos sólidos, líquidos e gasosos)
9	Produção de cloro-álcalis com tecnologia de mercúrio	Acompanhar o processo de encerramento desta atividade no Brasil
10	Pilhas e baterias	<p>Obter dados específicos sobre conteúdo de mercúrio e volume da produção nacional, importação, exportação e vendas, de pilhas e baterias, de produção nacional ou importada, sejam fornecidos pelos fabricantes ou importadores, aos órgãos competentes nacionais.</p> <p>Alterar as NCMs 85061010, 85061020 e 85061030 a fim de distinguir as pilhas e baterias alcalinas tipo botão dos demais formatos;</p> <p>Dar especial atenção ao comércio e uso de pilhas e baterias de óxido de mercúrio, devido ao seu alto conteúdo de mercúrio; que seja permitido apenas com autorização prévia dos órgãos ambientais, com identificação de comerciantes e consumidores finais, bem como apresentação de um programa de gerenciamento dos resíduos gerados ao fim da vida útil do produto, observando a Instrução Normativa Ibama n. 8 de 30/09/2012*</p>

11	Incineração de resíduos perigosos	Procurar obter dados específicos, por fonte, e que representem a realidade brasileira; Desenvolver e consolidar o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) e o Sistema Declaratório Anual de Resíduos Sólidos que abranja todo o país, instrumentos estes estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.
12	Aterros sanitário e aterros de resíduos perigosos	Procurar obter dados específicos, nacionais, sobre o conteúdo de mercúrio nos diferentes tipos de resíduos sólidos; realizar estudos que avaliem o comportamento do mercúrio em aterros sanitários e de resíduos perigosos; Desenvolver e consolidar o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) e o Sistema Declaratório Anual de Resíduos Sólidos que abranja todo o país, instrumentos estes estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.
13	Incineração de resíduos de serviços de saúde	Procurar obter dados específicos, por fonte, e que representem a realidade brasileira; Desenvolver e consolidar o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) e o Sistema Declaratório Anual de Resíduos Sólidos que abranja todo o país, instrumentos estes estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.
14	Fontes de luz (lâmpadas)	<p>Criar dispositivo legal com limites de conteúdo de mercúrio em lâmpadas, que estejam em consonância com Convenção de Minamata;</p> <p>Converter NCMs 85393200 (lâmpadas de vapor de mercúrio ou vapor de sódio ou haleto metálico) e 85394900 (lâmpadas de raios UV ou infravermelho) para NCMs específicas para cada tipo de lâmpada.</p>
15	Termômetros	<p>Realizar amplo programa de coleta de dados informações sobre seu uso, para melhor quantificação do mercúrio utilizado e a gestão de resíduos, considerando os termômetros fora de uso e com avarias.</p> <p>Confirmar existência ou não de produção nacional de termômetros com mercúrio;</p> <p>Fazer gestões no sentido de alterar as NCM de termômetros a fim de possibilitar a distinção entre os termômetros com coluna de líquido, de forma a especificar o produto utilizado nos mesmos, em especial o mercúrio.</p>
16	Manômetros e medidores de pressão arterial	Dar atenção em relação à localização, quantificação e destinação destes produtos, ao final de sua vida útil e à obtenção de estatísticas a respeito
17	Combustão de carvão mineral em grandes centrais elétricas (UTES)	Obter dados sobre liberações de mercúrio no beneficiamento de carvão mineral que é realizado nas empresas carboníferas da região Sul; recomenda-se a realização periódica e sistemática de medições do teor de mercúrio no carvão mineral utilizado nas usinas termelétricas, bem como, nos produtos gerados pós combustão do carvão (cinzas de fundo, cinzas volantes e efluentes gasosos)

18	Outros usos do carvão – Caldeiras Industriais	Realizar medições periódicas e sistemáticas do conteúdo de mercúrio no carvão mineral utilizado nessas caldeiras e nos produtos gerados pós combustão
19	Incineração de resíduos municipais / gerais	Procurar obter dados específicos, por fonte, e que representem a realidade brasileira; Desenvolver e consolidar o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) e o Sistema Declaratório Anual de Resíduos Sólidos que abranja todo o país, instrumentos estes estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos
20	Produção de mercúrio reciclado (produção secundária)	Considerar este segmento como tendo potencial para acompanhamento em futuros inventários a serem desenvolvidos e/ou em projetos desenvolvidos especificadamente para o setor, incentivando a reciclagem do mercúrio. Há no Brasil diversas empresas que atuam no segmento de reciclagem de produtos contendo mercúrio, em especial lâmpadas, que não recuperam o mercúrio em seus processos.
21	Incineração de lodo de estações de tratamento de efluente	Acompanhar a atividade de disposição de lodo de ETEs no Brasil para confirmar a não utilização da prática da incineração.
22	Fármacos para uso humano e veterinário	Identificar empresas e obter dados de produção, uso e destinação final de fármacos para uso veterinário contendo mercúrio, a fim de verificar sua importância em termos de volume de mercúrio utilizado.
23	Extração e processamento inicial de chumbo	Confirmar a descontinuidade desta atividade no Brasil, em inventários futuros

* A Instrução Normativa Ibama n° 8, de 30 de setembro de 2012 institui, para fabricantes nacionais e importadores, os procedimentos relativos ao controle do recebimento e da destinação final de pilhas e baterias ou de produtos que as incorporem.

8. DADOS E INVENTÁRIO SOBRE O USO DE COMBUSTÍVEIS E FONTES DE ENERGIA

A Convenção de Minamata sobre Mercúrio, Artigo 8, Anexo D, lista as usinas termelétricas e caldeiras industriais movidas a carvão mineral como fontes para o controle e a redução, quando viável, de emissões de mercúrio e seus compostos na atmosfera. Nessa categoria, somente essas duas fontes foram abordadas neste Inventário. O mercúrio e seus compostos estão presentes no carvão mineral como traço que constitui o principal fator para as emissões e liberações neste setor.

O *Toolkit 2015* (PNUMA, 2015), considera duas condições, carvão bruto (run of mine, ROM) e beneficiado. O beneficiamento do carvão mineral é realizado para remover a matéria mineral, ou seja, baixar o teor de cinzas, e para retirar parte do mercúrio do carvão mineral, cerca de 20%, de acordo com informações de beneficiamento do carvão mineral em usinas dos Estados Unidos.

Conforme autodeclaração das usinas termelétricas em operação no ano de 2016, o processo de beneficiamento do carvão nacional e importado não é realizado dentro delas. Portanto, identificou-se que o beneficiamento do carvão mineral não deve fazer parte do balanço de massas das usinas ou caldeiras industriais.

A busca de informações para este Inventário foi realizada com base no *Toolkit 2015* e na seleção das instituições para fornecimento de dados de setores relacionados com usinas termelétricas e caldeiras industriais movidas a carvão mineral.

8.1. COMBUSTÃO DE CARVÃO MINERAL EM GRANDES CENTRAIS TERMELÉTRICAS

Esta subcategoria abrange as usinas termelétricas movidas a carvão mineral como fontes pontuais. A principal fonte de informação foi a Associação Brasileira de Carvão Mineral (ABCM) e houve contribuição da Associação Brasileira de Geradoras Termelétricas (ABRAGET). De 2014 a 2016, o consumo de carvão mineral brasileiro para uso energético foi de 8.776.988 t, 7.698.857 t e 6.347.681 t, respectivamente, de acordo com a ABCM. Segundo informações obtidas das usinas ou complexos termelétricos selecionados, o consumo total de carvão mineral, nacional e importado, foi de 9.770.008 t, 10.061.953 t e 9.250.255 t em 2014, 2015 e 2016, respectivamente. A Tabela 12 apresenta as dez usinas ou complexos termelétricos, cujo combustível é

o carvão mineral, que estavam em operação em 2014, 2015 e 2016, conforme dados do Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica (BIG/ANEEL). Apenas duas usinas, uma localizada em Barcarema/PA e outra em Concórdia/SC, não forneceram informações para este Inventário.

O ambiente nacional de geração de energia elétrica é regulado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), por meio da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), conforme a legislação. O despacho centralizado é a condição em que uma usina conectada ao Sistema Interligado Nacional (SIN) é acionada/despachada para a geração coordenada, estabelecida, programada, supervisionada e controlada pelo ONS nos processos de planejamento e programação, operação em tempo real e pós operação. São acionadas/despachadas centralizadamente pelo ONS as usinas do Tipo I (usinas conectadas na Rede Básica) e Tipo IIA (usinas térmicas não conectadas na Rede Básica, mas que têm Custo Variável Unitário declarado)³³.

As usinas termelétricas poderão ser acionadas/despachadas complementarmente para a manutenção da reserva de potência operativa, devendo o ONS identificar quais unidades geradoras estão aptas a realizar esse serviço auxiliar.

Diante do exposto, a geração de energia elétrica pelas usinas termelétricas é variável conforme a demanda do SIN, monitorada e atendida centralizadamente pelo ONS. As usinas podem ser acionadas/despachadas devido a variações do consumo de energia elétrica inerentes à operação do SIN, fenômenos naturais adversos, problemas de falha e/ou manutenção de equipamentos, bem como qualquer outro evento natural ou sistêmico inesperado, resultando em maior consumo de carvão mineral e, conseqüentemente, aumento das emissões atmosféricas com composição variável, incluindo o mercúrio.

³³ Informação fornecida pela ABCM.

Tabela 12. Fontes pontuais identificadas na subcategoria combustão de carvão mineral em grandes centrais termelétricas.

Usina/ Complexo	Tipo do carvão	Cidade/Estado	Taxa de atividade (t carvão/ano)		
			2014	2015	2016
UTE-A	Sub-betuminoso	Candiota/RS	2.346.209	2.263.985	2.550.335
UTE-B	Sub-betuminoso	Charqueadas/RS	444.675	440.551	285.495
UTE-C	Betuminoso	Capivari de Baixo/SC	2.958.201	2.927.997	2.477.901
UTE-D	Sub-betuminoso	Figueira/PR	73.770	81.062	70.545
UTE-E	Betuminoso	São Luis/MA	869.614	931.206	736.328
UTE-F	Betuminoso	São Gonçalo do Amarante /CE	1.607.121	2.059.354	1.929.264
UTE-G	Betuminoso	São Gonçalo do Amarante/CE	1.059.964	937.111	785.251
UTE-H	Betuminoso	São Luis/MA	410.456	420.688	415.136
UTE-I	Não informou	Barcarena/PA	Não informou	Não informou	Não informou
UTE-J	Não informou	Concórdia/SC	Não informou	Não informou	Não informou

O *Toolkit* 2015 considera quatro tipos principais de carvão mineral: antracito, betuminoso, sub-betuminoso e lignito. As usinas localizadas ao Norte e Nordeste do país utilizam carvão importado, majoritariamente, da Colômbia do tipo betuminoso, enquanto as usinas da região sul utilizam o carvão brasileiro, do tipo betuminoso a sub-betuminoso. Os fatores-padrão de entrada do *Toolkit* 2015 variam entre 0,05 e 0,50 g Hg/t de carvão, com valor médio igual a 0,15 g Hg/t, para os tipos antracito, betuminoso e sub-betuminoso. O conteúdo de mercúrio no carvão mineral importado da Colômbia, com base em dados fornecidos por duas usinas, localizadas no Nordeste do Brasil, foi igual a 0,072 g Hg/t de carvão. Conforme o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, da sigla em inglês), o conteúdo de mercúrio variou entre 0,03 a 0,17 g Hg/t de carvão, com média de 0,064 g Hg/t, baseado em quatorze amostras de diferentes locais da Colômbia. Para as usinas da região Sul do Brasil, as informações sobre o conteúdo de mercúrio estão mostradas na Tabela 13, exceto o da UTE-D, cujo carvão é originário de mina do Paraná e não há informação sobre o conteúdo de mercúrio. Na falta de informações específicas para a UTE-H sobre a quantidade de mercúrio no carvão mineral, usou-se como dado o parâmetro fornecido pelo USGS (2006), com base na origem do carvão mineral informada pela usina termelétrica. Assim, foi utilizado o fator de entrada igual a 0,061 g Hg/t de carvão, de origem do Departamento de Cesar na Colômbia para esta usina. Na falta de informação sobre fator de entrada da UTE-D, foram utilizados fatores-padrão de entrada mínimo e máximo do *Toolkit* 2015.

Tabela 13. Concentrações de mercúrio no carvão mineral brasileiro, relatadas pelas usinas termelétricas e encontradas em dados da literatura.

Origem do carvão	Tipo de carvão	Concentração média de mercúrio (g Hg/t carvão)	Faixa de concentrações de mercúrio (g Hg/t carvão)	Ano/período
Rio Grande do Sul	Sub-betuminoso	0,13	ND	2011
Rio Grande do Sul	Sub-betuminoso	0,037	0,0 - 0,055	2007 - 2012
Rio Grande do Sul	Sub-betuminoso	0,0924	0,0719 - 0,1018	2015
Paraná	Sub-betuminoso	0,67	ND	USGS, 2006
Paraná	Betuminoso	<0,007	ND	Depoi et al, 2008
Santa Catarina	Betuminoso	0,0925	ND	2015
Santa Catarina	Betuminoso	0,042	0,018 - 0,068	2014

ND: Não disponível. Observação: o carvão mineral utilizado no Nordeste do país (UTE-E, UTE-F e UTE-G) é importado da Colômbia, segundo informações fornecidas pelas UTEs dessa região.

A maior parte do mercúrio contido no carvão mineral é liberada na forma gasosa durante o processo de combustão. Fator importante para redução de emissões de mercúrio é a utilização de sistema de controle de poluição atmosférica. Conforme estabelece o *Toolkit 2015*, os tratamentos específicos para redução de emissões da combustão do carvão mineral são classificados da seguinte forma:

- Nível 0. Nenhum equipamento é utilizado pós-combustão;
- Nível 1. Controle de poluição atmosférica simples para Material Particulado (MP), como precipitador eletrostático e lavador de partículas;
- Nível 2. Controle de material particulado com uso de filtro-manga;
- Nível 3. Controle de poluição eficiente com equipamento de retenção do material particulado associado à dessulfuração dos gases de combustão;
- Nível 4. Controle de poluição muito eficiente com equipamento de retenção do material particulado associado à dessulfuração e redução catalítica seletiva dos gases de combustão para controle de óxidos de nitrogênio (NOx); e
- Nível 5. Equipamento específico para controle de mercúrio.

Em relação às oito usinas ou complexos termelétricos que responderam ao ofício, a maioria delas utiliza o tratamento nível 3, correspondendo a 62%; 25% utilizam o tratamento nível 1 e 13% nível 2.

A eficiência de retenção de mercúrio nos sistemas de controle de poluição atmosférica

varia conforme o tipo de carvão e o tratamento utilizado. A Tabela 14 mostra os fatores-padrão recomendados pelo *Toolkit 2015* para as distribuições de saída de mercúrio por combustão de carvão mineral em usinas termelétricas.

Tabela 14. Fatores padrão de distribuição do *Toolkit 2015* para as saídas de mercúrio por combustão de carvão mineral em usinas termelétricas.

Controle de Poluição Atmosférica (CPA)	Fatores-padrão de distribuição de saída (sem unidade) por tipo de carvão			
	Betuminoso		Sub-betuminoso	
	Ar	Destinação ou tratamento específico	Ar	Destinação ou tratamento específico
Nível 0	1,0	0,0	1,0	0,0
Nível 1	0,75	0,25	0,90	0,10
Nível 2	0,50	0,50	0,50	0,50
Nível 3	0,35	0,65	0,60	0,40
Nível 4	0,10	0,90	0,75	0,25
Nível 5	0,03	0,97	0,25	0,75

Fonte: PNUMA, 2015.

Considerando os dados de entrada e fatores de distribuição apresentados, a estimativa de emissões e liberações de mercúrio pelas centrais termelétricas resultaram, para o ano-base 2016, em:

- Emissão para o ar: 584 a 600 kg Hg/ano;
- Destinação e/ou tratamento específico: 281 a 297 kg Hg/ano.

8.1.1. Resumo das entradas e dos resultados

Para fins de estimativa de emissões e liberações foram utilizados dados locais de conteúdo de mercúrio no carvão, quando existentes e, em sua ausência, dados da literatura (USGS) ou fatores-padrão do *Toolkit 2015*. As taxas de atividades utilizadas foram fornecidas pelas UTE. Em relação à distribuição de saída, utilizaram-se os fatores-padrão do *Toolkit 2015*, com base nas informações das UTE quanto às tecnologias de tratamento empregadas. As taxas de atividade, os fatores de entrada, os fatores de distribuição de saída, bem como as emissões e liberações calculadas estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15. Queima de carvão mineral em termelétricas: valores utilizados e resumos das emissões e liberações de mercúrio no ano-base 2016.

Fonte	Taxa de Atividade (t carvão/ano)	Tipo de carvão	Fator de Entrada (g Hg/ t) carvão	Entrada calculada (kg/ano)	Nível de tratamento
UTE-A	2.550.335	Sub-betuminoso	0,13	332	1
UTE-B	285.495	Sub-betuminoso	0,0924	26	3
UTE-C	2.477.901	Betuminoso	0,0925	229	1
UTE-D	70.545	Sub-betuminoso	0,05 - 0,5	4 - 35	2
UTE-E	736.328	Betuminoso	0,072	53	3
UTE-F	1.929.264	Betuminoso	0,072	139	3
UTE-G	785.251	Betuminoso	0,072	57	3
UTE-H	415.136	Betuminoso	0,061	25	3
UTE-I	ND	ND	ND	ND	ND
UTE-J	ND	ND	ND	ND	ND
Total de entrada de Hg (kg/ano)	NA	NA	NA	864 - 896	NA
Fatores de distribuição de saída do Toolkit 2015 (sem unidade) - Carvão Betuminoso/Sub-betuminoso					
Meio receptor de emissões e liberações	Tratamento Nível 1	Tratamento Nível 2	Tratamento Nível 3	Total	
Ar	0,75/0,90	0,50	0,35/0,60	NA	
Água	0,0	0,0	0,0	NA	
Solo	0,0	0,0	0,0	NA	
Produtos	0,0	0,0	0,0	NA	
Resíduos gerais	0,0	0,0	0,0	NA	
Destinação e/ou tratamento específico	0,25/0,10	0,50	0,65/0,40	NA	
Saídas: emissões e liberações de Hg (kg Hg/ano)					
Meio receptor de emissões e liberações	Tratamento Nível 1	Tratamento Nível 2	Tratamento Nível 3	Total	
Ar	470	2 - 18	112	584 - 600	

Água	0	0	0	0
Solo	0	0	0	0
Produtos	0	0	0	0
Resíduos gerais	0	0	0	0
Destinação e/ou tratamento específico	90	2 - 18	189	281 - 297
Total (kg Hg /ano)	561	4 - 36	300	864 - 896

ND: não disponível; NA: não se aplica.

8.2. CALDEIRAS INDUSTRIAIS MOVIDAS A CARVÃO MINERAL

Esta subcategoria inclui a combustão do carvão mineral em caldeiras industriais e é tratada como fonte global. No Brasil, as caldeiras industriais são, geralmente, movidas a óleo combustível derivado de petróleo, carvão mineral e biomassa (ROCCO e MORABITO, 2012).

Informações específicas sobre essas instalações de combustão de carvão mineral são escassas no país. Usou-se como estratégia de pesquisa dados estatísticos de consumo de carvão por setor industrial, de acordo com a ABCM. As quantidades de carvão mineral por setor industrial de consumo em 2014, 2015 e 2016 estão apresentadas na Tabela 16.

Tabela 16. Consumo de carvão mineral por setor industrial em 2014, 2015 e 2016.

Setor	Consumo de carvão mineral (toneladas/ano)		
	Ano 2014	Ano 2015	Ano 2016
Alimentos	136.698	133.112	99.427
Cerâmico	95.905	95.752	104.765
Cimento	106.779	11.340	2.900
Indústria	193.099	171.619	75.789
Coque	23.582	3.671	2.315
Mineração	29.525	ND	311.928
Papel Celulose	239.080	175.348	171.249

Petroquímico	338.053	350.758	256.605
Outros	389.255	390.962	26.883
Total	1.551.976	1.332.562	1.051.861

ND: Não disponível. Fonte: ABCM (2014, 2015, 2016)

Como informações específicas sobre uso do carvão mineral em caldeiras industriais de geração de vapor e os sistemas de controle da poluição do ar não estão disponíveis, considerou-se que a indústria de alimentos, papel e celulose e o setor petroquímico utilizam o carvão mineral em caldeiras industriais para geração de vapor, conforme informação da ABCM. Os demais setores, ainda segundo a ABCM, provavelmente, utilizam o carvão mineral em fornalhas de leiteo fluidizado.

Segundo o *Toolkit* 2015, os tratamentos específicos para redução de emissões de outros usos do carvão mineral, incluindo a combustão em caldeiras industriais, são classificados do Nível 0 ao Nível 5, como as das usinas termelétricas. Os fatores-padrão de distribuição de saída estão apresentados na Tabela 17 para carvão mineral do tipo antracito a betuminoso e sub-betuminoso.

Na falta de informações específicas sobre o tipo de nível de tratamento, os fatores de saída e as tecnologias de controle empregadas, adotou-se a classificação de tratamento Nível 1 para carvão do tipo sub-betuminoso para esta subcategoria, considerando o cenário em que o mínimo de controle de emissões é empregado.

Tabela 17. Fatores padrão de distribuição do *Toolkit* 2015, para as saídas de mercúrio por outros usos do carvão mineral, como as caldeiras industriais.

Controle de Poluição Atmosférica (CPA)	Fatores-padrão de distribuição de saída (sem unidade) por tipo de carvão			
	Antracito/Betuminoso		Sub-betuminoso	
	Ar	Destinação ou tratamento específico	Ar	Destinação ou tratamento específico
Nível 0	1,0	0,0	1,0	0,0
Nível 1	0,75	0,25	0,95	0,05
Nível 2	0,50	0,50	0,50	0,50
Nível 3	0,50	0,50	0,70	0,30
Nível 4	0,10	0,90	0,80	0,20
Nível 5	0,03	0,97	0,25	0,75

Fonte: PNUMA, 2015.

Considerando a taxa de atividade para os setores de alimentos, papel e celulose e petroquímico, o fator-padrão de entrada e fatores-padrão de distribuição segundo *Toolkit 2015*, a estimativa de emissões e liberações de mercúrio pelas caldeiras industriais resultou, para o ano-base de 2016, em:

- Emissão para o ar: 25 a 251 kg Hg/ano;
- Destinação e/ou tratamento específico: 1 a 13 kg Hg/ano.

A prioridade para acompanhamento refere-se à identificação de caldeiras industriais com uso de carvão mineral e tecnologias de tratamento empregadas, assim como à realização de medições de mercúrio no carvão mineral utilizado nessas caldeiras e nos produtos gerados após a combustão do carvão para diminuir incertezas de relatórios futuros.

8.2.1. Resumo das entradas e dos resultados

Para fins de estimativa de emissões e liberações, foram utilizados a taxa de atividade nacional, bem como o fator-padrão de entrada e os fatores-padrão de distribuição de saída do *Toolkit 2015*, que estão apresentados na Tabela 18.

Tabela 18. Queima de carvão mineral em caldeiras industriais: valores utilizados e resumo das emissões e liberações de mercúrio (ano base 2016)

Parâmetro	Valor
Taxa de Atividade (t carvão/ano)	527.281
Fator de entrada (g Hg/ t carvão)	0,05 – 0,5
Total de entrada de Hg (kg/ano)	26 – 264
Fatores-padrão de saída (sem unidade)	
Meio receptor de emissões e liberações	Tratamento Nível 1
Ar	0,95
Água	0,00
Solo	0,00
Produtos	0,00
Resíduos gerais	0,00
Destinação e/ou tratamento específico	0,05

Saídas: emissões e liberações (kg Hg/ano)	
Meio receptor de emissões e liberações	Tratamento Nível 1
Ar	25 - 251
Água	0
Solo	0
Produtos	0
Resíduos gerais	0
Destinação e/ou tratamento específico	1 - 13
Total (kg Hg/ano)	26 - 264

8.3. DADOS E INVENTÁRIO SOBRE A PRODUÇÃO DE METAL PRIMÁRIO

Os processos metalúrgicos, fundição e ustulação, dos metais não-ferrosos chumbo, zinco, cobre e ouro industrial são alvos da Convenção de Minamata sobre Mercúrio (Artigo 8, Anexo D), assim como a mineração primária de mercúrio (Artigo 3) e mineração de ouro artesanal e em pequena escala (Artigo 7). No processo pirometalúrgico de metais não ferrosos, o minério concentrado é submetido a altas temperaturas e então o mercúrio é volatilizado do mineral e estará presente nos gases de exaustão.

As tecnologias para reduzir as emissões de mercúrio nesses processos produzirão resíduos contendo mercúrio metálico e compostos de mercúrio no material particulado retido em filtros de emissões ou em efluentes líquidos e resíduos. Se ácido sulfúrico for produzido no processo, a contaminação por mercúrio também estará presente no produto conforme Guia "*Best Available Techniques and Best Environmental Practices, BAT-BEP*" (UN Environment, 2016a).

Os processos de fundição e ustulação de chumbo, zinco, cobre e ouro industrial são tratados com a abordagem pontual, conforme o *Toolkit 2015*. A principal fonte de informação para as subcategorias foi a Agência Nacional de Mineração (ANM), antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), e seus relatórios anuais.

8.4. EXTRAÇÃO PRIMÁRIA E PROCESSAMENTO INICIAL DE MERCÚRIO

O mercúrio é considerado um elemento de ocorrência rara na natureza. O minério cinábrio, nome utilizado para o sulfeto de mercúrio HgS, é a forma mercurial que pode ser extraída para comercialização do mercúrio metálico. O cinábrio contém cerca de

80 % de mercúrio e é geralmente encontrado em rochas próximo a locais de atividade vulcânica recente. Os principais depósitos desse minério estão em Almadén (Espanha), Monte Amiata (Itália) e Idrija (Iugoslávia). Outros depósitos de menor concentração de mercúrio estão nos Estados Unidos, no México, no Peru, na China, na Irlanda e na Alemanha (Azevedo, 2003; UNEP, 2013 apud VASCONCELLOS, 2017).

O Brasil não é produtor primário de mercúrio, pois não existem jazidas mineráveis de cinábrio em território nacional. O mercúrio utilizado no país é importado na forma metálica ou na forma de compostos mercuriais, ou é proveniente de processo de reciclagem. Tampouco o Brasil exporta mercúrio na forma metálica, mas exporta o metal adicionado em produtos, como lâmpadas, computadores, televisores (VASCONCELLOS, 2017).

Assim, no Brasil, não há emissões e liberações de mercúrio por esta subcategoria.

8.5. EXTRAÇÃO DE OURO E PRATA COM PROCESSO DE AMALGAMAÇÃO

A Convenção não menciona a prata. Em relação à extração de ouro com amalgamação, esta é tratada no artigo 7 da Convenção relativamente a extração de ouro artesanal e em pequena escala. O inventário desta subcategoria foi realizado por Castilhos e Domingos, com apoio do CETEM (CASTILHOS e DOMINGOS, 2018).

8.6. EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO INICIAL DE ZINCO

As atividades de mineração e de metalurgia do zinco existem no Brasil. As principais indústrias consumidoras de zinco no país são as de construção civil, eletrodomésticos e transportes (DNPM, 2015a). A produção brasileira de zinco em 2014, 2015 e 2016, foi de 246.000t, 231.000t, 284.000t, respectivamente (DNPM, 2015a, 2016a, 2017a). As informações necessárias para as estimativas de emissão e liberação de mercúrio no país são o consumo de concentrados de zinco, quantidade de mercúrio nesses concentrados, os fatores de distribuição de saída, o tipo de tratamento específico, e produção de ácido sulfúrico como subproduto (PNUMA, 2015)³⁴.

Em relação à produção brasileira, a única empresa de produção de zinco no país, é o resultado da união, em 2017, de uma empresa líder brasileira na exploração de zinco, e uma empresa líder no Peru (Veja, 2017)³⁵. A produção de concentrado de zinco no Brasil

³⁴ Disponível em: <http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/conven%C3%A7%C3%A3o-minamata/implementa%C3%A7%C3%A3o-da-conven%C3%A7%C3%A3o.html>. Acesso 20.05.2019

³⁵ Fonte de informação: <https://www.veja3m.com.br/2017/11/01/votorantim-metais-agora-e-nexa-uma-empresa-global-de-mineracao/>. Acesso em 12 de junho de 2018.

é insuficiente para abastecer o país, por isso, segundo o DNPM (2015a), em 2014, cerca de 35% de concentrado de zinco utilizado nos processos metalúrgicos foi importado. Em 2014, a produção de concentrado de zinco foi de 169.766t, a importação de 71.776t e a exportação de 2.314t, resultando em um consumo aparente de 239.228t (DNPM, 2015b). Em 2015, a produção de concentrado de zinco foi de 157.041t, a importação de 73.258t e a exportação de 1.143t, resultando em um consumo aparente de 229.156 t (DNPM, 2016c). Estes dados não estão disponíveis para o ano de 2016.

Os fatores-padrão de entrada, ou seja, o conteúdo de mercúrio nos concentrados de zinco, variam de 5 a 130 g Hg/t de concentrado, com valor médio de 65 g Hg/t (PNUMA, 2015). O conteúdo de mercúrio no concentrado não está disponível nos relatórios do DNPM consultados.

A maior parte do mercúrio contido no concentrado é liberada durante o processo pirometalúrgico em forma gasosa. A redução de emissões pode ser realizada com a utilização de sistema de controle de poluição atmosférica. Os tratamentos específicos para redução de emissões ou produção de ácido sulfúrico na metalurgia do zinco podem remover parte do mercúrio. Conforme estabelece o *Toolkit 2015*, os tratamentos específicos para redução de emissões da ustulação são classificados da seguinte forma:

- Nível 0. Fundidor sem filtros ou apenas retenção de MP seco, grosso.
- Nível 1. Fundidor com limpeza de gás úmida.
- Nível 2. Fundidor com limpeza de gás úmida e usina de ácido.
- Nível 3. Fundidor com limpeza de gás úmida, usina de ácido e filtro específico de Hg.

Os fatores-padrão de distribuição de mercúrio variam de acordo com o tratamento específico. As plantas de metalurgia de zinco no Brasil, localizadas em Juiz de Fora/MG e Três Marias/MG, apresentam usinas de ácido de acordo com pesquisa ao website da "Sulphuric acid on the web" (acid, s.d.)³⁶, que inclui informações sobre fábricas de ácidos por nome da empresa e por país. Essas informações são consideradas atuais e a referência é recomendada pelo *Toolkit* para ajudar na seleção dos fatores de distribuição. Para esta subcategoria, os fatores-padrão de distribuição do tratamento nível 2 foram adotados. Na Tabela 19 estão apresentados os fatores-padrão de distribuição de saída de mercúrio da produção de zinco a partir de concentrados, de acordo com o nível de tratamento.

³⁶ Disponível em: <http://www.sulphuric-acid.com/Sulphuric-Acid-on-the-Web/Acid%20Plants/Acid-Plant-Database-Zinc.htm>. Acesso em 09 de outubro de 2018.

Tabela 19. Fatores padrão para a distribuição de saída de mercúrio da produção de zinco a partir de concentrados, segundo nível de tratamento.

Controle de Poluição Atmosférica (CPA)	Fatores de distribuição de saída (sem unidade)					
	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	Destinação e/ou tratamento específico
Nível 0 - Fundidor sem filtros ou apenas retenção de MP grosseiro, a seco	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,10
Nível 1 - Fundidor com limpeza de gás úmida	0,49	0,02	0,0	0,0	0,0	0,49
Nível 2 - Fundidor com limpeza de gás úmida e usina de ácido	0,1	0,02	0,0	0,42	0,0	0,46
Nível 3 - Fundidor com limpeza de gás úmida, usina de ácido e filtro específico de Hg	0,02	0,02	0,0	0,48	0,0	0,48

Fonte: PNUMA, 2015.

Considerando os fatores de distribuição apresentados, a estimativa de emissões e liberações de mercúrio pela produção de zinco a partir de concentrados resultaram, para o ano de 2015, em:

- Emissão para o ar: 115 a 2.979 kg Hg/ano;
- Liberação para a água: 23 a 596 kg Hg/ano;
- Nos produtos: 481 a 12.512 kg Hg/ano;
- Tratamento específico do setor: 527 a 13.704 kg Hg/ano.

8.6.1. Resumo das entradas e resultados

Nesse caso, a taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída, bem como as saídas/liberações calculadas estão apresentados na Tabela 20. Para fins de

estimativa de emissões e liberações foram utilizados os fatores de entrada e de saída do *Toolkit* 2015.

Tabela 20. Produção de zinco a partir de concentrados: valores utilizados e resumo das emissões e liberações de mercúrio no Brasil, com fatores de entrada e saída do *Toolkit* 2015, e taxa de atividade do DNPM (Ano base: 2015).

Parâmetro	Valor
Taxa de Atividade (t concentrado/ano)	229.156
Fator de entrada (g Hg/ t concentrado)	5 – 130
Total de entrada de Hg (kg/ano)	1.146 – 29.790
Fatores-padrão de saída (sem unidade)	
Meio receptor de emissões e liberações	Tratamento Nível 2
Ar	0,1
Água	0,02
Solo	0,0
Produtos	0,42
Resíduos gerais	0,0
Destinação e/ou tratamento específico	0,46
Saídas: emissões e liberações de Hg (kg Hg/ano)	
Meio receptor de emissões e liberações	Tratamento Nível 2
Ar	115 - 2.979
Água	23 - 596
Solo	0
Produtos	481 - 12.512
Resíduos gerais	0
Destinação e/ou tratamento específico	527 - 13.704
Total (kg Hg/ano)	1.146 – 29.790

8.7. EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO INICIAL DE COBRE

A principal empresa produtora de cobre, sob forma de catodo, está localizada em Dias D'Ávila/BA, correspondendo a 95% do total produzido em 2015 (DNPM, 2016a). Uma

empresa, localizada em Jaguarari/BA, também produz cobre no país e é uma das responsáveis pelos 5% restantes (DNPM, 2015a).

A produção brasileira de cobre, em 2014, 2015 e 2016, foi de 239.000t, 240.000t, 225.000 t (DNPM, 2015a, 2016b, 2017a), respectivamente. A produção de concentrado de cobre em 2014 foi de 301.197 t, a importação correspondeu a 148.403t e a exportação foi de 239.548t (DNPM, 2015b), resultando em um consumo aparente no país de 210.052 toneladas. Em 2015, a produção de concentrado de cobre foi de 350.940t, a importação de 179.069t e a exportação de 325.444t. Portanto, o consumo aparente foi de 204.565t (DNPM, 2016c). Estes dados não estão disponíveis para o ano de 2016.

A informação necessária para as estimativas de emissão e liberação de mercúrio no país é o consumo de concentrados de cobre, quantidade de mercúrio nesses concentrados e os fatores de distribuição de saída, o tipo de tratamento específico, e a produção de ácido sulfúrico como subproduto (PNUMA, 2015). Não há informação nos relatórios do DNPM sobre quantidade de mercúrio nos concentrados de cobre. Os fatores-padrão de entrada para concentrados de cobre estão entre 1 e 100 g Hg/t, com valor médio de 30 g Hg/t (PNUMA, 2015).

A Tabela 21 mostra os tratamentos específicos para redução de emissões e/ou produção de ácido sulfúrico na metalurgia do cobre. Esse tipo de tratamento pode remover parte do mercúrio dos gases emitidos. Verificou-se que a maior empresa de metalurgia de cobre no Brasil, localizada em Dias d'Ávila/BA, apresenta usina de produção de ácido sulfúrico, de acordo com pesquisa ao website da "*Sulphuric acid on the web*". Além disso, pesquisa ao website da empresa informa que a planta de fundição em Dias d'Ávila/BA produz ácido sulfúrico¹¹. Informações sobre produção de ácido da outra empresa de mineração não estavam disponíveis em publicações na internet.

Para fins de estimativa de emissões e liberações, foram utilizados os fatores de entrada e de saída do *Toolkit* 2015. A seleção dos fatores de distribuição foi o Nível 2 para 95% dos concentrados de cobre com base nas informações do website da "*Sulphuric acid on the web*", e Nível 1 para os 5% restantes, assumindo um cenário Nível 1 (cenário intermediário entre Nível 0 e Nível 2).

Tabela 21. Fatores padrão de distribuição de saídas de mercúrio da produção de cobre a partir de concentrados, segundo nível de tratamento.

Controle de Poluição Atmosférica (CPA)	Fatores de distribuição de saída (sem unidade)					Destinação e/ou tratamento específico
	Ar	Água	Solo	Produtos	Resíduos em geral	
Nível 0 - Fundidor sem filtros ou apenas retenção de MP grosseiro, a seco	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,10
Nível 1 - Fundidor com limpeza de gás úmida	0,49	0,02	0,0	0,0	0,0	0,49
Nível 2 - Fundidor com limpeza de gás úmida e usina de ácido	0,1	0,02	0,0	0,42	0,0	0,46
Nível 3- Fundidor com limpeza de gás úmida, usina de ácido e filtro específico de Hg	0,02	0,02	0,0	0,48	0,0	0,48

Fonte: PNUMA, 2015.

Considerando os fatores de distribuição apresentados, a estimativa de emissões e liberações de mercúrio pela produção de cobre a partir de concentrados resultaram, para o ano de 2015, em:

- Emissão para o ar: 24 a 6.035 kg Hg/ano;
- Liberação para a água: 4 a 409 kg Hg/ano;
- Nos produtos: 82 a 4.296 kg Hg/ano;
- Destinação e/ou tratamento específico: 94 a 9.717 kg Hg/ano.

8.7.1. Resumo das entradas e resultados

A taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída, bem como as saídas/liberações calculadas estão apresentados na Tabela 22.

Tabela 22. Produção de cobre a partir de concentrados: valores utilizados e resumo das emissões/liberações de mercúrio no Brasil (Ano base: 2015).

Parâmetro	Tratamento Nível 1	Tratamento Nível 2	Total
Taxa de Atividade (t concentrado/ano)	10.228	194.337	204.565
Fator de Entrada (g Hg/ t concentrado)	1 - 100		
Total de entrada de Hg (kg/ano)	10 - 1.023	194 - 19.434	204 - 20.457
Fatores-padrão de saída (sem unidade)			
Meio receptor de emissões e liberações	Tratamento Nível 1	Tratamento Nível 2	Total
Ar	0,49	0,1	NA
Água	0,02	0,02	NA
Solo	0,0	0,0	NA
Produtos	0,0	0,42	NA
Tratamento geral de resíduos	0,0	0,0	NA
Destinação e/ou tratamento específico	0,49	0,46	NA
Saídas: emissões e liberações de Hg (kg Hg/ano)			
Meio receptor de emissões e liberações	Tratamento Nível 1	Tratamento Nível 2	Total
Ar	5 - 501	19 - 1.943	24 - 2.445
Água	0,2 - 20	4 - 389	4 - 409
Solo	0,0	0,0	0
Produtos	0,0	82 - 8.162	82 - 8.162
Tratamento geral de resíduos	0,0	0,0	0
Destinação e/ou tratamento específico	5 - 501	89 - 8.939	94 - 9.441
Total (kg Hg/ano)	10 - 1.023	194 - 19.434	204 - 20.457

NA: Não se aplica.

8.8. EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO INICIAL DE CHUMBO

O Brasil não apresenta produção primária de chumbo. Segundo o Instituto de Metais Não Ferrosos (ICZ, 2010), a produção de chumbo foi encerrada em 1998 em função do esgotamento de minas de galena (sulfeto de chumbo, PbS).

O suprimento de chumbo no país é feito a partir da produção de material reciclado, principalmente industrial, de telecomunicações e baterias automotivas. A produção secundária de chumbo é proveniente das regiões Nordeste (Pernambuco), Sudeste (São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais) e Sul (Paraná e Rio Grande do Sul) (DNPM, 2015a). Em 2014 e 2015 a produção secundária de chumbo no país foi de 10.960 t e 176.216 t, respectivamente. Em 2016 não houve produção secundária de chumbo. A importação do chumbo metálico foi de 208.742 t, 129.465 t, e 125.578 t em 2014, 2015 e 2016, respectivamente. Os principais países exportadores de chumbo metálico para o Brasil são México, Argentina e Israel (DNPM, 2015a, 2016a, 2017a).

Assim, não houve emissões e liberações de mercúrio por esta subcategoria no Brasil nos anos considerados.

8.9. EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO INICIAL DE OURO USANDO OUTROS MÉTODOS QUE NÃO A AMALGAMAÇÃO

Os minérios utilizados para produção de ouro sem amalgamação possuem mercúrio em sua formação natural em concentrações variadas. Daí decorre a possibilidade de emissão e liberação de mercúrio durante o processo de produção. O processamento de ouro usando outros métodos que não a amalgamação pode ocorrer por lixiviação do minério (ou concentrado) com cianeto de sódio em pasta aquosa alcalina. Neste processo, o cianeto dissolve o ouro do metal rochoso que será concentrado em etapas seguintes, e na etapa final será submetido ao aquecimento em forno a 800 °C, para ustulação e secagem. O processamento do ouro a partir do concentrado, segundo o BAT-BEP (UN Environment, 2016a), pode ocorrer por ustulação direta, sem a etapa de uso de cianeto.

A produção brasileira de ouro, em 2014 foi de 81 t (cerca de 71,1 t de ouro primário). Em 2015, o Brasil produziu 85 t de ouro, sendo 71,2 toneladas de ouro primário (DNPM, 2015b). Em 2016, a produção de ouro foi de 95,4 t, sendo 77,8 toneladas de ouro primário¹² (DNPM, 2017b). São doze as maiores empresas de mineração de ouro no Brasil, atualmente, segundo DNPM (2015b). A produção de ouro primário ocorre principalmente em Minas Gerais (46,0%), seguida por Pará (16,9%), Goiás (14,9%), Mato Grosso (6,1%), Bahia (7,5%), Amapá (5,5%) e Maranhão (1,8%).

Conforme *Toolkit* 2015, o fator-padrão de entrada para esta subcategoria corresponde ao conteúdo de mercúrio no minério utilizado, e tem variação de 1 a 30 g Hg/t, com valor intermediário de 15 g Hg/t. Outra opção de fator-padrão de entrada dada pelo *Toolkit* é a quantidade de mercúrio por ouro produzido (minério usado) / (ouro

produzido), e tem variação de 250 a 7.500 kg Hg/t de ouro, com valor intermediário de 3.750 kg Hg/t de ouro. Dados da literatura sobre quantidade de mercúrio no minério de ouro no Brasil estão apresentados na Tabela 23.

Tabela 23. Conteúdo de mercúrio em minério de ouro no Brasil e comparação com valor do *Toolkit* 2015.

Local	Concentração média de mercúrio em minério de ouro (mg Hg/t minério)	Faixa de concentrações de mercúrio (mg Hg/t minério)	Referência
Serra Pelada/AM	65.340	22 – 400.000	Cabral, 2006
Jacutinga/MG	72	6 – 339	Cabral, 2006
Ouro Fino/MG	48.000	20.000 – 60.000	Koglin et al., 2012
<i>Toolkit</i> 2015	15.000	1.000 – 30.000	PNUMA, 2015

Nesta subcategoria o *Toolkit* 2015 não apresenta distribuição de saída de mercúrio de acordo com os sistemas de tratamento específicos. A informação dos fatores-padrão de saída, considera um único cenário, sem especificar o tipo de tratamento, e é de 0,04 (4%) para o ar, 0,02 (2%) para água, 0,90 (90%) para solo e 0,04 (4%) para produtos. Embora não seja especificado o tipo de tratamento utilizado, os dados que deram origem aos fatores-padrão de saída apresentados no *Toolkit* 2015 são oriundos de um conjunto de empresas dos EUA que utilizam sistemas de tratamento, mas com ajustes para possíveis níveis de tecnologias em outros países (PNUMA, 2015).

Para fins de estimativa de emissões e liberações, foram utilizados os fatores de entrada e de saída do *Toolkit* 2015, e a quantidade de ouro produzido em 2016 no valor de 77,8t, conforme DNPM (2017b).

Considerando os fatores de distribuição apresentados, a estimativa de emissões e liberações de mercúrio pela produção de ouro industrial sem processo de amalgamação resultaram, para o ano-base 2016, em:

- Emissão para o ar: 778 a 23.340 kg Hg/ano;
- Liberação para a água: 389 a 11.670 kg Hg/ano;
- Liberação para o solo: 17.505 a 525.150 kg Hg/ano;
- Nos produtos: 778 a 23.340 kg Hg/ano.

8.9.1. Resumo das entradas e resultados

A taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída, bem como as saídas/liberações calculadas, estão apresentados na Tabela 24.

Tabela 24. Produção de ouro industrial por processos que não a amalgamação: valores utilizados e resumo das emissões/liberações de mercúrio no Brasil (Ano: 2016).

Parâmetro	Taxa de atividade (t ouro/ano)	Fator-padrão de entrada (kg Hg/ t ouro)	Entrada calculada (kg/ano)
Entrada	77,8	250 - 7.500	19.450 - 583.500
Fatores-padrão de saída (sem unidade)			
Ar		0,04	
Água		0,02	
Solo		0,90	
Produtos		0,04	
Resíduos em geral		0,0	
Destinação e/ou tratamento específico		0,0	
Saídas: emissões e liberações de Hg (kg Hg/ano)			
Ar		778 - 23.340	
Água		389 - 11.670	
Solo		17.505 - 525.150	
Produtos		778 - 23.340	
Resíduos em geral		0,0	
Destinação e/ou tratamento específico		0,0	
Total (kg Hg/ano)		19.450 - 583.500	

8.10. DADOS E INVENTÁRIO SOBRE A PRODUÇÃO DE OUTROS MINERAIS E MATERIAIS CONTENDO MERCÚRIO

Em relação a esta categoria, a Convenção de Minamata sobre Mercúrio aborda apenas a subcategoria de Produção de Cimento, que está mencionada em seu Anexo D, a qual é tratada com abordagem pontual e diz respeito basicamente à

produção de clínquer como fonte de emissão e liberação de mercúrio.

A principal fonte de informação para esta subcategoria foi a Associação Brasileira da Indústria de Cimento Portland (ABCP), que congrega as produtoras de cimento no Brasil, em especial aquelas com produção integrada (com forno de clínquer).

Pesquisa bibliográfica foi realizada na base de dados do Scielo, Google acadêmico e em sites na Internet com uso da ferramenta do Google, em ABCP, Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) e Cimento.Org. Algumas informações específicas sobre o conteúdo de mercúrio em matéria-prima e combustíveis para produção de cimento foram encontradas em dissertação de mestrado (NAKANO, 2016) e publicação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (KRABBE, et al., 2014).

8.11. PRODUÇÃO DE CIMENTO

Cimento Portland³⁷ é a terminologia usada mundialmente para denominar o cimento. A composição deste material é formada por clínquer e aditivos. O clínquer é o principal componente e os aditivos variam de acordo com cada finalidade específica de uso do cimento. As matérias-primas para produção de clínquer são basicamente o calcário e argila, ambos extraídos de jazidas próximas das fábricas de cimento.

A rocha calcária é britada, moída e depois misturada, em determinadas proporções, com a argila moída. Esta mistura, chamada de "farinha" ou "mistura crua", é submetida ao forno, principal etapa do processo de produção de cimento, com temperatura interna que pode alcançar 1.450°C. A elevada temperatura transforma a mistura crua em clínquer. Em geral, os processos de calcinação e pré-aquecimento são realizados antes da etapa do forno. Na saída do forno, o clínquer quente é bruscamente resfriado e posteriormente moído conjuntamente com os aditivos, que variam de acordo com a finalidade do cimento, como gesso (gipsita), escórias de alto-forno, materiais pozolânicos e materiais carbonáticos (ABCP, 2002), constituindo-se, então, no cimento que é comercializado. O pó coletado nos filtros contém mercúrio e é usualmente retroalimentado no processo. O cimento final é armazenado em silos antes do transporte a granel ou ensacamento (PNUMA, 2015).

O mercúrio é emitido durante a fase de produção do clínquer, cuja origem é de ocorrência natural nas matérias-primas (calcário e argila), nos combustíveis (carvão mineral, coque de petróleo e combustíveis líquidos derivados do petróleo, etc), e pode

³⁷ Portland é uma referência a ilha de mesmo nome do sul da Inglaterra, de onde se utilizavam pedras para construção civil. O cimento, que viria substituir o material rochoso, foi patenteado como cimento Portland pelo inglês Joseph Aspdin em 1824 (ABCP, 2002).

estar contido nos resíduos coprocessados (resíduos industriais, cinzas volantes, gipsita da combustão do carvão por exemplo) e aditivos utilizados (PNUMA, 2015). De acordo com *Toolkit 2015*, a emissão de mercúrio no coprocessamento pode ser até cerca de dez vezes maior do que no processo sem coprocessamento. Os fatores de entrada médios estabelecidos pelo *Toolkit 2015* são de 0,11 g Hg/t de cimento (0,004 a 0,5 g Hg/t) para produção sem coprocessamento e 0,15 g Hg/t de cimento (0,06 a 1,0 g Hg/t) para produção com coprocessamento.

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 499/2020 estabelece limite máximo de emissão de mercúrio para coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer de 0,05 mg/Nm³ (corrigido a 7% de O₂, base seca).

O balanço de massa do mercúrio da produção de cimento é apresentado em dois cenários: o ciclo do mercúrio, com a recirculação do pó coletado no filtro de poeira, e sem a recirculação deste pó. Nestes processos, no "balanço de massa exterior", as matérias-primas e combustíveis são as entradas, enquanto o clínquer, o pó coletado, e as emissões para o ar, do forno, da moagem da farinha, do resfriador e do sistema de eliminação de cloro, são as saídas. O processo em que ocorre a remoção do pó do filtro, ou seja, a sua não recirculação, diminui a emissão do mercúrio (UN Environment, 2016b).

Em cada cenário de produção de cimento é necessário considerar os sistemas de controle de poluição. Conforme estabelece o *Toolkit 2015*, os tratamentos específicos para redução de emissões da produção de clínquer são classificados da seguinte forma:

- Nível 1. Controle de partículas simples: Precipitador eletrostático, lavador de partículas, filtro-manga.
- Nível 2. Controle otimizado de partículas: Filtro-manga + redução seletiva não catalítica; filtro-manga + lavador; precipitador eletrostático + dessulfuração de gases de combustão; filtro-manga otimizado.
- Nível 3. Controle eficiente de poluição por mercúrio: filtro-manga + lavador simples; precipitador eletrostático + lavador simples; precipitador eletrostático + lavador; precipitador eletrostático + redução seletiva não catalítica.
- Nível 4. Controle de poluição por mercúrio muito eficiente: Sistema úmido de dessulfuração de gases de combustão; dessulfuração de gases de combustão + injeção de carvão ativado; filtro-manga + lavador + redução seletiva não catalítica.

A produção de cimento no Brasil, em 2014, 2015 e 2016, foi de 71.254.045t, 65.282.970t

e 57.556.901t, respectivamente, segundo SNIC (2017). Existem 24 grupos cimenteiros no país, nacionais e estrangeiros, com 100 plantas de produção distribuídas no território nacional (SNIC, 2017). A localização geográfica em 2013 das unidades produtoras está apresentada na Figura 12. Pode-se observar que a maior concentração de fábricas é na região Sudeste, depois Sul e Nordeste.

Figura 12. Localização das fábricas de cimento no Brasil.



Fonte: SNIC (2013).

As informações nacionais sobre fatores de entrada e de distribuição de saída de mercúrio não estão consolidadas pelo setor de produção de cimento. O retorno das respostas deste setor representou 50% da produção em relação às empresas produtoras de clínquer no país, sendo que a maioria dessas empresas utilizam coprocessamento de resíduos, como óleo residual, pneus, serragens, etc, além de combustível fóssil, como coque de petróleo. As principais matérias-primas dessas empresas são argila e calcário, cuja mistura é denominada farinha crua, representando até 98% dos materiais utilizados. Outras matérias-primas utilizadas, em menor proporção, são minério de ferro, gesso, areia, entre outras.

Dados fornecidos pela ABCP mostram que o conteúdo de mercúrio na farinha crua variou entre <0,02 a 2,9 g Hg/t, com média de 0,27 g Hg/t, em amostras do setor de cimento no Brasil, entre 2002 e 2017. No clínquer, de 2014 a 2017, foi encontrada quantidade de mercúrio entre <0,02 a 1,74 g Hg/t, média de 0,13 g Hg/t. Resultados mais recentes do setor (2014 a 2017) não apresentaram quantidades acima do limite de detecção na farinha crua e no clínquer. Dados sobre mercúrio no cimento não foram informados pelo setor.

Dados da literatura sobre o conteúdo de mercúrio nas matérias-primas e combustíveis utilizados no Brasil estão apresentados na Tabela 25.

Tabela 25. Conteúdo de mercúrio (ppm) em matérias-primas e no combustível para produção de cimento, no Brasil, obtido na literatura.

Material	Mín. - Máx.	Média	Origem do dado	Referência
Calcário	0,002 – 0,027	0,009	25 amostras de calcário comercializado no Brasil	KRABBE, et al., 2014
Farinha produzida	<0,050 – 0,476	0,203	Indústria de cimento localizada em Balsa Nova, Paraná, em forno com coprocessamento	Nakano, 2016
Farinha alimentada	<0,050 – 0,569	0,223		
Combustível*	0,006 – 0,502	0,104		
Resíduo pastoso**	0,008 – 0,100	0,046		
Pó do filtro	0,055 – 1,50	0,485		

*Combustível moído composto por coque de petróleo (~82%), resíduo industrial (~13%) e carvão mineral (~5%) (NAKANO, 2016) **Resíduo pastoso é um resíduo industrial, também está presente no coque (NAKANO, 2016).

O *Toolkit* 2015 recomenda fatores-padrão de saída para a produção de cimento com base em conjunto de estudos em vários países, principalmente nos desenvolvidos. Os fatores-padrão de distribuição de saída de mercúrio consideram os cenários com e sem retroalimentação do pó de filtro.

De acordo com a ABCP, as empresas de cimento que forneceram dados e informações para o inventário apresentaram valores de emissão de 0,0037 e 0,0182 g Hg/t cimento. Não foram informadas as liberações do setor. O tipo de tratamento específico no universo de 50% da produção de cimento no Brasil corresponde ao Nível 1, com uso de filtros-manga ou precipitador eletrostático. Fatores de entrada em indústria de

cimento no Brasil, a partir de dados de literatura pesquisada, foram iguais a 0,0094 e 0,0130 g Hg/t cimento (NAKANO, 2016).

Tendo em vista a ausência de informações nacionais consistentes, para este inventário foram utilizados os fatores-padrão mínimo e máximo do *Toolkit* 2015. O coprocessamento de resíduos nas indústrias de cimento é um processo utilizado com frequência no Brasil, representa 80% da capacidade instalada em fornos para produção de clínquer (SNIC, 2012 apud Meystre, 2016). A Resolução CONAMA nº. 499/2020 dispõe sobre o licenciamento da atividade de coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de produção de clínquer no país. A maioria dos fornos é por via seca³⁸, que respondem por 99% da produção de cimento no país (SNIC, 2008, 2010). Adotamos a retroalimentação do pó de filtro no processo de todas as empresas de cimento.

Considerando os fatores de distribuição apresentados, a estimativa de emissões e liberações de mercúrio pela produção de cimento resultaram, para o ano-base 2016, em:

- Emissão para o ar: 1.966 a 36.261 kg Hg/ano;
- Nos produtos: 843 a 15.540 kg Hg/ano.

Portanto, a contribuição do setor de cimento para o total de mercúrio está entre 2.809 kg Hg/ano a 51.801 kg Hg/ano. Considerando a quantidade média de mercúrio no clínquer igual a 0,13 g Hg/t, de acordo com informação da ABCP, e que a quantidade de clínquer corresponde a 80% do total de cimento produzido (PNUMA, 2015), estima-se que a contribuição média do setor foi de 5.986 g Hg/t ano em 2016. Como os fatores-padrão de entrada variam muito (entre 0,004 e 1,0 g Hg/t cimento), as informações e dados fornecidos pela ABCP foram importantes para verificar que as emissões e liberações estão abaixo do limite superior calculado com o uso dos fatores de entrada padrão do *Toolkit*.

8.11.1. Resumo das entradas e resultados

Para fins de estimativa de emissões e liberações, serão utilizados os fatores de entrada e de Saída do *Toolkit* 2015, considerando 100% de retroalimentação da poeira do filtro e a quantidade de cimento produzida em 2016, conforme SNIC (2017). Os resultados de emissões e liberações de mercúrio desta subcategoria setor estão apresentados na Tabela 26.

³⁸ Via seca corresponde ao processo em que os gases quentes do forno são utilizados na moagem para secagem da matéria-prima (NAKANO, 2016).

Tabela 26. Produção de cimento: valores utilizados e resumo das emissões e liberações de mercúrio (Ano base: 2016).

Parâmetro/condição	Taxa de atividade - tecnologia nível 1 (t cimento/ano)	Fator de Entrada (g Hg/ t cimento)	Entrada calculada (kg/ano)
20% da produção de cimento)	11.511.380	0,004 - 0,5	46 - 5.756
Com coprocessamento de resíduos			
(80% da produção de cimento)	46.045.521	0,06 - 1,0	2.763 - 46.046
Total	57.556.901	NA	2.809 - 51.802
Fatores-padrão de saídas (sem unidade)			
Meio receptor das emissões e liberações	Tratamento Nível 1 e 100% de retroalimentação do pó de filtro		
Ar	1.966 a 36.261		
Água	0		
Solo	0		
Produtos	843 - 15.540		
Resíduos em geral	0		
Destinação e/ou tratamento específico	0		
Total (kg Hg/ano)	2.809 - 51.801		

NA: Não se aplica.

8.12. DADOS E INVENTÁRIO SOBRE O USO INTENCIONAL DE MERCÚRIO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

Esta categoria compreende os processos de manufatura em que o mercúrio ou compostos de mercúrio são utilizados de acordo com artigo 5 e Anexo B da Convenção de Minamata sobre Mercúrio. As subcategorias incluídas são: (1) Produção de cloro-álcalis com tecnologia de mercúrio, (2) Produção de monômeros de cloreto de vinila, (3) Produção de acetaldeído com uso de mercúrio ou seus compostos, como catalisadores e (4) Outras formas de produção de substâncias químicas e polímeros com uso de compostos de mercúrio, como catalisadores. A abordagem desta categoria é por fonte pontual. As subcategorias (2), (3) e (4) foram identificadas no Brasil, porém não são processos que utilizam mercúrio ou compostos de mercúrio como catalisadores (VASCONCELLOS, 2017). Portanto, nesta categoria somente será considerada a produção de cloro-álcalis com tecnologia de mercúrio.

A principal fonte de informação para a subcategoria (1) foi a Associação Brasileira da Indústria de Álcalis, Cloro e Derivados (ABICLOR). Pesquisa bibliográfica foi realizada em base de dados do Scielo, Google Acadêmico e busca na internet com a ferramenta do Google, em Abiclor, World Chlorine Council, EuroChlor 17 e Relatório do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) sobre o setor de cloro-álcalis no Brasil. As informações específicas foram todas obtidas e avaliadas em conjunto com o setor.

8.13. PRODUÇÃO DE CLORO-ÁLCALIS COM TECNOLOGIA DE MERCÚRIO

No Brasil, foram identificadas quatro unidades de produção de cloro-álcalis que utilizam células de mercúrio, todas associadas à ABICLOR. O setor se organizou e forneceu as informações para o conjunto das quatro empresas. A Tabela 27 mostra as empresas de cloro-álcalis no Brasil, sua localização e capacidade nominal de produção.

Tabela 27. Fontes pontuais identificadas nesta subcategoria e respectiva capacidade nominal de produção.

Empresa	Cidade/Estado	Capacidade de produção (t cloro/ano)
Empresa CL-A	Camaçari - BA	70.000
Empresa CL-B	Cubatão - SP	107.700
Empresa CL-C	Igarassu - PE	30.300
Empresa CL-D	Honório Gurgel - RJ	21.000
Total (t cloro/ano)		229.000

Fonte: Dados fornecidos pela Abiclor.

Além da tecnologia de células de mercúrio, que representou 14% da capacidade instalada em 2016, a tecnologia mais utilizada no Brasil pelo setor é a de diafragma (62% da capacidade instalada) seguida pela de membrana (24% da capacidade instalada), ambas livres de mercúrio. Em 2000, a tecnologia de mercúrio representava 25%, a de diafragma 71% e de membrana 4% (ABICLOR, 2015). De acordo com a Convenção de Minamata sobre Mercúrio, o Brasil deverá eliminar a produção de cloro-álcalis com tecnologia de mercúrio até 2025.

Conforme estabelece o *Toolkit* 2015, a taxa de atividade é a quantidade de cloro ou soda cáustica produzida por ano, em toneladas, e o fator de entrada é a quantidade de mercúrio liberada por tonelada de produto (g Hg/ t Cl₂ ou g Hg/ t NaOH). O valor

do fator de entrada é baseado em dados da quantidade de reposição do mercúrio necessária para compensar o mercúrio emitido ou liberado e eventuais incrustações em tubulações de equipamentos do sistema durante a produção (PNUMA, 2015). O setor de cloro-álcalis brasileiro produziu, em média, 200.300 t, 184.100 t e 187.000 t de cloro, respectivamente, em 2014, 2015 e 2016.

Os fatores de distribuição de saídas de mercúrio em planta de cloro-álcalis dependem dos dispositivos de controle de emissão e de liberações, assim como das técnicas de prevenção de poluição e práticas operacionais e de gestão específicas. Dois cenários de saída são recomendados pelo *Toolkit 2015*:

- Cenário 1. O mercúrio não contabilizado é considerado junto com a saída de mercúrio reciclado ou tratado.
- Cenário 2. O mercúrio não contabilizado é considerado como liberações e emissões.

O mercúrio não contabilizado é aquele que se acumula na superfície de equipamentos e tubulações.

Conforme a Abiclor, nas plantas do setor de cloro-álcalis brasileiro, dados de fatores de distribuição foram obtidos com a medição de concentração de mercúrio em emissões atmosféricas, nos efluentes líquidos e em resíduos sólidos e, em menor grau, em produtos (como NaOH e H₂), e foi considerado o cenário 1 para as plantas de cloro-álcalis brasileiras.

A estimativa de emissões e liberações de mercúrio pela produção cloro-álcalis resultaram, para o ano-base 2016, em:

- Emissão para o ar: 1.301 kg Hg/ano;
- Liberação para a água: 6 kg Hg/ano;
- Nos produtos: 9 kg Hg/ano;
- Destinação e/ou tratamento específico: 9.175 kg Hg/ano.

8.13.1. Resumo das entradas e resultados

A Tabela 28 mostra os fatores de entrada, taxa de atividade e fatores de distribuição para as saídas de mercúrio conforme balanço de massa realizado pelo setor de cloro-álcalis no Brasil em 2016, também apresenta o resumo dos resultados de entrada e distribuição de saídas de mercúrio.

Tabela 28. Produção de cloro-álcalis: valores utilizados no resumo das emissões/liberações de mercúrio (Ano base: 2016).

Parâmetro	Valores
Taxa de Atividade (t cloro/ano)	187.000
Fator de Entrada (g Hg/ t cloro)	56,09
Total de entrada de Hg (kg/ano)	10.489
Fatores de distribuição de saída (sem unidade)*	
Cenário 1. O Hg não contabilizado é apresentado em "Destinação e/ou tratamento específico"	
Ar	0,12399
Água	0,0005244
Solo	0,0
Produtos	0,000896
Resíduos em geral	0,0
Destinação e/ou tratamento específico	0,874759
Saídas: emissões e liberações de Hg (kg Hg/ano)	
Ar	1.301
Água	6
Solo	0
Produtos	9
Tratamento geral de resíduos	0
Destinação e/ou tratamento específico	9.175
Total (kg Hg/ano)	10.491

*Fatores de saídas fornecidos pelo setor de cloro-álcalis com uso de célula de mercúrio no Brasil para o ano-base 2016.

8.14. DADOS E INVENTÁRIO DE PRODUTOS DE CONSUMO COM USO INTENCIONAL DE MERCÚRIO

Esta categoria inclui diversos produtos que possuem adição de mercúrio. Entre os produtos desta categoria estão: (1) termômetros; (2) interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés; (3) fontes de luz; (4) pilhas e baterias; (5) poliuretano com catalisador de mercúrio; (6) biocidas e pesticidas; (7) tintas; (8) produtos farmacêuticos para uso humano e veterinário; e (9) cosméticos e produtos afins. No entanto, não

são todos esses produtos que estão listados no artigo 4 e Anexo A da Convenção de Minamata sobre Mercúrio. Além disso, muitos produtos com mercúrio adicionado listados não são produzidos e/ou comercializados no país, como, por exemplo, poliuretano, biocidas, pesticidas e cosméticos (VASCONCELLOS, 2017). Sendo assim, os produtos abordados neste inventário são: termômetros; interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés; fontes de luz; pilhas e baterias e produtos farmacêuticos para uso humano e veterinário.

Uma breve descrição de cada tipo de produto, as estratégias de busca de informações utilizadas, as informações obtidas, o cálculo de entrada de mercúrio e as liberações e emissões para o meio ambiente são descritos a seguir.

8.15. TERMÔMETROS COM COLUNA DE MERCÚRIO

Esta subcategoria se refere aos termômetros que utilizam o mercúrio como fluido para a medição da temperatura ambiente, corporal etc., assim como em laboratórios, máquinas e equipamentos. A depender da aplicação, os termômetros apresentam tamanhos variados e a quantidade de mercúrio pode variar consideravelmente.

A Convenção de Minamata sobre Mercúrio em seu Anexo A, Parte I, lista os relés e interruptores com mercúrio como um dos tipos de produtos a serem banidos quanto à manufatura, importação ou exportação, a partir de 2020. A medida será considerada válida para todos os interruptores e relés, com exceção das pontes de medição de capacitância e perda de altíssima precisão e dos interruptores e relés de radiofrequência em monitoramento e controle de instrumentos com um teor máximo de mercúrio de 20 mg por interruptor de ponte ou retransmissão, cuja data de finalização é 2025. A exceção a essa emenda é quando esses produtos são utilizados para fins de pesquisa e desenvolvimento.

Em âmbito nacional, a Resolução da Diretoria Colegiada da ANVISA – RDC n° 145, de 21 de março de 2017, proibiu, em todo o território nacional, a fabricação, importação e comercialização, assim como o uso em serviços de saúde, dos termômetros com coluna de mercúrio (ANVISA, 2017). A resolução entrará em vigor a partir de 1° de janeiro de 2019.

No *Toolkit* 2015 os termômetros com mercúrio estão divididos em quatro grupos: termômetros médicos, termômetros de ar ambiente, termômetros industriais e especiais e outros termômetros de vidro contendo mercúrio.

Antigamente os termômetros com coluna de mercúrio eram vistos como sendo os mais confiáveis, em relação à acurácia. Todavia, esse cenário tem se alterado significativamente por conta do risco associado ao mercúrio, dificuldade na gestão do resíduo mercurial, legislações em vários países mais restritivas quanto ao uso de mercúrio em produtos, e introdução de equipamentos digitais ou com outros fluidos que apresentam a mesma precisão que os mercuriais. Exemplo disto são os termômetros digitais e de infravermelho que têm sido utilizados amplamente em hospitais e residências. (INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE, 2016).

8.15.1. Determinação da taxa de atividade

Em relação à produção de termômetros em geral, foram identificadas diversas empresas fabricantes no Brasil, porém, apenas uma empresa, localizada no Rio Grande do Sul, fabrica termômetros com mercúrio. Esta informação pode ser verificada no site da empresa na Internet (Incoterm, s.d.)³⁹ e foi confirmada via e-mail. De acordo com Santos (2018) a Incoterm fabrica e comercializa "modelos em linha tais como termômetros ASTM⁴⁰, que são produzidos conforme normas internacionais e ainda não excluíram o Hg como uma substância termométrica". Informações adicionais para a quantificação da entrada de mercúrio foram solicitadas a esta empresa por meio de ofício via MMA.

Os dados de importação e exportação de termômetros fornecidos pelo MDIC apresentam fragilidade para a utilização no inventário, pois não especificam o fluido utilizado para a medição da temperatura bem como a quantidade utilizada. A ausência destas duas informações torna incerta a quantidade de termômetros com mercúrio importados e exportados e que estão em território brasileiro. Os dados de importação e exportação de termômetros de líquido de leitura direta, apresentados pelo MDIC, podem incluir termômetros que utilizam outros fluidos, como o álcool colorido⁴¹ e o gálio-índio⁴².

Para identificar empresas que comercializam ou comercializavam termômetros com mercúrio em 2016, buscou-se no site da ABIMAQ (ABIMAQ, s.d.)⁴³ na Internet a lista de empresas que têm termômetros em seu portfólio de produtos. Foram identificadas

³⁹ Disponível em: <http://www.incoterm.com.br/tecnica/5095+termometro+decimal+de+alta+precisao+-30+50+0+1+c>.

⁴⁰ Termômetro ASTM é a designação dada aos termômetros de aplicações laboratoriais que são feitos e padronizados de acordo com a norma E1 da American Society for Testing and Materials – ASTM <https://www.incoterm.com.br/solucoes-em-medicao/termometros-astm/produto/5364-astm-e-1-6f--112-70-2o-f->.

⁴¹ De acordo com o Instituto de Pesos e Medidas – IPEM do estado de São Paulo, termômetros clínicos de líquido podem ser tanto os que utilizam o mercúrio como aqueles que utilizam álcool colorido <https://ipemsp.wordpress.com/2010/04/12/termometro-clinico-como-funciona-e-o-que-verificar-ao-se-comprar-um/>.

⁴² De acordo com Ribeiro (2018) termômetros clínicos de líquido também abrangem os de gálio-índio.

⁴³ Disponível em: <http://www.datamaq.org.br/Areas/Sector/ListOfSectors.aspx>.

30 empresas que comercializam termômetros. Dentre essas empresas algumas possuem termômetros com mercúrio adicionado que são apresentados em seus portfólios na Internet (Diversos, s.d.)⁴⁴. As 30 empresas foram contatadas, mas apenas 7 empresas responderam. Entre as respostas obtidas foi possível verificar que, parte dos termômetros com mercúrio, são importados e outra parte são adquiridos da empresa localizada no Rio Grande do Sul. Além disso, algumas empresas alegaram não mais comercializar o produto há alguns anos. Entre as razões da interrupção do comércio desse tipo de produto, as empresas contatadas mencionam o desenvolvimento de outras metodologias de medição da temperatura que vem ganhando o mercado nacional e alguns dispositivos legais que vem restringindo o uso do mercúrio, como por exemplo a Resolução SS 239 de 7/12/2010 (SÃO PAULO, ESTADO, 2010).

Com o intuito de compreender o cenário de uso de termômetros clínicos com mercúrio foi realizada uma reunião com o presidente do PHS, em 2 de abril de 2018, na Faculdade de Saúde Pública da USP, em São Paulo. De acordo com ele, em 2011 foi realizada uma estimativa em um hospital do Sistema Único de Saúde (SUS) e se verificou que eram utilizados de 10 a 12 termômetros com mercúrio por leito, anualmente (média de 11 termômetros por leito), enquanto uma estimativa em um hospital privado demonstrou que eram utilizados entre 10 e 20 termômetros com mercúrio por leito (média de 15 termômetros por leito), anualmente. Considerando que a quantidade de leitos de internação do SUS, em julho de 2011, era de 330.629 e a quantidade não-SUS era de 127.474, foi calculada a quantidade mínima, média e máxima de termômetros necessária para atender esta quantidade de leitos, resultando nos valores mostrados na Tabela 29.

⁴⁴Disponível em: https://www.contenco.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=466&Itemid=27;
http://www.iopeservice.iope.com.br/iopeservice/p_temp_s.php;
<http://www.salcas.com.br/pdf/termometro-de-maxima-e-minima-para-vacina-52013.pdf>;
<http://catalogo.salvicasagrande.com.br/catalogos/temperatura/termometros-maxima-e-minima/termometro-analogico-para-maxima-e-minima/>;

Tabela 29. Estimativa da quantidade de termômetros clínicos com mercúrio necessários para atender os leitos no Brasil em 2011, baseado nos dados do PHS (RIBEIRO FILHO, 2018).

Estimativa	Quantidade de termômetros em unidades do SUS	Quantidade de termômetros em unidades não-SUS	TOTAL
Mínima	3.306.290	1.274.740	4.581.030
Média	3.636.919	1.912.110	5.549.029
Máxima	3.967.548	2.549.480	6.517.028

Notas: ¹ Número de leitos informados no sistema DATASUS do MS (<http://datasus.saude.gov.br/>).

De acordo com o presidente do PHS, esta estimativa não reflete a realidade atual dos hospitais brasileiros, pois a substituição dos termômetros foi quase que consolidada, devido às campanhas de conscientização que foram realizadas de 2008 até o início da década de 2010. O PHS mantém uma plataforma em que os hospitais associados disponibilizam dados e informações sobre o uso e gestão dos produtos e resíduos mercuriais. Procurou-se obter dados dos anos de 2014 a 2016, a fim de quantificar o uso de termômetros clínicos com mercúrio no Brasil neste período, mas não foram disponibilizados.

Em relação à obtenção de dados e informações nas bases de dados Scielo, Google Acadêmico, Web of Science, Science Direct e na Internet por meio da ferramenta de busca Google, não foram identificados dados estatísticos a respeito do uso de termômetros com mercúrio no Brasil.

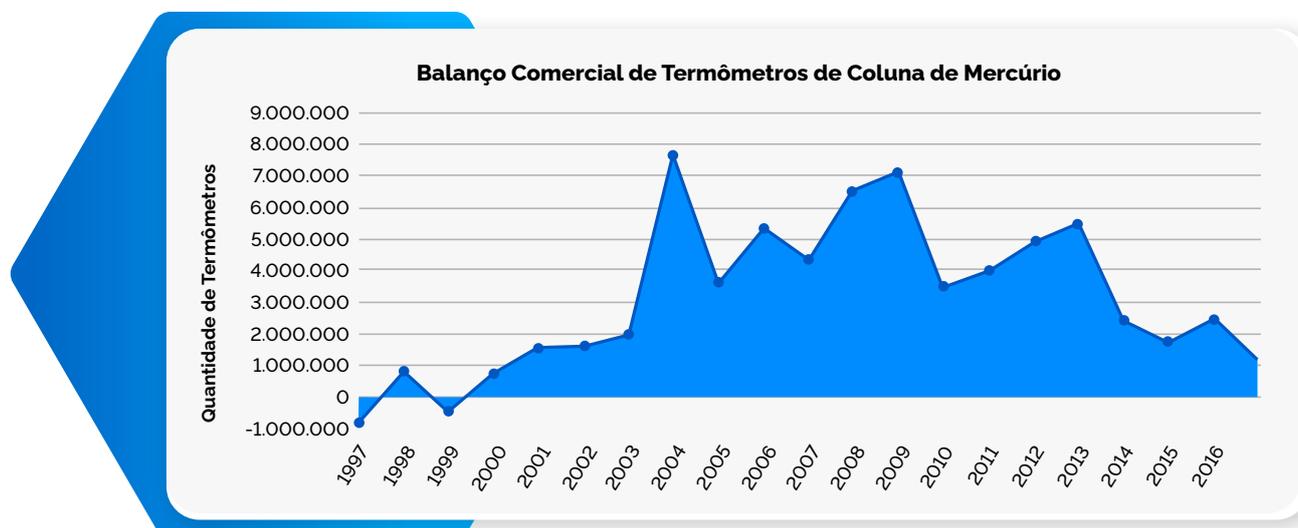
Visando quantificar as emissões e liberações de mercúrio referentes ao uso de termômetros, optou-se por utilizar os dados de consumo aparente (consumo aparente = produção no país + importação – exportação), baseado nos dados disponibilizados pelo MDIC, dos produtos que estão inseridos na Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) 90251110 (termômetros clínicos, de líquido, de leitura direta). Optou-se também por não utilizar outras NCM pois estas incluem termômetros com outras metodologias de medição da temperatura como, por exemplo, os pirômetros, que não necessitam de contato direto com o corpo ou objeto a ser medido (NCM 90251190⁴⁵ e 90251990⁴⁶). Assim, com base nos valores de importação e exportação do MDIC, e produção nacional nula, obteve-se o consumo aparente para o ano de 2016, utilizando como taxa de

⁴⁵ A NCM 90251190 se refere a "outros termômetros e pirômetros, de líquido, leitura direta".

⁴⁶ A NCM 90251990 se refere a "outros termômetros e pirômetros".

atividade 2.482.415 termômetros clínicos⁴⁷, considerando todos estes termômetros como sendo de coluna de mercúrio.

Figura 13. Balanço comercial (importação menos exportação) de termômetros clínicos de leitura direta, no Brasil, de 1997 a 2017.



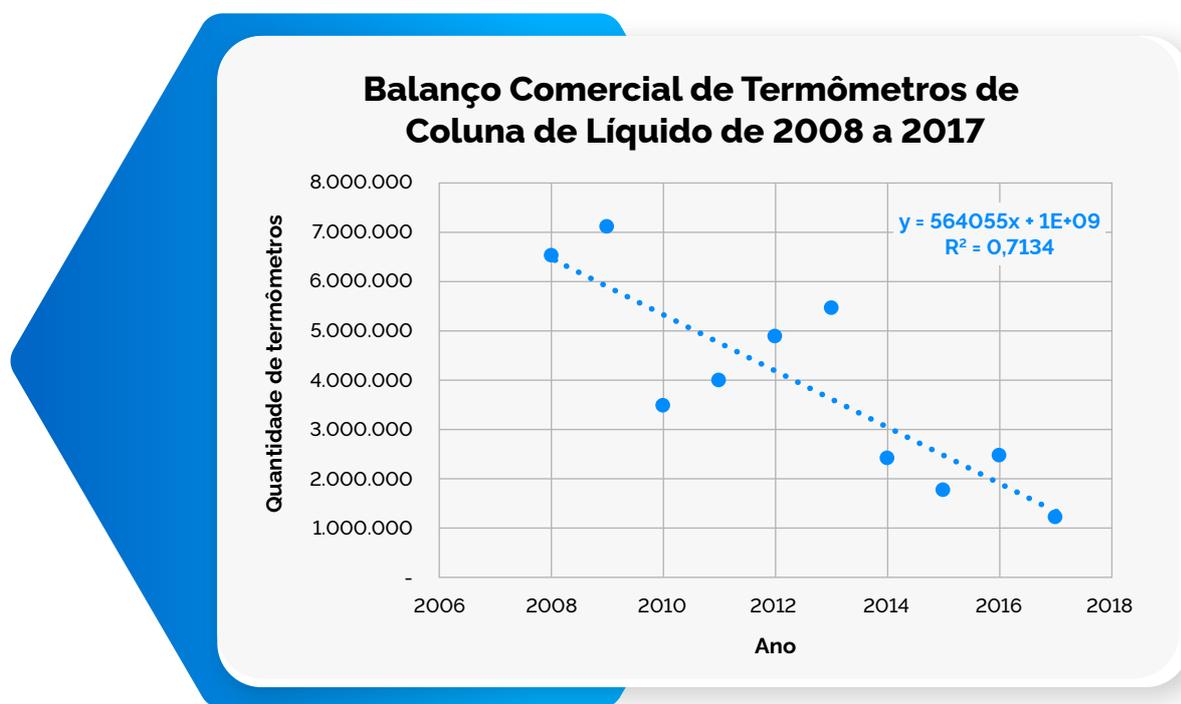
Fonte: COMEX STAT, 2018 (dados brutos).

Como pode ser visto no gráfico apresentado na Figura 13, o balanço comercial de termômetros clínicos de leitura direta não apresentou comportamento rígido ao longo dos anos. A variação dos dados é significativa, apresentando picos elevados em alguns anos como, por exemplo, em 2004, 2008 e 2009, e quedas acentuadas em outros anos, como, por exemplo, nos últimos 4 anos. Apesar da análise carecer de informações mais substanciais, vale ressaltar que em anos recentes o balanço comercial vem caindo. O baixo valor do balanço comercial até o ano 2000 deve estar relacionado ao efeito da produção interna que provavelmente não era nula nestes anos. Mas o aumento expressivo a partir de 2004 mostra que a importação passou a ter influência significativa. A tendência de queda de 2004 a 2017, e mais fortemente nos últimos 4 anos, está influenciada, provavelmente, a restrições legais e campanhas de eliminação do mercúrio, consequentemente com uso crescente, nos últimos anos, de outras tecnologias, como os termômetros digitais.

Foi elaborada a curva de ajuste dos dados de 2008 a 2017, conforme Figura 14, que resultou em coeficiente de determinação igual a 0,7134, o que mostra uma boa consistência na queda do uso de termômetros contendo mercúrio, nos últimos 10 anos.

⁴⁷ $2.482.415$ (consumo aparente/ taxa de atividade) = 0 (produção nacional) + $2.494.523$ (importação) - 12.108 (exportação) (COMEX STAT, 2018).

Figura 14. Curva de tendência do balanço comercial (importação menos exportação) de termômetros clínicos de leitura direta, no Brasil, nos últimos 10 anos (2008 a 2017).



Fonte: COMEX STAT, 2018 (dados brutos).

8.15.2. Determinação do fator de entrada

Como fator de entrada, na ausência de dados nacionais, optou-se por usar no inventário os valores máximo e mínimo recomendados pelo *Toolkit 2015*, tendo em vista sua coerência com o valor médio nacional obtido. O valor recomendado pelo *Toolkit 2015*, para termômetros clínicos, varia de 0,5g a 1,5g de Hg por unidade, com valor médio de 1g de Hg. De acordo com o PHS, em média os termômetros clínicos contêm 1g de mercúrio, o que está coerente com o valor apresentado no *Toolkit 2015*. A aplicação destes fatores e, utilizando como taxa de atividade 2.482.415 termômetros clínicos, resultou na entrada de um mínimo de 1.241kg de mercúrio a um máximo de 3.724 kg de mercúrio, por ano, em 2016.

Como já mencionado anteriormente, o valor de entrada de mercúrio utilizando apenas os dados de importação e exportação de termômetros clínicos de líquido de leitura direta, provavelmente é superestimado, por não considerar outros tipos de termômetros que não utilizam o mercúrio, a variação da quantidade do fluido que possa existir e a substituição de produtos com mercúrio por termômetros alternativos livres de mercúrio, que já vem ocorrendo.

Vale mencionar os dispositivos legais que vêm contribuindo para consolidar a substituição de termômetros com mercúrio (INSTITUTO AVALIAÇÃO, 2017).

No que diz respeito ao descarte, de acordo com o PHS, em geral os resíduos de termômetros com mercúrio acabam sendo descartados pelos hospitais juntamente com outros resíduos perigosos. Isto ocorre, pois muitos hospitais separam os resíduos e os acondicionam temporariamente. Todavia, como existem poucas alternativas para a reciclagem e recuperação de resíduos mercuriais no país, o resíduo acaba sendo descartado como resíduo perigoso, ou até como resíduo comum.

Em relação ao encaminhamento de resíduos mercuriais, Rodrigues et al. (2011) descrevem sobre o processo de implantação do programa "Mercúrio Zero" na Divisão de Laboratório Central do Hospital das Clínicas, da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (DLC/HC-FMUSP). De acordo com os autores, a incineração foi o destino de todos os resíduos mercuriais da Divisão.

Dados e informações do descarte de termômetros com mercúrio utilizados nos setores industrial, laboratorial, e de medições ambientais não estão disponíveis, apesar de terem sido solicitados a várias associações e empresas.

As informações obtidas junto ao PHS, mais as informações sobre o contexto nacional de resíduos sólidos, contribuíram para enquadrar a condição nacional em uma das três opções sugeridas pelo *Toolkit 2015*, no que diz respeito aos fatores de saída do mercúrio. O *Toolkit 2015* apresenta as seguintes opções de fatores de saída:

- **Opção 1:** indicada para países em que a coleta seletiva de termômetros é inexistente ou muito limitada. Todos ou quase todos os resíduos gerais são coletados e manuseados de maneira controlada pelo setor público. Os fatores de distribuição são: de 0,1 (10%) para o ar, 0,3 (30%) para água e 0,6 (60%) para resíduos gerais.
- **Opção 2:** indicada para países em que a coleta seletiva de termômetros é inexistente. A coleta de resíduos é inexistente ou informal e o manuseio informal de resíduos gerais ocorre de maneira generalizada. Os fatores de distribuição nesta opção são: 0,2 (20%) para o ar, 0,3 (30%) para água, 0,2 (20%) para o solo e 0,3 (30%) para resíduos gerais.
- **Opção 3:** indicada para países que apresentam altas taxas de coleta seletiva de termômetros. Todos ou quase todos os resíduos gerais são coletados e manuseados de maneira controlada pelo setor público. Os fatores de distribuição nesta opção são: 0,1 (10%) para o ar, 0,3 (30%) para água, 0,3 (30%) para resíduos gerais e 0,3 (30%) para destinação e/ou tratamento específico.

A opção 1 se aplica ao Brasil. Diante disto a estimativa de emissão e liberações de mercúrio do uso e descarte de termômetros médicos, considerando os dados de taxa de atividade e fatores de entrada utilizados e relatados acima, resultou em:

- Emissão para o ar: 124,12 kg a 372,36 kg Hg/ano.
- Liberação para a água: 372,36 kg a 1.117,09 kg Hg/ano.
- Liberação para resíduos gerais: 744,72 kg a 2.234,17 kg Hg/ano.

8.15.3. Resumo das entradas e resultados

A taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída, bem como as emissões e liberações calculadas estão apresentados na Tabela 30.

Tabela 30. Taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída e emissões e liberações de mercúrio no uso e destinação final de termômetros (Ano base: 2016).

Parâmetro	Valor
Taxa de atividade (termômetros/ano)	2.482.415*
Fator de entrada (g de Hg por termômetro)	0,5 - 1,5**
Total de entrada de Hg (kg/ano)	1.241 - 3.724
Fatores de distribuição de saída - fatores-padrão do Toolkit (sem unidade)**	
Ar	0,1
Água	0,3
Solo	0,0
Resíduos em geral	0,6
Destinação e/ou tratamento específico	0,0
Saídas: emissões e liberações de Hg (kg Hg/ano)	
Ar	124 - 372
Água	372 - 1.117
Solo	0
Resíduos em geral	745 - 2.234
Destinação e/ou tratamento específico	0
Total (kg Hg/ano)	1.241 - 3.724

Nota: * Dados extraídos da COMEX STAT (2018). ** Toolkit (2015).

8.16. INTERRUPTORES ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS, CONTATOS E RELÉS COM MERCÚRIO

Interruptores, contatos e relés elétricos e eletrônicos com mercúrio são utilizados em ampla gama de produtos e processos, e, assim como outros produtos com mercúrio, a depender da utilização e aplicação, a quantidade de mercúrio varia consideravelmente. Algumas aplicações destes componentes são em: sensores de chama de fogões, interruptores de inclinação para termostatos, interruptores de parede, interruptores para acionamento da luz de geladeira e de lavadoras de roupas, e acionamento de boia em caixas d'água e poços. (PNUMA, 2015).

A Convenção de Minamata sobre Mercúrio, artigo 4, Anexo A, parte I, lista os relés e interruptores com mercúrio como um dos tipos de produtos a serem banidos quanto à manufatura, importação ou exportação, a partir de 2020. A medida será considerada válida para todos os interruptores e relés, com exceção dos que são de alta precisão de capacitância, pontes de medição de perdas e de alta radiofrequência, usados em monitoramento e instrumentos de controle, que não excedam 20 mg de mercúrio por ponte, interruptor ou relés.

Segundo o *Toolkit 2015*, o mercúrio foi e continua sendo usado em uma variedade de interruptores elétricos e relés. Dados dos EUA indicam que o uso de mercúrio continua sendo significativo para esse grupo de produtos, apesar de ter decrescido significativamente desde o ano 2000. De acordo com a organização Interstate Mercury Education and Reduction Clearinghouse (IMERC), em 2001, dados parciais dos EUA⁴⁸ (fornecidos por indústrias fabricantes desses dispositivos ou que adicionam esses dispositivos em outros produtos) contabilizaram a utilização de 60,1 t de mercúrio em relés e interruptores; em 2007 este valor caiu para 29,9 t (IMERC, 2014a).

Em alguns países o mercúrio utilizado em componentes elétricos foi substituído ao longo das últimas duas décadas. Atualmente, componentes sem mercúrio estão sendo usados na maior parte dessas aplicações, ou em todas elas, em alguns países. No entanto, a situação e o alcance da substituição provavelmente variam consideravelmente entre os países. Nos EUA verifica-se a existência de interruptores e relés alternativos, sem mercúrio, comparáveis ou superiores aos produtos com mercúrio, em termos de custo e funcionalidade, para praticamente todas as aplicações (GALLIGAN et al., 2003).

⁴⁸ Os dados do IMERC são parciais por serem referentes somente a 13 estados dos EUA (Connecticut, Louisiana, Maine, Massachusetts, Michigan, Minnesota, New Hampshire, New Jersey, New York, North Carolina, Rhode Island, Vermont e Washington).

Para obtenção de dados específicos da produção, uso e destinação final, optou-se como estratégia inicial o contato via telefone e, posteriormente, o encaminhamento de ofício para a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), além da busca dos dados de importação e exportação destes dispositivos. Todavia, informações a respeito da fabricação, uso e disposição final não foram obtidas. Em relação à importação e exportação, os dados disponíveis não distinguem os aparelhos que contêm mercúrio e aqueles que não contêm mercúrio.

Também foi feita pesquisa nas bases de dados Scielo, Google Acadêmico, Web of Science, Science Direct e na Internet pela ferramenta de busca Google, mas não foram encontrados dados nacionais, estatísticas sobre interruptores elétricos e relés com mercúrio.

Foram identificadas empresas que poderiam produzir estes componentes elétricos contendo mercúrio no Brasil, tendo sido contatadas cinco delas, sendo que duas informaram via e-mail que não produzem ou comercializam estes componentes elétricos contendo mercúrio. Uma delas, de origem Sueca, informou que os produtos produzidos pela sua unidade industrial não utilizam mercúrio e seus compostos e as outras duas não deram retorno.

Uma das empresas, de origem italiana, informou que os interruptores, contatos e relés elétricos e eletrônicos produzidos por ela são livres de mercúrio e ressaltou que, tendo sede na Itália, ela está assim sujeita a leis e diretivas europeias que restringem a presença de algumas substâncias e metais tóxicos, como o mercúrio, cádmio, entre outros.

As Diretivas mencionadas foram a *Restriction of Certain Hazardous Substances* (RoHS) e *Waste Electrical and Electronic Equipments* (WEEE), que regulam o uso do mercúrio nos equipamentos elétricos e eletrônicos.

Além do contato com empresas, busca de referências bibliográficas e pesquisa documental sobre o tema, foi feito o contato com uma loja⁴⁹ que comercializa estes componentes. A informação obtida foi de que eles não têm conhecimento de produtos que utilizam mercúrio, com exceção das boias utilizadas em poços e em caixas d'água, que há anos não são mais vendidas devido ao risco que ele apresenta.

⁴⁹ Disponível em: <http://www.rondi.com.br/>.

8.16.1 Taxa de atividade e fator de entrada

Uma vez que não se encontrou registro de fabricação nacional bem com a ausência de dados e informações nacionais, a estimativa da entrada de mercúrio foi realizada apenas para o uso e destinação final. Para determinação do fator de entrada foram utilizados a fórmula do *Toolkit 2015* que considera a quantidade anual estimada de mercúrio por habitante, corrigida pela taxa de eletrificação, bem como a população do ano base como um proxy da taxa de atividade.

Com esta metodologia, foi feita a estimativa utilizando os valores mínimo e máximo do uso do mercúrio por habitante-ano (0,02 a 0,25g de Hg por habitante-ano), conforme *Toolkit 2015*. Em relação à taxa de eletrificação para o ano de 2015⁵⁰, de acordo com dados do IBGE, era de 99,7% (IBGE, 2015). O *Toolkit 2015* fornece taxas de eletrificação para vários países e, para o Brasil, o valor é de 98% tendo como base informações de 2011, portanto muito próximo do valor oficial do IBGE para 2015. A população estimada para o mês de junho do ano de 2016 era de 206.081.432 (IBGE, 2016).

A utilização destes valores resultou em quantidade de entrada mínima de 4.109kg de mercúrio e máxima de 51.366kg de mercúrio, em 2016.

Determinação de fatores de saída

O *Toolkit 2015* apresenta as seguintes opções de fatores de saída:

- Opção 1: indicada para países em que a coleta seletiva destes dispositivos é inexistente ou muito limitada. A totalidade ou a maioria dos resíduos são coletados e manuseados de forma controlada pelo setor público. Os fatores de distribuição são: de 0,1 (10%) para o ar, 0,1 (10%) para o solo e 0,8 (80%) para resíduos gerais.
- Opção 2: indicada para países que não apresentam coleta seletiva destes dispositivos. A coleta de resíduos é inexistente ou informal e o manuseio informal de resíduos gerais ocorre de maneira generalizada. Os fatores de distribuição nesta opção são: 0,3 (30%) para o ar, 0,4 (40%) para o solo e 0,3 (30%) para resíduos gerais.
- Opção 3: indicada para países que apresentam altas taxas de coleta seletiva destes dispositivos. Todos ou quase todos os resíduos gerais são coletados e manuseados de maneira controlada pelo setor público. Os fatores de distribuição nesta opção são: 0,1 (10%) para o ar, 0,1 (10%) para o solo, 0,4 (40%) para resíduos gerais e 0,4 (40%) para destinação e/ou tratamento específico.

⁵⁰ Não foram encontrados dados de 2016.

A opção 1 foi a selecionada para enquadrar o Brasil, tendo como base as informações já obtidas sobre o contexto nacional de coleta e disposição de resíduos sólidos.

Com o uso desta metodologia a estimativa de emissões e liberações de mercúrio do uso e descarte de interruptores elétricos e eletrônicos, contatos e relés, para o ano de 2016, resultou em:

- Emissão para o ar: 411 kg a 5.137 kg de mercúrio por ano;
- Liberação para o solo: 411 kg a 5.137 kg de mercúrio por ano;
- Liberação para resíduos gerais: 3.287 kg a 41.093 kg de mercúrio por ano.

8.16.2. Resumo das entradas e resultados

A taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída, bem como as emissões e liberações de mercúrio calculadas estão apresentados na Tabela a seguir.

Tabela 31. Taxa de atividade, fatores de entrada, fatores de distribuição de saída e emissões e liberações de mercúrio, no uso e destinação final de interruptores, contatos e relés elétricos e eletrônicos (Ano base: 2016).

Parâmetro	Valor
Taxa de atividade (população)	206.081.432*
Fator de entrada (g de Hg/habitante-ano)	0,02 - 0,25**
Taxa de eletrificação para ajuste do fator de entrada (%)	99,7***
Total de entrada de (kg de Hg/ano)	4.109 - 51.366
Fatores de distribuição de saída - fatores padrões do Toolkit (sem unidade)**	
Ar	0,1
Água	0,0
Solo	0,1
Resíduos em geral	0,8
Destinação e/ou tratamento específico	0,0
Saídas: emissões e liberações (kg Hg/ano)	
Ar	411 - 5.137
Água	0

Solo	411 - 5.137
Resíduos em geral	3.287 - 41.093
Destinação e/ou tratamento específico	0
Total (kg Hg/ano)	4.109 - 51.366

Notas: * IBGE (2016a); ** PNUMA (2015); *** IBGE (2015)

8.17. FONTES DE LUZ COM MERCÚRIO

Esta subcategoria se refere às lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão, vapor de sódio de alta pressão, luz ultravioleta para bronzamento e haleto metálico. A Convenção de Minamata sobre Mercúrio, artigo 4, Anexo A, parte I, lista as lâmpadas com conteúdo de mercúrio como um dos tipos de produtos a serem banidos quanto à manufatura, importação e exportação, a partir de 2020. Esta medida abrange as lâmpadas:

- Fluorescentes compactas (LFC) que sejam ≤ 30 watts, com conteúdo de mercúrio acima de 5mg por bulbo;
- Fluorescentes tubulares (LFT): (a) fósforo tribanda < 60 watts, com conteúdo de mercúrio acima de 5mg por lâmpada e (b) fósforo em halosofato ≤ 40 watts, com conteúdo de mercúrio acima de 10mg por lâmpada;
- Vapor de mercúrio de alta pressão (VMAP);
- Fluorescentes de cátodo frio e de eletrodo externo (LFCF e LFEE) para painéis eletrônicos: (a) tamanho curto (≤ 500 mm) com conteúdo de mercúrio acima de 3,5mg por lâmpada, (b) tamanho médio (> 500 e ≤ 1500 mm) com conteúdo de mercúrio acima de 5 mg por lâmpada e (c) tamanho longo (> 100 mm) com conteúdo de mercúrio acima de 13 mg por lâmpada.

Apesar da substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de diodo emissor de luz (LED) estar em curso no país, por causa do menor consumo de energia, ainda há grande utilização das lâmpadas fluorescentes e a quantidade de lâmpadas em uso é grande.

8.17.1. Determinação da taxa de atividade

Dados da produção, importação e exportação de lâmpadas com presença de mercúrio foram solicitados à Associação Brasileira de Fabricantes e Importadores de Produtos de Iluminação (ABILUMI), Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (ABILUX) e MDIC. Tanto a ABILUMI quanto a ABILUX alegaram não possuir os dados

solicitados. O MDIC forneceu dados de importação e exportação.

Em relação à produção de lâmpadas com mercúrio, no Brasil não há fabricação desde 2011 (IBAMA, 2017)⁵¹.

Os dados do MDIC apresentam limitações por não distinguirem totalmente os tipos de lâmpadas. Diante disso, buscaram-se outras fontes de dados a fim de melhorar os dados do MDIC e possibilitar estimar as emissões e liberações. As alternativas foram a solicitação de dados diretamente para as empresas e a busca de informações na literatura especializada no tema e nas bases de dados Scielo, Google Acadêmico, Web of Science e Science Direct e na Internet com o uso da ferramenta de busca do Google.

Informações obtidas na literatura foram utilizadas para manter ou modificar o fator de entrada do *Toolkit* 2015 e para estimar a taxa de atividade para cada tipo de lâmpada. Adicionalmente, foram contatadas 11 empresas importadoras e exportadoras, mas apenas uma empresa forneceu dados de importação de lâmpadas contendo mercúrio.

Considerando o tempo de vida útil das lâmpadas de 4 a 6 anos (PROTESTE, 2013), foram levantados dados de importação e exportação para os anos de 2010 a 2012, na plataforma COMEX STAT do MDIC. Os valores estão apresentados na Tabela 32 e na Tabela 33. O consumo aparente das lâmpadas foi calculado e está apresentado na Tabela 34. Foram selecionadas as NCM: 85393100, 85393200 e 85394900.

Tabela 32. Quantidade de lâmpadas importadas, conforme plataforma COMEX STAT.

Produto	NCM	Ano de 2010	Ano de 2011	Ano de 2012
Lâmpadas/tubos descarga, fluorescente, de cátodo quente	85393100	365.214.934	288.488.908	251.357.224
Lâmpadas de vapor de mercúrio ou sódio ou halogeneto metálico	85393200	8.915.760	10.547.641	5.536.743
Lâmpadas/tubos de raios ultravioleta ou infravermelhos	85394900	708.037	477.009	460.628

⁵¹ Obteve-se informação de que a OSRAM fechou sua instalação de produção de lâmpadas em Osasco – SP em 2016, mas sem detalhes quanto à operação normal de produção até esta data (FONTES, 2016).

Tabela 33. Quantidade de lâmpadas exportadas, conforme plataforma COMEX STAT.

Produto	NCM	Ano de 2010	Ano de 2011	Ano de 2012
Lâmpadas/tubos descarga, fluorescente, de catodo quente	85393100	12.548.616	7.473.095	3.789.684
Lâmpadas de vapor de mercúrio ou sódio ou halogeneto metálico	85393200	1.443.589	2.182.926	1.259.609
Lâmpadas/tubos de raios ultravioleta ou infravermelhos	85394900	10.453	882	2.197

Tabela 34. Consumo aparente de lâmpadas para os anos de 2010, 2011 e 2012.

Produto	NCM	Ano de 2010*	Ano de 2011**	Ano de 2012**
Lâmpadas/tubos descarga, fluorescente, de catodo quente	85393100	352.666.318	281.015.813	247.567.540
Lâmpadas de vapor de mercúrio ou sódio ou halogeneto metálico	85393200	7.472.171	8.364.715	4.277.134
Lâmpadas/tubos de raios ultravioleta ou infravermelhos	85394900	697.584	476.127	458.431
TOTAL		360.836.073	289.856.655	252.303.105

*sem considerar a produção nacional. ** considerou-se não haver mais produção nestes anos.

Uma vez que no Brasil não há produção de lâmpadas com mercúrio desde 2011, a estimativa de emissão e liberação, para o ano-base de 2016, considerou somente o seu uso e destinação final, que foi feito com base no consumo aparente de lâmpadas de 2011, utilizando o tempo de vida médio de 5 anos, conforme *Toolkit 2015*.

De acordo com o relatório "Viabilidade técnica e econômica em logística reversa na organização da coleta e reciclagem de resíduos de lâmpadas no Brasil" elaborado pelo grupo Grant Thornton⁵², o consumo das LFC, LFT, lâmpadas de vapor de mercúrio e de sódio foi de 257.200.000 unidades, em 2011. Este relatório não informa as quantidades de lâmpadas de haleto metálico e de raios ultravioleta ou infravermelho, e assim, para estas lâmpadas, optou-se por utilizar os dados da COMEX STAT.

⁵² Disponível em: http://www.sinir.gov.br/documents/10180/13560/EVTE_LAMPADAS/.

Os dados das lâmpadas de haleto metálico foram calculados subtraindo a quantidade de lâmpadas de vapor de sódio e vapor de mercúrio informados pelo estudo da Grant Thornton das quantidades obtidas na COMEX STAT com a NCM 85393200. Quanto aos dados de lâmpadas de raios ultravioleta, foram utilizados os dados da NCM 85394900 em que são contabilizadas também lâmpadas de infravermelho. Como a quantidade destes dois tipos de lâmpadas é pouco significativa e não existem dados mais acurados, optou-se por considerá-la como sendo toda de lâmpadas ultravioleta. As lâmpadas mistas, por serem lâmpadas comercializadas no Brasil e que possuem conteúdo de mercúrio foram também consideradas e seus dados foram obtidos do estudo da Grant Thornton (2011). A composição da taxa de atividade total está ilustrada na Figura 15, para melhor entendimento, explicando os componentes utilizados.

Figura 15. Composição da taxa de atividade para lâmpadas conforme quantidade de lâmpadas por tipo.



Notas: ¹ Grant Thornton (2011). ² Consumo aparente das lâmpadas da NCM 85394900 (476.127 unidades). ³ Consumo aparente das lâmpadas da NCM 85393200 (8.364.715 lâmpadas) menos a quantidade de lâmpadas de vapor de sódio (5,8 milhões) e de vapor de mercúrio (1,4 milhões) obtidos de Grant Thornton (2011).

8.17.2. Determinação do fator de entrada

O fator de entrada para as lâmpadas com mercúrio representa a quantidade utilizada de mercúrio por unidade de lâmpada. Os dados nacionais obtidos estão próximos ao que é indicado pelo *Toolkit 2015*, com exceção do fator de entrada para lâmpadas de luz UV para bronzamento, para o qual não foi encontrado valor de referência na literatura. Para as lâmpadas mistas, o fator de entrada utilizado foi obtido de documento da ABILUMI.

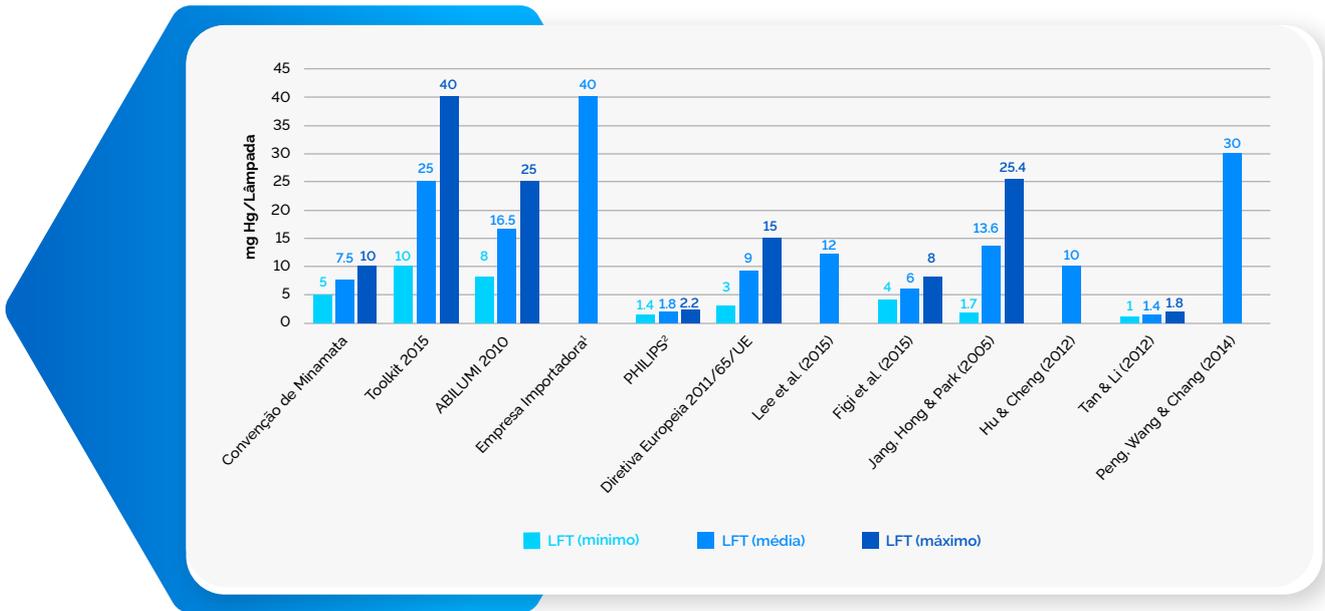
Segundo o *Toolkit 2015*, a faixa de mercúrio em LFT é de 10 mg a 40 mg por unidade; para LFC de 5 mg a 15 mg de mercúrio; para lâmpadas de vapor de mercúrio a faixa é de 13 mg a 80 mg de mercúrio; para lâmpadas de vapor de sódio a faixa é de 15 mg a 30 mg de mercúrio; para lâmpadas de UV para bronzamento é de 5 mg a 25 mg; e, para lâmpadas de haleto metálico 25 mg.

De acordo com ABILUMI (2010), a faixa de mercúrio em LFT é de 8 mg a 25 mg por unidade; para LFC de 3 mg a 10 mg de mercúrio; para lâmpadas de vapor de mercúrio a faixa é de 13 mg a 80 mg de mercúrio; para lâmpadas de vapor de sódio a faixa é de 15 mg a 30 mg de mercúrio; para lâmpadas de haleto metálico é de 10 mg a 170 mg de mercúrio; para lâmpadas mistas é de 11 mg a 45 mg de mercúrio. Não há informação da ABILUMI para lâmpadas de UV para bronzamento⁵³.

A fim de avaliar os dados indicados pela ABILUMI, estes foram comparados com o resultado da pesquisa bibliográfica e documental, na qual foram encontrados estudos avaliando o conteúdo de mercúrio nos diferentes tipos de lâmpadas. Os dados são apresentados nas Figuras 16, 17, 18, 19 e 20, apontando o conteúdo mínimo, médio e máximo de mercúrio indicado pelas fontes. Essa faixa de variação se dá pela potência ou tamanho da lâmpada, ou seja, lâmpadas mais potentes e maiores, em geral, apresentam maior conteúdo de mercúrio. Juntamente com estes dados, é comparado o limite estabelecido pela Diretiva Europeia e pela Convenção de Minamata sobre Mercúrio.

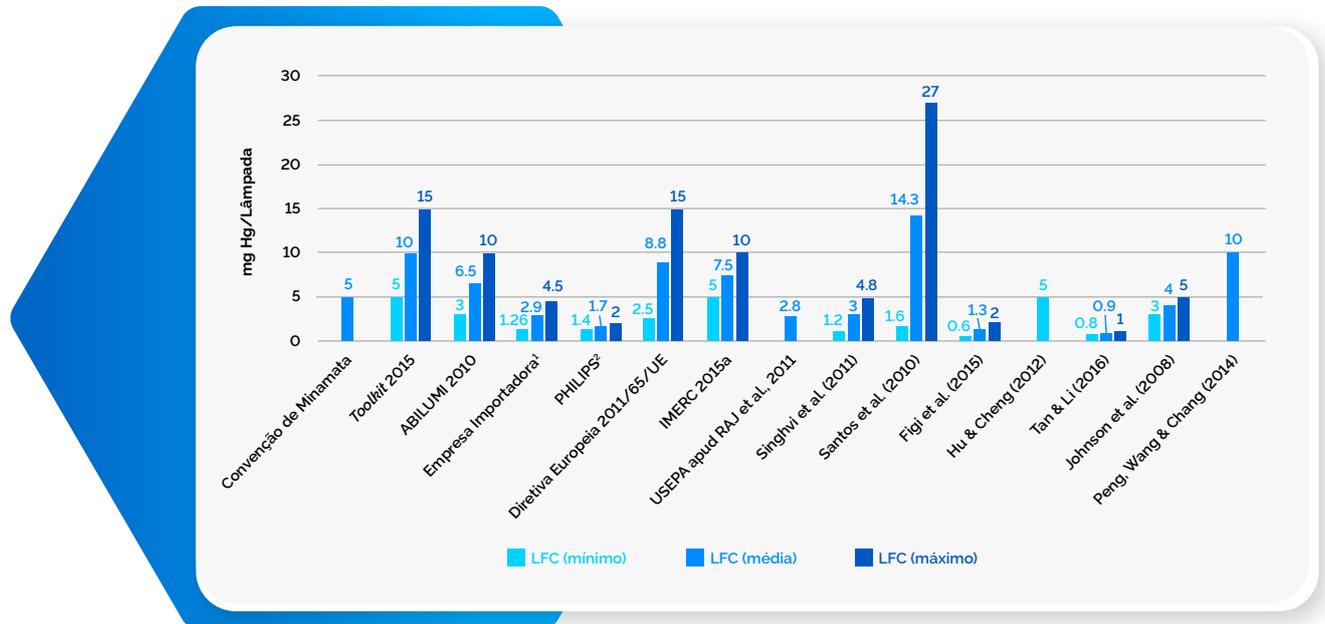
⁵³ Verificou-se que este tipo de lâmpada comercializada no Brasil contém mercúrio (<http://www.lampadas.net/lampadas-uv-a-actinicas/lampada-uv-a-350nm-8w->).

Figura 16 Conteúdo de mercúrio em lâmpadas fluorescentes tubulares (LFT).



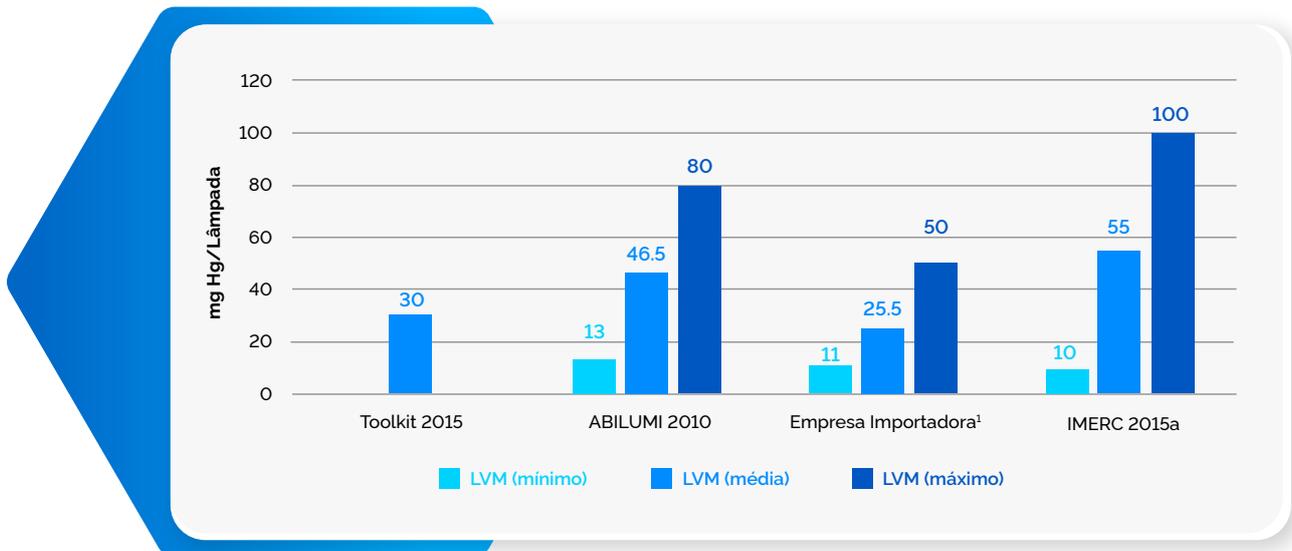
http://www.lighting.philips.com.br/prof/lampadas-e-tubos-convencionais#pfilepath=0-EPO1_GR

Figura 17. Conteúdo de mercúrio em lâmpadas fluorescentes compactas (LFC).



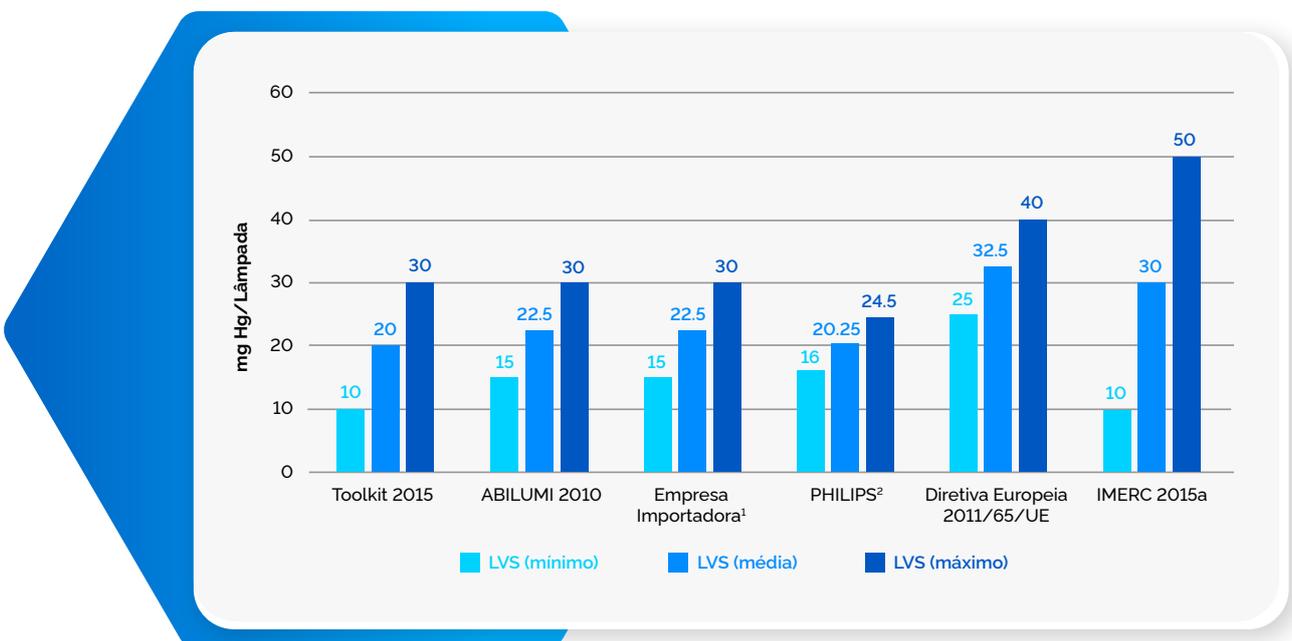
Notas: ¹ Dados de importadora brasileira. ² Manuais técnicos de lâmpadas comercializadas por empresa de origem holandesa (http://www.lighting.philips.com.br/prof/lampadas-e-tubos-convencionais#pfilepath=0-EPO1_GR).

Figura 18. Conteúdo de mercúrio em lâmpadas de vapor de mercúrio (LVM).



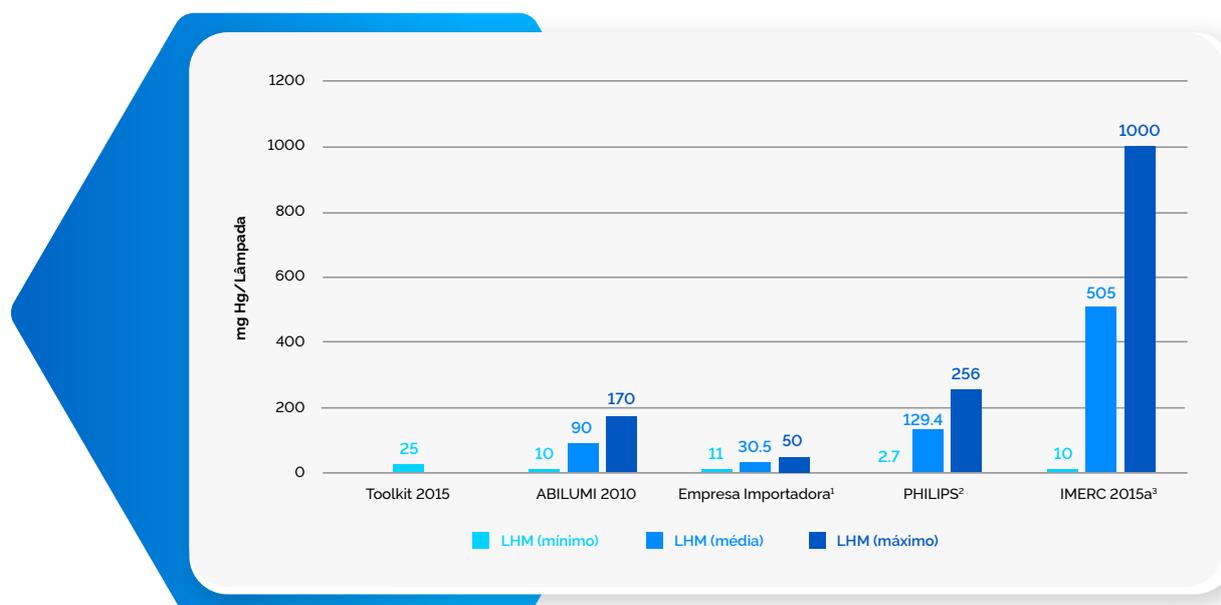
Nota: ¹ Dados de importadora brasileira.

Figura 19. Conteúdo de mercúrio em lâmpadas de vapor de mercúrio sólido (LVS).



Notas: ¹ Dados de importadora brasileira. ² Manuais técnicos de lâmpadas comercializadas por empresa de origem holandesa (http://www.lighting.philips.com.br/prof/lampadas-e-tubos-convencionais#pffpath=0-EP01_GR).

Figura 20. Conteúdo de mercúrio em lâmpadas de haletó metálico (LHM).



Notas: ¹ Dados de importadora brasileira. ² Manuais técnicos de lâmpadas comercializadas por empresa de origem holandesa (http://www.lighting.philips.com.br/prof/lampadas-e-tubos-convencionais#pfpath=0-EPO1_GR). ³ Os dados de conteúdo de mercúrio obtidos no IMERC apresentam valores bem elevados devido as lâmpadas serem usadas para fins específicos como, por exemplo, iluminação de estádios esportivos que possibilitam transmissão televisiva. Essas lâmpadas podem utilizar 1.000mg de Hg por unidade (IMERC, 2015a).

O conteúdo de mercúrio nos diferentes tipos de lâmpadas varia a depender do país de origem e da empresa fabricante. Como pode ser observado na Figura 16 e Figura 20, as variações do conteúdo de mercúrio são significativas, sendo observadas lâmpadas com um conteúdo mínimo bem abaixo do que outras do mesmo tipo, sobretudo nas LFC e LFT que são amplamente analisadas por serem as mais utilizadas em ambientes domésticos e de trabalho. Essa variação provavelmente ocorra em função de restrições legais que impõem limites, como a Diretiva Europeia 2011/65, ou mesmo pelo avanço de tecnologias, que proporcionam maior eficiência das lâmpadas com menor conteúdo de mercúrio.

Em relação aos dados da ABILUMI, observa-se que estes normalmente se situam dentro dos limites mínimos e máximos de conteúdo informado por outras fontes de dados, seja da literatura ou das empresas que comercializam esses produtos. A comparação com dados da associação nacional com outras fontes é importante de ser feita uma vez que no Brasil não existe produção de lâmpadas com mercúrio, sendo, portanto, produtos importados.

Diante do apresentado se considerou que os dados da ABILUMI são mais adequados para serem utilizados neste inventário, pois são de informação local e representam

valores intermediários de conteúdo de mercúrio nos diferentes tipos de lâmpadas, em relação ao conjunto de dados obtidos.

Com os fatores de entrada e as taxas de atividade utilizados, resultou em entrada de mercúrio de 1.284 a 4.254 kg/ano, em 2016.

8.17.3. Determinação dos fatores de saída

O *Toolkit* 2015 apresenta as seguintes opções de fatores de saída:

- **Opção 1:** indicada para países em que a coleta seletiva de lâmpadas de mercúrio é inexistente ou muito limitada. A totalidade ou a maioria dos resíduos são coletados e manuseados de forma controlada pelo setor público. Os fatores de distribuição são: de 0,05 (5%) para o ar e 0,95 (95%) para resíduos gerais.
- **Opção 2:** indicada para países que não apresentam coleta seletiva de lâmpadas. A coleta de resíduos é inexistente ou informal e o manuseio informal de resíduos gerais ocorre de maneira generalizada. Os fatores de distribuição nesta opção são: 0,3 (30%) para o ar, 0,3 (30%) para o solo e 0,4 (40%) para resíduos gerais.
- **Opção 3:** indicada para países que apresentam altas taxas de coleta seletiva de lâmpadas. Todos ou quase todos os resíduos gerais são coletados e manuseados de maneira controlada pelo setor público. Os fatores de distribuição nesta opção são: 0,05 (5%) para o ar, 0,8 (80%) para resíduos gerais e 0,15 (15%) para destinação e/ou tratamento específico.

A opção 1 foi a selecionada para a condição do Brasil, tendo como base as informações já obtidas sobre o contexto nacional de coleta e disposição de resíduos sólidos.

Para este enquadramento, a taxa de coleta seletiva de lâmpadas no Brasil, que é de 6%, conforme Bacila, Fischer e Kolicheski (2014), foi considerada muito limitada.

Considerando as taxas de atividades mencionadas, os fatores de entrada do *Toolkit* 2015 e a opção 1 para determinação dos fatores de distribuição de saída, obteve-se a estimativa mínima e máxima de emissões e liberações de mercúrio para o ano de 2016, para uso e descarte de lâmpadas com mercúrio, que é apresentada a seguir.

- Emissão para o ar: 64 a 213 kg Hg/ano;
- Liberação para resíduos gerais: 1.219 a 4.042 kg Hg/ano.

8.17.4. Resumo das entradas e resultados

A taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída, bem como as emissões e liberações calculadas estão apresentados na Tabela 35.

Tabela 35. Taxa de atividade, fator de entrada, fatores de saída e emissões e liberações de mercúrio calculadas para uso e destinação final de lâmpadas com mercúrio. (Ano base: 2016)

Parâmetro	Valor
Taxa de atividade (lâmpadas/ano)	260.140.841*
Lâmpadas fluorescentes tubulares	80.000.000
Lâmpadas fluorescentes compactas	170.000.000
Lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão	1.400.000
Lâmpadas de sódio de alta pressão	5.800.000
Lâmpadas de haleto metálico	1.164.715
Lâmpadas ultravioleta	476.127
Lâmpadas mistas	1.300.000
Fator de entrada (mg de Hg/lâmpada)	3 – 80
Lâmpadas fluorescentes tubulares	8 – 25**
Lâmpadas fluorescentes compactas	3 – 10**
Lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão	13 – 80**
Lâmpadas de sódio de alta pressão	15 – 30**
Lâmpadas de haleto metálico	10 – 170**
Lâmpadas ultravioleta	5 – 25***
Lâmpadas mistas	11 – 45**
Total de entrada (kg Hg/ano)	1.284 – 4.254
Lâmpadas fluorescentes tubulares	640 – 2.000
Lâmpadas fluorescentes compactas	510 – 1.700
Lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão	18 – 112
Lâmpadas de sódio de alta pressão	87 – 174
Lâmpadas de haleto metálico	12 – 198
Lâmpadas ultravioleta	2 – 12

Lâmpadas mistas	14 - 59
Fatores de distribuição de saída - fatores-padrão do Toolkit (sem unidade)***	
Ar	0,05
Água	0,0
Solo	0,0
Produtos	0,0
Resíduos em geral	0,95
Destinação e/ou tratamento específico	0,0
Saídas: emissões e liberações (kg Hg/ano)	
Ar	64,2 - 212,7
Água	0
Solo	0
Produtos	0
Resíduos em geral	1.219,4 - 4.041,7
Destinação e/ou tratamento específico	0
Total (kg Hg/ano)	1.284 - 4.254

Nota: ¹ Grant Thornton (2011); ² Associação Brasileira dos Importadores e Fabricantes de Produtos de Iluminação - ABILUMI (2010); ³ Toolkit (2015).

8.18. PILHAS E BATERIAIS COM MERCÚRIO

A Convenção de Minamata sobre Mercúrio, artigo 4, Anexo A, parte I, lista as pilhas e baterias com conteúdo de mercúrio como um dos tipos de produtos a serem banidos quanto à manufatura, importação ou exportação, a partir do ano de 2020. A medida é válida para todos os tipos de pilhas e baterias, com exceção das pilhas-botão de óxido e de prata-zinco e de zinco-ar que contenham menos que 2% do peso total em mercúrio. As pilhas e baterias consideradas neste inventário e abordadas no Toolkit 2015 são de: óxido de mercúrio (todos tamanhos), zinco-ar tipo botão, óxido de prata tipo botão e as alcalinas de todos os tamanhos.

Pilhas e baterias são termos distintos. Em linhas gerais, o termo "pilha" se refere a um dispositivo constituído unicamente de dois eletrodos e um eletrólito, arranjados de maneira a produzir energia elétrica, enquanto o termo "bateria" se refere a um conjunto de pilhas agrupadas em série ou paralelo (BOCCHI et al., 2000).

As pilhas e baterias podem ser separadas em dois grupos: secas e úmidas. Estão enquadradas no grupo "úmidas" as baterias que, conforme Tarantola (2012), "... usam um eletrólito líquido para transportar os íons... Mesmo tendo sido substituídos por baterias secas na maior parte dos casos, células úmidas ainda são empregadas como, por exemplo, em baterias de carros".

Já as pilhas e baterias do tipo "secas" são aquelas que possuem "dois eletrodos, o de zinco (ânodo) e o de grafite (cátodo), em uma solução eletrolítica composta por cloreto de zinco ($ZnCl_2$), dióxido de manganês (MnO_2) e cloreto de amônio (NH_4Cl)", de acordo com Conte (2016).

As baterias chumbo-ácido são utilizadas em automóveis e são as baterias úmidas mais comuns. As pilhas e baterias de uso doméstico são do tipo secas. Nelas o eletrólito encontra-se na forma de pasta, gel ou outra matriz sólida. (WOLFF; CONCEIÇÃO, 2001). Entre as pilhas secas existe uma subdivisão: as primárias e secundárias. As primárias são aquelas que não podem ser recarregadas como, por exemplo, as pilhas alcalinas. As secundárias são as que podem ser recarregadas como, por exemplo, as baterias utilizadas em veículos automotores e smartphones (BOCCHI et al., 2000).

As pilhas com mercúrio adicionado são do tipo primárias e o uso do metal pode ser como eletrodo ou mesmo com a finalidade de reduzir reações indesejáveis e assim aumentar seu desempenho. De acordo com Reidler e Günther (2003), a adição de mercúrio nas pilhas e baterias tem como finalidade evitar a entrada de ar e, conseqüentemente, evitar explosão do objeto.

Dados e informações da produção, importação e exportação de pilhas e baterias com adição de mercúrio foram solicitados à ABINEE e ao MDIC. A ABINEE repassou a solicitação para os seus associados, mas apenas dois responderam⁵⁴. O MDIC forneceu os dados disponíveis de importação e exportação.

Outra fonte de dados foi o contato direto com as empresas que fabricam e comercializam pilhas e baterias. Foram localizadas 21 empresas das quais 8 informaram que não produzem pilhas e baterias contendo mercúrio. Duas dessas empresas informaram que não adicionam mercúrio nos produtos desde o início da década de 1990; outras duas informaram que pararam de utilizar o mercúrio no início da década de 2010; as outras quatro empresas não especificaram a data.

⁵⁴ Os dados informados por uma das empresas associadas à ABINEE são de pilhas zinco-ar e alcalinas que apresentam quantidades muito pequenas, muito provavelmente advindos de contaminação do produto e não de adição intencional do metal. A outra empresa apresentou dados de cada tipo de pilha comercializada, sendo todos os tipos de pilhas e baterias sem adição de mercúrio.

Em relação às demais empresas, não foi possível contatar via telefone e por isso foi feita a solicitação de dados e informações a cada uma, via ofício.

Apesar de algumas empresas informarem que baniram o uso do mercúrio há anos, existem registros de algumas dessas empresas (com sede nos EUA) que, em anos recentes, informaram ainda utilizar mercúrio na produção de pilhas e baterias. Todavia, vale ressaltar que a informação dada por uma destas empresas é compatível com as informações da IMERC, que ressalta que algumas empresas estadunidenses se comprometeram a banir o uso do mercúrio em pilhas e baterias a partir de 2011. (IMERC, 2014b).

Além da solicitação de dados aos fabricantes e à ABINEE, foi feita a busca de informações na literatura especializada e nas bases de dados Scielo, Google Acadêmico, Web of Science, Science Direct e na Internet, com o uso da ferramenta de busca do Google. Alguns dados e informações estão sintetizados a seguir.

Conforme Booe (1952), as pilhas e baterias de óxido de mercúrio foram desenvolvidas no fim do século XIX, mas a produção massificada ocorreu na II Guerra Mundial, por conta deste tipo de produto suportar condições adversas de uso e operar por longos períodos de tempo e, portanto, serem adequadas para uso militar. No fim da guerra a produção deste tipo de bateria era da ordem de 1 milhão de unidades por dia. No entanto, o autor destaca que, após o término da II Guerra Mundial, as baterias de óxido de mercúrio foram adaptadas para aplicações civis como, por exemplo, em relógios, aparelhos auditivos, etc.

De acordo com Zavariz (2004), "em indústrias de pilhas, o mercúrio era usado para produzir aquelas do tipo alcalinas. Atualmente, sua produção utiliza um produto substituto do mercúrio.". Esta informação é coerente com a obtida junto às empresas fabricantes ou importadoras de pilhas e baterias contatadas.

A restrição quanto ao uso de mercúrio nas pilhas e baterias se deve a leis ambientais de diversos países, que tem regulado a presença do mercúrio e outros metais pesados em produtos. Na década de 1980, as fabricantes de pilhas e baterias começaram a ser pressionadas por segmentos da sociedade para banir o uso do mercúrio. Nessa época, cerca de 4 a 8% do peso total das pilhas alcalinas era de mercúrio (HWANG et al., 1995). Nos EUA, desde 1996, a "Lei de Gerenciamento de Baterias com Mercúrio" impôs limitação na quantidade de mercúrio presente em pilhas e baterias alcalinas e zinco-carbono. As pilhas do tipo botão, de óxido de mercúrio, foram proibidas de serem fabricadas, sendo permitido o comércio apenas com a obtenção de licenças junto

aos órgãos governamentais. As licenças são emitidas somente quando o importador ou fabricante identifica os compradores e os locais que irão coletar as baterias de óxido de mercúrio ao fim de sua vida útil para efetuar a gestão adequada do resíduo (USA, 1996). De acordo com a IMERC, nos EUA, as baterias de óxido de mercúrio são comercializadas apenas para algumas finalidades, como militar, médica e para equipamentos industriais (2015a).

Os países integrantes da União Europeia (EU) estão sujeitos à Diretiva 56, desde 2013 que, restringiu a presença de mercúrio em pilhas e baterias. De acordo com a Diretiva 56 fica proibida "a colocação no mercado de todas as pilhas ou acumuladores, incorporados ou não em aparelhos, que contenham teor de mercúrio superior a 0,0005%. No entanto, as pilhas tipo botão com um teor de mercúrio não superior a 2% ficam isentas dessa proibição." (EU, 2013).

Ainda que não seja mais comum a adição do mercúrio em muitos tipos de pilhas e baterias, alguns modelos ainda contém mercúrio. Os tipos de pilhas que mais utilizam o mercúrio são as de zinco-ar, as de óxido de prata e as alcalinas de dióxido de manganês em formato de botão, que são utilizadas em aparelhos auditivos, calculadoras, controles remotos, brinquedos e equipamentos fotográficos (RICHTER et al., 2008; IMERC, 2015b). Estes tipos de pilhas começaram a ter modelos alternativos sem a presença de mercúrio, em anos recentes. No mercado já existem empresas que fornecem este tipo de pilha sem mercúrio para aparelhos auditivos, pelo menos desde 2015, substituindo-as por pilhas zinco-ar sem mercúrio⁵⁵.

Atualmente, também são oferecidas pilhas tipo botão de óxido de prata, sem mercúrio⁵⁶ (ASARI et al., 2008) que utilizam índio ou sais de índio como substitutos do mercúrio (RICHTER et al., 2008). A própria Diretiva 56 de 2013 da UE menciona que "o mercado das pilhas tipo botão da UE já está a orientar-se para as pilhas tipo botão sem mercúrio", e que futuramente "será adequado proibir a comercialização de pilhas tipo botão com um teor ponderal de mercúrio superior a 0,0005%" (UE, 2013). Nos EUA também se observa uma diminuição no uso do mercúrio em pilhas e baterias. De acordo com a IMERC, no ano de 2001 empresas dos 13 estados-membro reportaram que contabilizaram 2,79 t de mercúrio nas pilhas e baterias nos EUA, enquanto que, em 2013, este valor caiu para 0,6 t. A diminuição no período foi de 78% (IMERC, 2015b).

Entretanto, ainda que fabricantes de pilhas e baterias comuniquem aos consumidores

⁵⁵ Disponível em: <https://www.varta-microbattery.com/power-one-features-wireless-approved-mercury-free-zinc-air-batteries-and-the-new-power-one-app/>. Acesso em: 14 ago. 2018.

⁵⁶ Disponível em: <https://www.duracell.pt/product/pilhas-tipo-botao-de-oxido-de-prata-357303/>. Acesso em: 14 ago. 2018.

que os produtos são livres de mercúrio, estudos avaliando a composição de pilhas alcalinas e de zinco-ar identificaram pequenas quantidades de mercúrio (e outros metais pesados). Almeida et al. (2006) identificaram pilhas alcalinas com 0,004 mg de mercúrio. Segundo estes autores, ainda que o progresso na eliminação de alguns metais pesados das pilhas e baterias seja um fato notório, quantidades residuais desses metais ainda podem ser detectados nos produtos. Richter et al. (2008) avaliaram 18 modelos de pilhas de zinco-ar de diferentes fabricantes, sendo que, 2 modelos de pilhas que eram declaradas como sendo livres de mercúrio apresentaram níveis deste metal mais elevados, ultrapassando inclusive o permitido pela Diretiva da UE (20g de Hg/kg de pilha).

8.18.1. Determinação da taxa de atividade

Visando a obtenção de dados de taxa de atividade para cálculo de emissões e liberações de mercúrio referentes ao uso de pilhas e baterias com mercúrio, foram utilizados dados de consumo aparente, baseado nos dados disponibilizados pela plataforma do MDIC, a COMEX STAT, das pilhas e baterias das NCM: 8506301034⁵⁷, 8506309035⁵⁸, 8506401036⁵⁹, 8506409037⁶⁰, 8506601038⁶¹ e 8506609039⁶². Contudo, não há informação sobre o conteúdo do mercúrio nestas pilhas e baterias.

Somente uma empresa forneceu informações, e apenas de importação, que não foram utilizadas, optando-se pelo uso do consumo aparente calculado com base nos dados do MDIC.

Os dados de importação, exportação e de consumo aparente estão apresentados nas tabelas a seguir, respectivamente:

⁵⁷ DA NCM 85063010 se refere as "Pilhas e baterias, de óxido de mercúrio, com volume exterior não superior a 300 cm³"

⁵⁸ A NCM 85063090 se refere as "Outras pilhas e baterias de pilhas, de óxido de mercúrio".

⁵⁹ A NCM 85064010 se refere as "Pilhas e baterias de pilhas, de óxido de prata, com volume exterior não superior a 300 cm³".

⁶⁰ A NCM 85064090 se refere as "Outras pilhas e baterias de pilhas, de óxido de prata.

⁶¹ A NCM 85066010 se refere as "Pilhas e baterias de pilhas, elétricas, zinco-ar, com volume exterior não superior a 300 cm³".

⁶² A NCM 85066090 se refere as "Outras pilhas e baterias de pilhas, elétricas, zinco-ar".

Tabela 36. Importação de pilhas e baterias conforme plataforma COMEX STAT, em 2014, 2015 e 2016 (em toneladas).

Produto	NCM	Ano de 2014	Ano de 2015	Ano de 2016
Pilhas e baterias de óxido de mercúrio	85063010	0	0	0
Outras Pilhas e baterias de óxido de mercúrio	85063090	0,02	0,509	1,038
Pilhas e baterias de zinco-ar	85066010	102,22	256,37	308,92
Outras pilhas e baterias de zinco-ar	85066090	63,47	87,27	96,41
Pilhas e baterias de óxido de prata	85064010	44,28	30,86	43,28
Outras pilhas e baterias de óxido de prata	85064090	13,08	52,59	15,99

Tabela 37. Exportação de pilhas e baterias conforme plataforma COMEX STAT, em 2014, 2015 e 2016 (em toneladas).

Produto	NCM	Ano de 2014	Ano de 2015	Ano de 2016
Pilhas e baterias de óxido de mercúrio	85063010	0	0	0
Outras pilhas e baterias de óxido de mercúrio	85063090	0	0	0,001
Pilhas e baterias de zinco-ar	85066010	0,021	0,005	0,001
Outras pilhas e baterias de zinco-ar	85066090	0	0	0,002
Pilhas e baterias de óxido de prata	85064010	0	0	0
Outras pilhas e baterias de óxido de prata	85064090	0,056	0	0

Tabela 38. Consumo aparente de pilhas e baterias para os anos 2014, 2015 e 2016 (em toneladas).

Produto	NCM	Ano de 2014	Ano de 2015	Ano de 2016
Pilhas e baterias de óxido de mercúrio	85063010	0	0	0
Outras pilhas e baterias de óxido de mercúrio	85063090	0,02	0,509	1,037
Pilhas e baterias de zinco-ar	85066010	102,199	256,365	308,919
Outras pilhas e baterias de zinco-ar	85066090	63,47	87,27	96,408
Pilhas e baterias de óxido de prata	85064010	44,28	30,86	43,28
Outras pilhas e baterias de óxido de prata	85064090	13,024	52,59	15,99

*Consumo aparente = produção no país + importação – exportação. Adotou-se produção nacional nula.

8.18.2. Determinação do fator de entrada

Os dados de empresas que comercializam em território nacional indicam que alguns tipos de pilhas e baterias já não mais utilizam mercúrio como, por exemplo, as alcalinas AA, AAA, C, D e 9V. Para este caso foi alterado o fator de entrada para zero. No caso das pilhas e baterias de óxido de mercúrio, o fator utilizado foi o do *Toolkit* 2015. Para pilhas e baterias do tipo botão foi adotado o valor do *Toolkit* 2015 como valor mínimo e, para o valor máximo, a quantidade máxima permitida pela legislação vigente no Brasil, a Resolução CONAMA n° 401/08 (BRASIL, 08)⁶³. Assim, são os seguintes os fatores de entrada utilizados:

- Óxido de mercúrio (todos os tamanhos): 320 Kg Hg/t pilha ou bateria;
- Pilhas e baterias tipo botão, de zinco-ar: 12 – 20 Kg Hg/t pilha ou bateria;
- Pilhas e baterias tipo botão, alcalinas: 5 – 20 Kg Hg/t pilha ou bateria;
- Pilhas e baterias tipo botão, de óxido de prata: 4 - 20 Kg Hg/t pilha ou bateria;
- Pilhas e baterias alcalinas – exceto as com formato tipo botão: 0 Kg Hg/t pilha ou bateria.

⁶³ Apesar do valor máximo adotado ter sido o permitido pela legislação vigente, dados de empresas fabricantes estrangeiras, como reportado por fabricantes dos EUA, apontam uma quantidade de mercúrio menor nas pilhas tipo botão, de zinco-ar (3-14 kg de Hg/t) e de óxido de prata (2-10 kg de Hg/t). Nas pilhas alcalinas tipo botão estima-se conterem cerca de 1-9 kg de Hg/t podendo chegar a 15 kg de Hg/t (LOWELL CENTER FOR SUSTAINABLE PRODUCTION, 2004).

8.18.3. Determinação dos fatores de saída

O *Toolkit* 2015 apresenta as seguintes opções de Fatores de Saída:

- **Opção 1:** indicada para países que não apresentam ou apresentam limitada coleta separada de pilhas e baterias, mas que o manuseio de resíduos gerais é totalmente ou quase totalmente controlado, pelo setor público. Nesta opção o fator é 1,0 (100%) para resíduos gerais.
- **Opção 2:** indicada para países que não apresentam ou apresentam limitada coleta separada de pilhas e baterias e ausência ou informalidade na coleta e manuseio de resíduos gerais. Os fatores de distribuição nesta opção são: 0,25 (25%) para o ar; 0,25 (25%) para o solo; 0,5 (50%) para resíduos gerais.
- **Opção 3:** indicada para países que apresentam coleta separada de pilhas e baterias, com altas taxas de coleta, e que possuem manuseio controlado e pelo setor público de praticamente todos resíduos gerais. Os fatores de distribuição nesta opção são: 0,6 (60%) para resíduos gerais e 0,4 (40%) para destinação e/ou tratamento específico.

A opção 1 foi escolhida para o caso do Brasil, uma vez que, apesar de crescer o número de locais de coleta separada dos resíduos de pilhas e baterias de grande parte desses resíduos ainda não entra em um sistema de coleta seletiva, mas a coleta e destinação de resíduos no Brasil é controlada pelo setor público, das municipalidades.

Em relação à reciclagem de pilhas e baterias, Hakime (2007), apud Silva & Rohlfs (2011) salienta que, em 2007, somente 1% das pilhas e baterias descartadas foi reciclado. Entre 2010 e 2015, conforme Mendes et al. (2016), foram coletadas para descarte ambientalmente correto 1.005.430 kg de pilhas e baterias através do Programa ABINEE Recebe Pilhas (PARP). Considerando o valor médio anual de reciclagem de pilhas e baterias de 201.086 kg (MENDES, et al., 2016), esse montante representa entre 2,3 % a 3,4% do total de pilhas comercializadas no período.

8.18.4. Determinação da emissão e liberação de mercúrio

A estimativa de emissão e liberações de mercúrio feita para o uso e descarte de pilhas e baterias com mercúrio, para o ano-base 2016, considerando o consumo aparente, é apresentada a seguir e está detalhada na Tabela 39.

- Liberação para resíduos gerais: 5.433 kg Hg/ano a 9.624 kg Hg/ano

8.18.5. Resumo das entradas e resultados

A taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída, bem como as emissões e liberações calculadas estão apresentados na Tabela 39, para "Uso e Destinação Final", pois não há produção interna.

Tabela 39. Taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída e emissões e liberações de mercúrio (Ano base: 2016).

Parâmetro	Valor
Taxa de atividade (t pilhas e baterias/ano)	466*
Tipo óxido de mercúrio (todos os tamanhos)	1
Pilhas e baterias tipo botão, de zinco-ar	405
Pilhas e baterias tipo botão, de óxido de prata	59
Fator de entrada (kg de Hg/t pilha ou bateria)	4 – 320
Tipo óxido de mercúrio (todos os tamanhos)	320
Pilhas e baterias tipo botão, de zinco-ar	12 - 20
Pilhas e baterias tipo botão, de óxido de prata	4 – 20
Entrada de Hg calculada para a fase (kg Hg/ano)	5.433 – 9.624
Óxido de mercúrio (todos os tamanhos)	332
Pilhas e baterias tipo botão, de zinco-ar	4.864 – 8.107
Pilhas e baterias tipo botão, de óxido de prata	237 – 1.185
Fatores de distribuição de saída - fatores-padrão do Toolkit (sem unidade)**	
Ar	0,0
Água	0,0
Solo	0,0
Produtos	0,0
Resíduos em geral	1,0
Destinação e/ou tratamento específico	0,0
Saídas: emissões e liberações de Hg (kg Hg/ano)	

Ar	0
Água	0
Solo	0
Produtos	0
Resíduos em geral	
Tipo óxido de mercúrio (todos os tamanhos)	332
Pilhas e baterias tipo botão, de zinco-ar	4.864 - 8.107
Pilhas e baterias tipo botão, de óxido de prata	237 - 1.185
Destinação e/ou tratamento específico	0
Total (kg Hg/ano)	5.433 - 9.624

Notas: * COMEX STAT (2018); ** PNUMA, 2015.

8.19. FÁRMACOS PARA USO HUMANO E VETERINÁRIO

O Brasil já se adequou à Convenção de Minamata sobre Mercúrio no que concerne aos antissépticos tópicos e produtos similares para uso humano. Entretanto, em relação ao uso veterinário, não existe norma proibindo o uso de compostos de mercúrio (INSTITUTO AVALIAÇÃO, 2017). Os principais compostos de mercúrio presentes em produtos farmacêuticos são timerosal ($C_9H_9HgNaO_2S$), acetato de fenilmercúrio ($C_8H_8HgO_2$), nitrato fenilmercúrico ($C_6H_5HgNO_3$) e mercurocromo ($C_{20}H_8Br_2HgNa_2O_6$) (PNUMA, 2015).

Para obtenção de dados sobre a produção de fármacos para uso veterinário foram encaminhados ofícios, via MMA, para o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e para o Sindicato da Indústria de Produtos Farmacêuticos no Estado de São Paulo (SINDUSFARMA).

O SINDUSFARMA encaminhou um questionário aos seus associados⁶⁴ visando obter informações sobre os produtos farmacêuticos que contenham compostos de mercúrio em sua formulação. Sete empresas responderam ao questionário, sendo que nenhuma produz ou comercializa produtos farmacêuticos contendo mercúrio em sua formulação.

Além da solicitação de dados aos órgãos que cuidam de setores que possam utilizar

⁶⁴ Não foi informado quantos associados receberam o questionário.

fármacos para uso veterinário com mercúrio em sua composição, foi feita a busca de informações na literatura especializada nas bases de dados Scielo, Web of Science e Science Direct, no Google Acadêmico e com o uso da ferramenta de busca do Google, na Internet. No entanto, não foram encontradas informações a respeito do uso de compostos mercuriais em fármacos para uso veterinário no Brasil.

8.20. DADOS E INVENTÁRIO SOBRE OUTROS USOS INTENCIONAIS EM PRODUTOS E PROCESSO

Esta categoria inclui diversos produtos e processos que têm adição de mercúrio. Entre os produtos dessa categoria estão: (1) restaurações dentárias com amálgama; (2) manômetros e medidores de pressão arterial; (3) produtos químicos e equipamentos de laboratório contendo mercúrio; (4) uso de mercúrio metálico em rituais religiosos e medicina tradicional; e, (5) uso de produtos diversos, uso de mercúrio metálico e outras fontes. No entanto, alguns desses produtos e processos estão excluídos ou não são abordados no artigo 4 e Anexo A da Convenção de Minamata sobre Mercúrio. Os produtos abordados neste inventário foram: (1) restaurações dentárias com amálgama; e, (2) manômetros e medidores de pressão arterial.

Uma breve descrição destes dois tipos de produto, as estratégias de busca de informações adotadas, as informações obtidas, o cálculo de entrada de mercúrio e as liberações e emissões para o meio ambiente são descritos a seguir.

8.21. RESTAURAÇÕES DENTÁRIAS COM AMÁLGAMA

Esta subcategoria se refere a restaurações dentárias que utilizam o mercúrio para a formação da liga metálica, conhecidas como restaurações de amálgama. A Convenção de Minamata sobre Mercúrio, artigo 4, Anexo A, parte II, descreve as medidas que deverão ser tomadas para a redução do uso de restaurações de amálgamas.

A restauração de amálgama é uma liga composta de prata, estanho, cobre, mercúrio e outros metais. Com um peso total de 2 g, a massa restauradora possui como componente principal o mercúrio, que pode variar entre 43 a 54% do peso total da liga, a depender do fabricante da cápsula, ou da proporção utilizada pelo cirurgião-dentista (dentista). A proporção da prata, estanho e cobre fica em torno de 35%, 9% e 6%, respectivamente, sendo que pode haver vestígios de zinco, de acordo com Mondelli (2014). Porém, existem dentistas que utilizam entre 10% a 15% de índio a fim de diminuir a quantidade de mercúrio utilizada. (ATSDR, 1999; PÉCORA, 2003; DE JESUS et al., 2010).

No Brasil, apesar da aplicação e uso de restaurações de amálgama estar diminuindo ao longo dos anos, em muitas localidades ainda são realizadas. De acordo com a pesquisa feita por Lins (2005) que envolveu a coleta de informações com 486 dentistas de todas as regiões do Brasil, em 2004, as restaurações de amálgama eram utilizadas em 56,6% das restaurações realizadas.

A estratégia de busca de informações de dados e informações para o inventário envolveu o contato, via ofício do MMA, com o Ministério da Saúde (MS), ABIMO e o Conselho Federal de Odontologia (CFO). Todavia, dados oficiais a respeito da preparação de restaurações de amálgama, dos anos de 2014, 2015 e 2016, bem como dados históricos de 20 anos, e a quantidade total de mercúrio utilizado para a preparação das restaurações, não estão disponíveis. Posteriormente, foi contatado um grupo de trabalho do MS que vem atuando com o tema, com o intuito de obter informações do uso de restaurações de amálgama no Brasil.

No site do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Minerais (IBAMA) são apresentados dados de importação do mercúrio para o uso odontológico entre os anos de 2009 a 2015⁶⁵. Os dados não apresentam linearidade, mas mesmo em anos em que a importação foi maior⁶⁶, o valor é bem inferior ao estimado no presente trabalho.

Adicionalmente, foi feita extensa busca de informações com profissionais da área da Odontologia assim como a busca de dados e informações na literatura especializada no tema nas bases de dados Scielo, Google Acadêmico, Web of Science e Science Direct e na Internet com o uso da ferramenta de busca do Google.

As informações obtidas na literatura especializada abordam, sobretudo as discussões em torno da utilização ou não de restaurações de amálgama, o impacto no meio ambiente e o impacto na saúde dos trabalhadores da odontologia. Alguns pesquisadores fornecem estimativas da quantidade de dentistas que preparam restaurações de amálgama no Brasil (LINS, 2005) e outros fornecem uma estimativa da quantidade de restaurações preparadas anualmente por dentistas (PÉCORA, 2003; MAZZILLI, 2014). Todavia, dados abrangendo o período todo necessário não estão disponíveis e, nos últimos 20 anos, a proporção de profissionais que utilizam restaurações de amálgama alterou significativamente no território nacional.

Os dados necessários para o preenchimento desta subcategoria são: população do ano de referência, quantidade de dentistas para cada 1.000 habitantes, oferta de mercúrio

⁶⁵ Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/component/content/article?id=732>. Acesso em: 8 out. 2018.

⁶⁶ Consta para 2012 a importação de 2.378 kg de mercúrio para uso odontológico.

para restaurações há 5 anos até 15 anos e a oferta de mercúrio para restaurações há 10 anos até 20 anos. Em casos em que não há dados nacionais, o fator de entrada de mercúrio que o *Toolkit* 2015 sugere é de 0,05 g a 0,2 g, por habitante, sendo que o limite máximo da faixa de variação é o recomendado pelo *Toolkit* 2015 para utilização no inventário.

A entrada de mercúrio, segundo *Toolkit* 2015, é calculada conforme fórmula 1.

Equação 1. Entrada de mercúrio

$$\text{Entrada de Hg (} \frac{\text{kg}}{\text{ano}} \text{)} = \left\{ \left(\frac{0,05 \text{ a } 0,2 \text{ g Hg} \cdot \text{população do ano base}}{1000} \right) \cdot \left(\frac{\text{quantidade de dentistas para cada } 1.000 \text{ hab.}}{0,829190790653228^{45}} \right) \right\} \quad (1)$$

Uma vez que não existem dados disponíveis do setor, comum para esse tipo de informação, mesmo para países mais desenvolvidos, foi feita a estimativa da entrada do mercúrio com base na população atual e também aplicado o mesmo cálculo para estimar a quantidade de mercúrio para o uso e destinação. No caso do uso, o preenchimento requer dados de 5 a 15 anos atrás. Já para a destinação são necessários os dados de 10 a 20 anos atrás.

Nesta subcategoria o fator de saída é dividido em "preparação", "uso" e "destinação". Na preparação do amálgama, o fator de saída visa estimar a quantidade de mercúrio que é liberado para o ambiente no momento da preparação da restauração. O *Toolkit* 2015 sugere o valor de 0,02 (2%) para a água.

O segundo fator de saída visa quantificar a liberação do mercúrio durante o uso das restaurações nas pessoas e destinação final das restaurações de amálgama. São apresentadas as seguintes opções:

- **Opção 1:** indicada para países onde a maioria das clínicas odontológicas têm filtros de amálgama de alta eficiência (taxa de retenção de 95%). Os fatores de distribuição nesta opção são: 0,02 (2%) para a água, 0,06 (6%) ficam nas restaurações, 0,26 (26%) para resíduos gerais e 0,26 (26%) para destinação e/ou tratamento específico.
- **Opção 2:** indicada para países onde apenas filtros odontológicos são usados na maioria das clínicas. Os fatores de distribuição nesta opção são: 0,3 (30%) para a água, 0,08 (8%) para o solo, 0,06 (6%) ficam nas restaurações, 0,08 (8%) para resíduos gerais e 0,08 (8%) para destinação e/ou tratamento específico.

A opção 2 foi a escolhida por se enquadrar melhor ao contexto do Brasil, pois a gestão

de resíduos de amálgama é pouco empregada, além de não existirem filtros de retenção de resíduos de restaurações amálgama nos consultórios do Brasil, de acordo com informações do CFO.

A estimativa de emissões e liberações de mercúrio na preparação, uso e descarte de restaurações de amálgama foi feita com o uso dos dados mostrados na Tabela 40 e os resultados foram os seguintes:

- Emissão para o ar: 172 kg a 686 kg de mercúrio por ano;
- Emissão para a água: 4.922 kg a 19.687 kg de mercúrio por ano;
- Liberação para o solo: 937,39 kg a 3.750 kg de mercúrio por ano;
- Presente nas restaurações da boca: 703 kg a 2.812 kg de mercúrio por ano;
- Liberação para resíduos gerais: 1.967 kg a 7.868 kg de mercúrio por ano;
- Destinação e/ou tratamento específico: 1.967 kg a 7.868 kg de mercúrio por ano.

8.21.1. Resumo das entradas e resultados

As taxas de atividade, fatores de entrada, fatores de distribuição de saída, bem como as emissões e liberações calculadas estão apresentados na Tabela 40.

Tabela 40. Taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída e emissões e liberações de mercúrio calculadas a partir da estimativa da preparação, uso e destinação final de restaurações de amálgama (Ano base: 2016).

Parâmetro	Preparação*	Uso**	Destinação final***	Total
Taxa de atividade (Habitantes)	206.081.432****	186.116.362*****	155.379.0096*****	NA
Fator de entrada padrão (g Hg/hab.)	0,05 - 0,2	0,05 - 0,2	0,05 - 0,2	NA
Correção para: dentistas/1.000 hab.	0,69028	0,9306	1,2632	NA
Total de entrada de Hg (kg)	8.578 - 34.312	10.444 - 41.775	11.836 - 47.343	30.857-123.430
Fatores de distribuição de saída – fatores-padrão do Toolkit 2015 (sem unidade)*****				
Ar	0,02	0,0	0,0	NA
Água	0,14	0,02	0,3	NA
Solo	0,0	0,0	0,08	NA
Produtos	0,0	0,0	0,06	NA

Resíduos em geral	0,12	0,0	0,08	NA
Destinação e/ou tratamento específico	0,12	0,0	0,08	NA
Saídas: emissões e liberações (kg Hg/ano)				
Ar	172 - 686	0	0	172 - 686
Água	1.201 - 4.804	209 - 835	3.551 - 14.203	4.961 - 19.842
Solo	0	0	947 - 3.787	947 - 3.787
Produtos	0	0	710 - 2.841	710 - 2.841
Resíduos em geral	1.029 - 4.117	0	947 - 3.787	1976 - 7.904
Destinação e/ou tratamento específico	1.029 - 4.117	0	947 - 3.787	1976 - 7.904
Total (kg Hg/ano)	3.431 - 13.7258	209 - 835*****	7.102 - 28.405*****	10.742 - 42.965*****

NA: não se aplica. Notas: *, **, *** Baseado nos dados da população e Cirurgiões-Dentistas de 2016, 2004 e 1992 respectivamente. **** População do Brasil em 2016 (disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa_dou.shtm). ***** População do Brasil em 2004 (disponível em: <https://www.populationpyramid.net/pt/brasil/2004/>). ***** População do Brasil em 1992 (disponível em: <https://www.populationpyramid.net/pt/brasil/1992/>). ***** PNUMA, 2015. Os valores não somam 1, conforme explicado a seguir. ***** Os valores totais das emissões e liberações anuais de mercúrio são inferiores aos valores da entrada. A diferença está contabilizada nas restaurações que permanecem na arcada dentária e que será liberada post-mortem em crematórios e cemitérios.

8.22. MANÔMETROS E MEDIDORES DE PRESSÃO ARTERIAL CONTENDO MERCÚRIO

A Convenção de Minamata sobre Mercúrio, artigo 4, Anexo A, parte I, lista os seguintes medidores de pressão contendo de mercúrio, em que a manufatura, importação ou exportação deverão ser banidas, a partir de 2020: barômetros, higrômetros, manômetros e esfigmomanômetros. A medida será válida para os locais onde houver alternativas viáveis livres de mercúrio.

No *Toolkit* 2015 os medidores de pressão contendo mercúrio estão divididos em dois grupos. O primeiro grupo considera os medidores de pressão utilizados na área hospitalar, que são os esfigmomanômetros. O segundo grupo abrange os demais medidores de pressão utilizados em processos industriais e outros fins. Os medidores de pressão considerados no *Toolkit* 2015 são: esfigmomanômetros, manômetros, manômetros de tubo em "U", manômetros para sistemas de ordenha, manômetros e barômetros usados para medir pressão atmosférica, barômetros em geral, manômetros ambientais, válvulas de pressão em unidades de aquecimento urbano e calibres de pressão.

Dados e informações do contexto nacional foram solicitados para o PHS, ABIMAQ e MDIC. A ABIMAQ não respondeu à solicitação de informações.

Dados do contexto nacional não foram possíveis de serem obtidos, porém algumas informações disponibilizadas permitiram verificar o contexto do setor da saúde.

De acordo com o PHS, esfigmomanômetros de coluna de mercúrio não são muito utilizados há anos devido a disponibilidade de outros equipamentos sem mercúrio e à maior facilidade que esses aparelhos apresentam em relação os esfigmomanômetros de coluna de mercúrio. Majoritariamente utilizados em hospitais e unidades de saúde, os esfigmomanômetros de aneroide foram os preferidos para substituir os de coluna de mercúrio por apresentarem confiabilidade na medição da pressão arterial, ausência do metal e menor custo (RIBEIRO, 2011).

Os dados de importação e exportação do período foram obtidos na plataforma COMEX STAT⁶⁷ do MDIC, utilizando-se dos filtros das NCM: 90262010⁶⁸, 90269020⁶⁹, 90269090⁷⁰ e 90189092⁷¹. Entretanto, os dados da plataforma não distinguem os tipos de instrumentos e, por conta disto, o uso dos dados resultaria em um grau elevado de incerteza. Por exemplo, dados da COMEX STAT para aparelhos para medição da pressão arterial (NCM 90189092), registraram importação em 2016, de cerca de 3 milhões de unidades. A inserção deste dado resultaria na entrada de 210 toneladas de mercúrio, considerando que cada esfigmomanômetro possui, aproximadamente, 70 g de mercúrio. Assim, não seria razoável utilizar este dado, pois sabe-se que este tipo de manômetro já não vem sendo mais utilizado.

Uma vez que os dados da COMEX STAT não são possíveis de serem utilizados, alternativamente foram encaminhados ofícios para empresas fabricantes, revendedores ou que comercializam estes instrumentos, cujos contatos foram obtidos na Internet. Porém, nenhuma empresa respondeu às solicitações. Nova tentativa foi feita por meio do contato telefônico com empresas e obteve-se a informação de que, tanto o uso, quanto a fabricação desses equipamentos tem diminuído ao longo dos anos. Algumas empresas que comercializam medidores de pressão com mercúrio estão relacionadas a seguir.

- Empresa A⁷²: oferece em seu site vacuômetros sistema Jumo (Bennert).

⁶⁷ Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/>.

⁶⁸ A NCM 90262010 se refere a "manômetros".

⁶⁹ A NCM 90269020 se refere a "partes e acessórios para manômetros".

⁷⁰ A NCM 90269090 se refere a "partes e acessórios para outros instrumentos e aparelhos de medida/control".

⁷¹ A NCM 90189092 se refere a "aparelhos para medida da pressão arterial".

⁷² Disponível em: http://www.temperuniao.com.br/p_vacuom_sist_jumo_25.htm.

- Empresa B⁷³: oferece em seu site vacuômetros Bennert modelo VCB.
- Empresa C⁷⁴: ainda que contenha em seu portfólio de produtos o vacuômetros Bennert, informou via telefone que há mais de 5 cinco anos foi interrompida a produção de qualquer produto que contenha mercúrio.
- Empresa D⁷⁵: possui em seu portfólio o barômetro de Torricelli e vacuômetros Bennert.
- Empresa E⁷⁶: Esta empresa é provavelmente a única, atualmente, no Brasil, que fabrica os medidores de pressão que utilizam mercúrio.

Apesar do uso, armazenamento e reparo de esfigmomanômetros serem proibidos no estado de São Paulo, pela Lei nº 15.313, de 15 de janeiro de 2014, buscou-se o contato com alguns hospitais a fim de se obter dados e informações a respeito da utilização desses instrumentos em anos recentes. De acordo com o Grupo Hospital Sobam Pitangueiras, esfigmomanômetros com coluna de mercúrio não têm sido utilizados desde 2013. Porém, foi informado que o hospital mantinha um armazenado por não ter opção de destinação adequada. Já o hospital Unimed de Jundiaí informou que não há registro da compra de esfigmomanômetros com coluna de mercúrio, uma vez que são utilizados exclusivamente esfigmomanômetros tipo aneroide. Outros hospitais e grupos foram contatados, mas não responderam às solicitações ou não possuíam estatísticas sobre a questão.

Dadas as dificuldades apontadas, a decisão foi pelo uso da metodologia do *Toolkit* 2015, que contabiliza a entrada de mercúrio em duas etapas no caso de manômetros e medidores de pressão arterial. A primeira é referente aos medidores de pressão utilizados na área médica (esfigmomanômetros); a segunda é para manômetros utilizados em diversas áreas (p. ex., industrial, laboratorial e ambiental).

Para os medidores de pressão utilizados na área médica, não foi possível estimar a taxa de atividade assim como a entrada de mercúrio, pois não há disponibilidade de dados nacionais em nenhuma das fontes pesquisadas e contatadas.

Para os demais medidores de pressão, utilizados em indústrias, laboratórios e para usos ambientais, a quantificação da entrada de mercúrio sugerida pelo *Toolkit* 2015 utiliza a taxa de eletrificação. Os dados necessários para calcular a entrada de mercúrio são: população do ano base, percentual da população com acesso à eletricidade e a

⁷³ Disponível em: <http://www.iope.com.br/imagens/catalogo/catalogo-manometros.pdf>.

⁷⁴ Disponível em: http://www.salvicasagrande.net.br/flip_catalogos/Salvi_Cat_01/files/assets/basic-html/page68.html.

⁷⁵ Disponível em: <http://www.salcas.com.br/barometro-de-torricelli-4711-e-4712-salcas> e <http://www.salcas.com.br/pdf/vacuometro-de-coluna-salcas.pdf>.

⁷⁶ Disponível em: <http://www.incoterm.com.br/ambiente/barometro+de+torricelli+4711+06+0+00+e+4712+06+0+00>

quantidade de mercúrio por habitante por estes produtos, que é estabelecida como 0,005 gramas.

O *Toolkit* 2015 apresenta as seguintes opções de fatores de saída:

- **Opção 1:** indicada para países que não apresentam a coleta separada destes instrumentos, mas que o manuseio de resíduos em geral é controlado. Os fatores de distribuição nesta opção são: 0,1 (10%) para o ar, 0,3 (30%) para a água e 0,6 (60%) para resíduos gerais.
- **Opção 2:** Indicada para países que não apresentam coleta separada destes instrumentos, e manuseio informal amplo dos resíduos em geral. Os fatores de distribuição nesta opção são: 0,2 (20%) para o ar, 0,3 (30%) para a água, 0,2 (20%) para o solo e 0,3 (30%) para resíduos gerais.
- **Opção 3:** Indicada para países que apresentam coleta separada destes instrumentos, com manuseio controlado de resíduos em geral. Os fatores de distribuição nesta opção são: 0,1 (10%) para o ar, 0,3 (30%) para a água, 0,3 (30%) para resíduos gerais e 0,3 (30%) para destinação e/ou tratamento específico.

A opção 1 foi a selecionada para a condição do Brasil, tendo como base as informações já obtidas sobre o contexto nacional de coleta e disposição de resíduos sólidos.

Considerando a taxa de atividade calculada, o fator de entrada do *Toolkit* 2015 e a opção 1 para determinação dos fatores de distribuição de saída, obteve-se a estimativa mínima e máxima de emissões e liberações de mercúrio para o ano de 2016, para uso e descarte de manômetros industriais, laboratoriais e ambientais com mercúrio⁷⁷, que é apresentada a seguir.

- Emissão para o ar: 102,73 kg de mercúrio por ano;
- Emissão para a água: 308,19 kg de mercúrio por ano;
- Liberação para resíduos gerais: 616,39 kg de mercúrio por ano.

8.22.1. Resumo das entradas e resultados

A taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída, bem como as emissões e liberações calculadas estão apresentados na Tabela 41.

⁷⁷ Não foram considerados os manômetros de uso hospitalar devido a indisponibilidade de dados do setor da saúde.

Tabela 41. Taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída e emissões e liberações de mercúrio calculadas para uso e destinação final de manômetros, exceto da área da saúde (Ano base: 2016).

Parâmetro	Valor
Taxa de atividade (número de habitantes)	206.081.432
Fator de entrada g Hg/habitante-ano	0,005
Fator de correção (correspondente à porcentagem da população com acesso à eletricidade, que é de 99,7% no ano-base)	0,997
Total de entrada de Hg (kg/ano)	1.027
Fatores de distribuição de saída – fatores-padrão do Toolkit 2015 (sem unidade)	
Ar	0,1
Água	0,3
Solo	0
Resíduos gerais	0,6
Destinação e/ou tratamento específico	0
Saídas: emissões e liberações de Hg (kg Hg/ano)	
Ar	103
Água	308
Solo	0
Resíduos gerais	616
Destinação e/ou tratamento específico	0
Total (kg Hg/ano)	1.027

8.23. PRODUÇÃO DE MERCÚRIO RECICLADO (PRODUÇÃO SECUNDÁRIA)

Esta subcategoria refere-se ao processo de produção secundária do mercúrio, que ocorre principalmente por meio da recuperação de mercúrio líquido contido em dispositivos e equipamentos ou por meio de processos extrativos, sendo o primeiro o mais comumente encontrado (PNUMA, 2015). O mercúrio recuperado pode retornar ao ciclo de comércio global. Desta forma, esta subcategoria é contemplada pelo artigo 3º da Convenção de Minamata sobre Mercúrio, que trata de fontes de oferta de mercúrio e comércio, considerando os usos permitidos pelo tratado. Além disso, os

procedimentos de recuperação, reciclagem e regeneração de mercúrio também estão previstos no artigo 11, que trata sobre as formas de gestão de rejeitos de mercúrio.

A recuperação de mercúrio envolve o processo de destilação em retortas. As emissões de mercúrio podem variar significativamente de um processo para outro, sendo, portanto, importante a obtenção de dados por fonte.

Os demais equipamentos e resíduos coletados e/ou recebidos pela empresa passam pelas seguintes etapas: i) inspeção para verificação de intercorrências e classificação por tipo de resíduo; ii) desembalagem, ruptura e/ou desmanche; iii) desmercurização térmica e destilação iv) controle de emissões.

8.24. DADOS E INVENTÁRIO SOBRE A INCINERAÇÃO E QUEIMA DE RESÍDUOS

A Convenção de Minamata sobre Mercúrio, artigo 8, Anexo D, lista a incineração como fonte para controle e, quando viável, a redução de emissões de mercúrio e compostos de mercúrio na atmosfera. Nesta categoria, foram consideradas quatro subcategorias: incineração de resíduos sólidos urbanos (RSU), incineração de resíduos perigosos, incineração de resíduos de serviço de saúde (RSS) e incineração de lodo de estação de tratamento de efluentes líquidos. Para todas estas subcategorias é recomendada a abordagem por fonte pontual.

Para obtenção de dados específicos de cada unidade de incineração, adotou-se como estratégia a solicitação de informações aos OEMAs e à Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes (ABETRE). Somente os OEMAs responderam mas a informação não foi suficiente. Deste modo, optou-se pela obtenção de informações diretamente às empresas de incineração, por meio de ofício do MMA.

Para identificação das empresas, foram utilizados dados apresentados por alguns OEMAs, bem como os disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS, 2018) e em estudos anteriores (ABETRE, 2013; BRASIL/MMA, 2013). Por meio desta estratégia, foram obtidas 51 unidades de incineração, sendo a maioria de RSS e resíduos industriais. Adicionalmente, foram solicitadas informações sobre incineração às empresas que operam aterros classe I, uma vez que parte destas empresas podem também operar unidades de incineração ainda não identificadas. Apesar desta estratégia, não foi possível apresentar os dados por unidade de incineração; desta forma, as emissões e liberações de mercúrio referentes

à incineração de resíduos sólidos no Brasil serão apresentados por meio de abordagem geral. Em relação ao conteúdo de mercúrio no resíduo, nenhum dado nacional foi apresentado, para qualquer tipo de resíduo.

8.25. INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), os RSU englobam os resíduos domiciliares, originários de atividades domésticas, e ou resíduos de limpeza urbana, originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), nos anos de 2014, 2015 e 2016 foram gerados no Brasil aproximadamente 215.297 t/dia, 218.874 t/dia e 214.405 t/dia de RSU, respectivamente. Observa-se, nestes últimos três anos, uma pequena variação da geração de RSU. De 2014 para 2015 houve aumento de 1,7%, já de 2015 para 2016 houve decréscimo de 2%, apesar do aumento populacional de 0,8% no mesmo período (ABRELPE, sda; sdb; sdc). Nestes estudos, não há registro do uso da incineração para este tipo de resíduo no Brasil.

De fato, no Brasil a incineração de RSU não é um processo muito utilizado. Em 2008, apenas 34 municípios reportaram possuir unidades de incineração de RSU à Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do IBGE, representando menos de 0,04% dos RSU gerados (IBGE, 2010). Dados mais recentes, obtidos pelo SNIS, confirmam a baixa utilização do processo de incineração para estes resíduos. Em 2014 e 2015 menos de 0,02% dos RSU foram encaminhados à incineração, o equivalente a 11.709 toneladas incineradas em 2014 e 16.225 toneladas incineradas em 2015 (SNIS, 2016 e 2017). Em 2016, dezenove municípios (dezenove unidades de incineração), sendo 10 da região Sudeste, reportaram possuir unidades de incineração de RSU, com incineração de 8.302 toneladas de resíduos, o equivalente a 0,012 % do total de RSU processados no ano (SNIS, 2018).

Destaca-se que os dados apresentados no SNIS não mostram diferença clara entre unidades de incineração de RSU e de RSS. Adicionalmente, apenas 65,9 % dos municípios brasileiros participaram do diagnóstico do SNIS, para o ano de 2016, o que, em termos de população urbana, representa 84,0%, o equivalente a 146,3 milhões de habitantes (SNIS, 2018). Apesar destas limitações, para o inventário foram utilizadas estas informações disponíveis no SNIS. O valor apresentado pelo SNIS (8.302 t de RSU) foi extrapolado para 100% da população urbana em 2016, resultando na taxa de

atividade de 9.883 toneladas de RSU incinerados em 2016.

Como fator de entrada, na ausência de dados específicos por fonte, e/ou que representem a realidade brasileira, foi utilizado o fator-padrão recomendado pelo *Toolkit 2015*. O valor recomendado para RSU varia de 1 a 10 g de mercúrio por tonelada de resíduo incinerado. A aplicação destes fatores, utilizando como taxa de atividade 9.883 toneladas, representa taxa anual de entrada de 9,9 a 98,8 kg de mercúrio em 2016. O *Toolkit* recomenda o uso do valor máximo em situações em que a coleta seletiva de materiais contendo mercúrio seja muito pequena no país, e valor mínimo em casos de alta segregação na coleta. Como apresentado na categoria referente aos produtos contendo mercúrio, apesar do Brasil possuir legislação e iniciativas que incentivam a coleta destes materiais, a segregação de produtos contendo mercúrio ainda é baixa. Entretanto, deve-se considerar que a presença destes produtos no mercado brasileiro, em especial de lâmpadas contendo mercúrio, vem reduzindo no país.

Deste modo, as informações disponíveis não permitem uma definição clara em relação ao fator de entrada. Assim, decidiu-se pela utilização dos valores mínimo e máximo constantes do *Toolkit 2015*, o que permitiu obter valores de emissão e liberação de mercúrio para os dois extremos.

Deve-se ressaltar, que se buscou, também, na literatura, e em pesquisa documental, informações sobre o conteúdo de mercúrio nos RSU do Brasil, mas não foram encontrados dados representativos para o país.

Em relação aos tipos de sistema de controle da poluição do ar empregado nos incineradores, o *Toolkit 2015* estabelece quatro níveis para enquadramento:

- Nível 0. nenhum dispositivo de redução de emissões.
- Nível 1. redução de material particulado, por meio do emprego de precipitador eletrostático ou similar.
- Nível 2. controle de gás ácido⁷⁸ e filtro-manga de alta eficiência ou precipitador eletrostático a jusante.
- Nível 3. absorventes/adsorventes específicos de mercúrio e filtro-manga a jusante.

⁷⁸ Controle de gases ácidos incluem: secadores por atomização (spray dryer), sistemas de injeção de material sorvente em dutos, seguidos de filtro-manga ou precipitador eletrostático. Os lavadores em geral (wet scrubbers), muito comuns no Brasil na incineração de resíduos, também foram incluídos neste conjunto face à informação constante do *Toolkit 2015* em relação à eficiência global de remoção de mercúrio (Tabela 5-187, PNUMA 2015).

Não há informação nacional para um perfeito enquadramento. As unidades de incineração no Brasil estão sujeitas à Resolução CONAMA 316, de 29 de outubro de 2002 e, portanto, devem atender ao padrão de emissão de 0,28 mg Hg/Nm³ (base seca, a 7% de oxigênio), bem como ao padrão de outros poluentes. Assim, os incineradores devem adotar tecnologias de controle de poluição do ar.

Para este inventário considerou-se que:

- i. No Brasil a probabilidade de existência de unidades de incineração de RSU que se enquadram no nível 0 é baixa. Caso existam, seriam unidades pontuais e não enquadradas na exigência legal. Desta forma optou-se por não considerar este nível.
- ii. a presença de unidades de incineração de RSU que se enquadram no nível 1 é provável. Este sistema, se ocorrer, deve ser em pequena escala e em incineradores de pequeno porte.
- iii. parte das unidades de incineração no Brasil devem se enquadrar no nível 2 em virtude de exigência legal.
- iv. unidades que se enquadram no nível 3 já existem no Brasil, em especial em unidades de resíduos perigosos, como confirmado em dados encaminhados por alguns OEMAs e por empresas de incineração. Entretanto, para RSU não devem existir unidades que apresentem este nível de tecnologia no Brasil.

Tendo em vista estas considerações, decidiu-se utilizar distribuição igualitária entre níveis 1 e 2. Assim, as 9.883 toneladas de resíduos incineradas em 2016 foram distribuídas da seguinte forma:

- Nível 1: 4.942 t de RSU (50%), equivalente a entrada de 4,9 a 49,4 kg Hg/ano.
- Nível 2: 4.942 t de RSU, (50%), equivalente a entrada de 4,9 a 49,4 kg Hg/ano.

O cenário atual, no qual a incineração de RSU é incipiente no país e os sistemas de tratamento empregados não apresentam tecnologias eficientes para a remoção de mercúrio, tende a ser alterado. Tendo em vista a hierarquia de gestão de resíduos sólidos, na qual o aterro deve ser considerada a última opção, há uma tendência mundial de implantação de unidades de incineração de RSU com recuperação energética (MANNARINO, et al., 2016).

No Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) incentiva novas tecnologias para o tratamento e o aproveitamento dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Há estudos mostrando a viabilidade das unidades de recuperação energética (URE), considerando

as características dos RSU gerados no Brasil, bem como em termos de impactos ambientais (GOMES, et al., 2017; SOARES, et al., 2017). Uma destas unidades deverá ser implantada em Barueri/SP. Segundo informações constantes do parecer técnico da CETESB, que trata da análise da viabilidade ambiental das obras de implantação da URE Barueri, o sistema de tratamento dos gases a ser empregado deverá incluir: sistema seco de neutralização dos gases ácidos com cal hidratada, adsorção dos metais e dos compostos policíclicos aromáticos com carvão ativado, filtragem do material particulado e metais por filtros-manga e redução catalítica não seletiva para abatimento de NOx (CETESB, 2012). Assim, verifica-se que, apesar de se tratar de uma unidade de incineração de RSU, as tecnologias exigidas possuem um alto grau de controle de poluentes, incluindo inclusive tecnologias recomendadas pelo Guia BAT-BEP para abatimento de mercúrio na incineração de resíduos, como carvão ativado (UN Environment, 2016c).

Cada um dos níveis de sistema de controle da poluição do ar apresenta fatores de distribuição de saída distintos. Neste inventário, foram utilizados os valores sugeridos pelo *Toolkit* 2015. Para o nível 1 as perdas de mercúrio para a atmosfera representam 90%, o restante fica retido no tratamento. Já para o nível 2 a emissão e o que é retido no tratamento representam 50% cada um. No nível 3, 10% do mercúrio é emitido para o ar e 90% fica retido no tratamento.

Considerando os fatores de distribuição apresentados, a estimativa de emissões e liberações de mercúrio pela incineração de RSU resultaram, para o ano-base 2016, em:

- Emissão para o ar: 6,92 a 69,18 kg Hg/ano;
- Destinação e/ou tratamento específico: 2,96 a 29,65 kg Hg/ano.

8.25.1. Resumo das entradas e resultados

A taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída, bem como as emissões e liberações calculadas para a incineração de RSU estão apresentadas na Tabela 44.

Tabela 42. Incineração de resíduos sólidos urbanos: valores utilizados e resumo das emissões e liberações estimadas de mercúrio (Ano base: 2016).

Parâmetro	Tratamento Nível 1	Tratamento Nível 2	Total
Taxa de atividade (t/ano)	4.942	4.942	9.883
Fator de entrada			
Fator de entrada (g Hg/t de resíduos)	1-10		NA
Total de entrada de Hg (kg/ano)	5 - 49	5 - 49	10 - 99
Fatores de distribuição de saída - fatores-padrão do Toolkit 2015 (sem unidade)			
Ar	0,9	0,5	NA
Água	0,0	0,0	NA
Solo	0,0	0,0	NA
Produtos	0,0	0,0	NA
Tratamento geral de resíduos	0,0	0,0	NA
Destinação e/ou tratamento específico	0,1	0,5	NA
Saídas: emissões e liberações de Hg (kg Hg/ano)			
Ar	4,4 - 44,5	2,5 - 24,7	6,9 - 69,2
Água	0	0	0
Solo	0	0	0
Produtos	0	0	0
Tratamento geral de resíduos	0	0	0
Destinação e/ou tratamento específico	0,5 - 4,9	2,5 - 24,7	3,0 - 29,6
Total (kg Hg/ano)	5 - 49	5 - 49	10 - 99

NA: Não se aplica.

8.26. INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS PERIGOSOS

Esta subcategoria refere-se aos resíduos que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica (BRASIL, 2010).

Apesar do estabelecimento do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos pela PNRS, dados relativos à geração, tratamento e destinação de resíduos perigosos ainda são escassos no Brasil. Na ausência de dados nacionais consolidados, optou-se por trabalhar somente com os resíduos industriais perigosos.

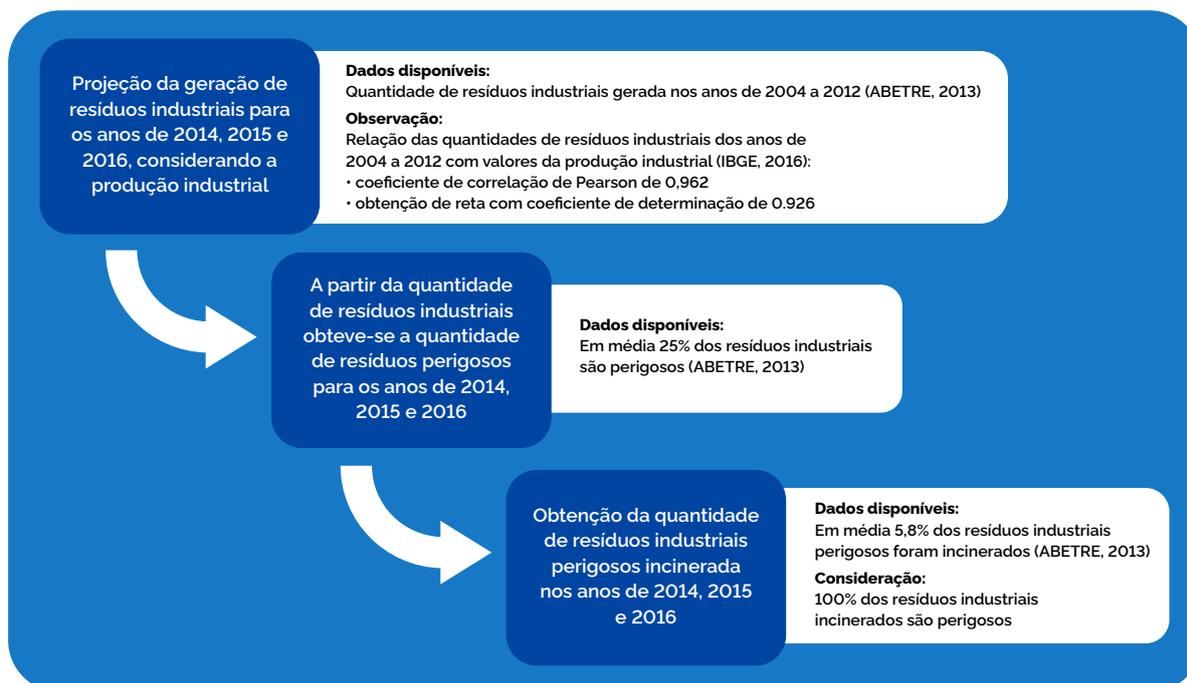
Segundo estudo da ABETRE (2013) sobre o perfil do setor de tratamento de resíduos, os resíduos perigosos industriais equivalem a aproximadamente 25% dos resíduos industriais gerados. O estudo apresenta dados de geração de resíduos industriais para os anos de 2004 a 2012. Dados referentes à quantidade de resíduos industriais processada por tipo de tecnologia de tratamento são apresentados, neste estudo, apenas para os anos de 2004 a 2008. O estudo teve como objeto apenas as empresas privadas especializadas em tratamento de resíduos e não inclui aqueles que têm destinação interna pelos próprios geradores e os destinados a aterros municipais e empresas recicladoras.

Já em estudo desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (PAIXÃO, 2012) o percentual de resíduos perigosos em relação ao total de resíduos industriais varia de acordo com a Unidade da Federação, sendo o valor médio de 3%. O percentual apresentado é significativamente inferior ao apresentado no estudo da ABETRE, entretanto trata-se de metodologia diferente. Este estudo baseou-se em valores de resíduos industriais de 13 Unidades da Federação (UF), sendo os dados extraídos de inventários de resíduos industriais e de estudo da ABETRE de 2003. Desta forma, além de abranger a totalidade dos resíduos industriais, os dados de cada UF são de anos-base diferentes, variando de 2001 a 2010.

De posse destes dois estudos, decidiu-se utilizar os dados apresentados pela ABETRE, uma vez que estes permitem estimar a quantidade de resíduos industriais perigosos incinerados no Brasil, no ano de 2016.

Para obter os dados de 2016, relacionaram-se as quantidades de resíduos industriais dos anos de 2004 a 2012, apresentados no estudo da ABETRE (2013), com valores da produção industrial brasileira (IBGE, 2016) e obteve-se coeficiente de correlação de Pearson de 0,962 e reta com coeficiente de determinação de 0,926. Tendo em vista a alta correlação obtida, projetou-se a geração de resíduos industriais para os anos de 2014, 2015 e 2016, considerando a produção industrial brasileira. Utilizando-se o valor percentual médio de incineração de resíduos industriais apresentados no mesmo estudo da ABETRE e, partindo-se do pressuposto que 100% dos resíduos industriais incinerados são perigosos, obteve-se a quantidade de resíduos perigosos incinerada nos anos de 2014, 2015 e 2016. A metodologia de cálculo está ilustrada na Figura a seguir.

Figura 21. Metodologia utilizada para obtenção dos valores de resíduos industriais perigosos incinerados nos anos de 2014, 2015 e 2016.



A Tabela a seguir apresenta as quantidades de resíduos industriais e resíduos industriais perigosos gerados e de resíduos industriais perigosos incinerados nos anos de 2014, 2015 e 2016.

Tabela 43. Estimativa da quantidade de resíduos industriais e resíduos industriais perigosos gerada e quantidade de resíduos industriais perigosos incinerada, nos anos de 2014, 2015 e 2016.

Ano	Resíduos industriais gerados (toneladas)	Resíduos industriais perigosos gerados (toneladas)	Resíduos industriais perigosos incinerados (toneladas)
2014	12.629.597	3.157.399	182.385
2015	12.762.862	3.190.716	184.310
2016	12.865.643	3.216.411	185.794

Fonte: Valores estimados com base em dados apresentados em estudo da Abetre, 2013.

A quantidade de resíduos industriais perigosos incinerada no ano de 2016 foi utilizada como taxa de atividade para a obtenção de dados de emissões e liberações de mercúrio referentes à incineração de resíduos perigosos no Brasil.

Como fator de entrada, na ausência de dados específicos por fonte e/ou que representem a realidade brasileira, foi utilizado o fator-padrão recomendado para RSS pelo *Toolkit* 2015. Esta alternativa é sugerida pelo *Toolkit* 2015 somente se não for possível obter dados específicos. O valor recomendado pelo *Toolkit* 2015 varia de 8 a 40 g de mercúrio por tonelada de resíduos incinerada. A aplicação destes fatores, utilizando como taxa de atividade 185.794 toneladas, representa uma taxa anual de entrada de 1.486 a 7.432 kg de mercúrio para 2016. O *Toolkit* recomenda o uso do valor máximo em situações em que a coleta seletiva de materiais contendo mercúrio seja muito pequena no país, e valor mínimo em casos de alta segregação na coleta. Assim como feito para RSU, serão utilizados os valores mínimo e o máximo, o que permitirá obter valores de emissão e liberação de mercúrio para os dois extremos.

Com base em informações obtidas junto aos OEMAs e às empresas de incineração de resíduos perigosos e, tendo em vista que as unidades de incineração no Brasil estão sujeitas à Resolução CONAMA 316, de 29 de Outubro de 2002 e, portanto, devem atender ao padrão de emissão de 0,28 mg Hg/Nm³ (base seca, a 7% de oxigênio), bem como ao padrão de outros poluentes, considerou-se que:

- i. no Brasil, a probabilidade de existência de unidades de incineração de resíduos perigosos que se enquadram no nível 0 (nenhum dispositivo de redução de emissões) é praticamente nula. Isto é reforçado pelo fato de que as todas as unidades de incineração que responderam ao ofício encaminhado reportaram possuir sistema de controle de poluentes.
- ii. a presença de unidades de incineração que se enquadram no nível 1 (redução de material particulado, por meio do emprego de precipitador eletrostático ou similar) é mais factível, mas ainda de baixa ocorrência. Nenhuma das unidades de incineração que responderam ao ofício encaminhado reportaram possuir apenas precipitador eletrostático ou tecnologia similar.
- iii. grande parte das unidades de incineração de resíduos perigosos no Brasil, devido à legislação, devem se enquadrar no nível 2 (controle de gás ácido⁷⁹ e filtro-manga de alta eficiência ou precipitador eletrostático a jusante), exceto no estado de São Paulo onde há exigência mais restritiva. Informações disponibilizadas por alguns OEMAs e empresas de incineração, corroboram esta consideração.
- iv. unidades que se enquadram no nível 3 (uso de absorventes ou adsorventes específicos para mercúrio, além de filtro-manga a jusante) já existem no Brasil, em especial para incineração de resíduos perigosos e RSS, conforme informações

⁷⁹ Controle de gases ácidos incluem: secadores por atomização (spray dryer), sistemas de injeção de material sorvente em dutos, seguidos de filtro-manga ou precipitador eletrostático. Os lavadores em geral (wet scrubbers), muito comuns no Brasil na incineração de resíduos, também foram incluídos neste conjunto face à informação constante do *Toolkit* 2015 em relação à eficiência global de remoção de mercúrio (Tabela 5-187, PNUMA 2015).

disponibilizadas por alguns OEMAs e empresas de incineração, mas ainda em menor escala do que unidades que apresentam o sistema de controle de poluição do ar nível 2.

Deve-se destacar que foram identificadas mais de 30 empresas que incineram resíduos perigosos no Brasil, sendo que parte destas não apresenta discriminação quanto ao tipo de resíduo incinerado, recebendo resíduos perigosos e não perigosos provenientes de resíduos industriais e RSS. Ainda, quase a totalidade das empresas possuem sistema de lavagem de gases, o que de acordo com informações apresentadas em PNUMA (2015), às enquadra no nível 2. Das que se enquadram no nível 3, a maioria encontra-se no estado de São Paulo, onde há exigência mais restritiva.

Tendo em vista estas considerações e o fato de que a contribuição aos resíduos industriais perigosos de SP, segundo estudo do IPEA, é da ordem de 14% (PAIXÃO, 2012), aliado à informação obtida de unidades de incineração de outros estados, que possuem tecnologia de tratamento de emissões enquadráveis no nível 3, distribuiu-se as 185.794 toneladas de resíduos industriais perigosos, incineradas em 2016, da seguinte forma:

- Nível 2: 148.635 t, (80%), o equivalente a 1.189 a 5.945 kg Hg/ano.
- Nível 3: 37.159 t, (20%), o equivalente a 297 a 1.486 kg Hg/ano.
-

Cada uma das classes de sistema de controle da poluição do ar apresenta fatores de distribuição distintos. Para o desenvolvimento do inventário foram utilizados os valores sugeridos pelo *Toolkit 2015* e já apresentados na subcategoria referente aos RSU.

Considerando os fatores de distribuição apresentados, a estimativa de emissões e liberações de mercúrio pela incineração de resíduos sólidos industriais perigosos resultaram, para o ano-base 2016, em:

- Emissão para o ar: 624,27 a 3.121,34 kg Hg/ano;
- Destinação e/ou tratamento específico: 862,08 a 4.310,42 kg Hg/ano.

8.26.1. Resumo das entradas e resultados

A taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída, bem como as emissões e liberações calculadas para a incineração de resíduos industriais perigosos estão apresentados na Tabela 46.

Tabela 44. Incineração de resíduos perigosos: valores utilizados e resumos das emissões/liberações estimadas de mercúrio (Ano-Base: 2016).

Parâmetro	Tratamento Nível 2	Tratamento Nível 3	Total
Taxa de atividade (t/ano)	148.635	37.158	185.794
Fator de entrada (g Hg/t de resíduos)	8 - 40		NA
Total de entrada de Hg (kg/ano)	1.189 - 5.945	297 - 1.486	1.486 - 7.432
Fatores de distribuição de saída - fatores-padrão do Toolkit 2015 (sem unidade)			
Ar	0,5	0,1	NA
Água	0,0	0,0	NA
Solo	0,0	0,0	NA
Produtos	0,0	0,0	NA
Resíduos gerais	0,0	0,0	NA
Destinação e/ou tratamento específico	0,5	0,9	NA
Saídas: emissões e liberações de Hg (kg Hg/ano)			
Ar	594,5 - 2.972,7	29,7 - 148,6	624,2 - 3.121,3
Água	0,0	0,0	0,0
Solo	0,0	0,0	0,0
Produtos	0,0	0,0	0,0
Resíduos gerais	0,0	0,0	0,0
Destinação e/ou tratamento específico	594,5 - 2.972,7	267,5 - 1.337,7	862,0 - 4.310,4
Total (kg Hg/ano)	1.189 - 5.945,4	297 - 1.486,3	1.486 - 7.432

NA: Não se aplica.

8.27. INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), RSS refere-se aos resíduos gerados em serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS).

Os geradores de RSS são responsáveis pelo tratamento e destino final de seus

resíduos. Deste modo, grande parte dos municípios apenas coletam e destinam os RSS gerados em unidades públicas de saúde. Segundo a ABRELPE, nos anos de 2014, 2015 e 2016, foram gerados no Brasil aproximadamente, 264.841, 260.063 e 256.238 toneladas de RSS por ano, respectivamente. Observa-se, nestes três anos, uma pequena redução da geração. De 2014 para 2015 houve uma redução de 1,8%, já de 2015 para 2016 de 1,5% (ABRELPE, sda; sdb; sdc). Apesar da redução, o percentual de RSS encaminhado para incineração tem aumentado. A Tabela 47 apresenta o percentual e a quantidade de RSS encaminhada para incineração nos anos de 2014, 2015 e 2016. Estes dados referem-se aos RSS coletados e destinados pelos municípios.

Tabela 45. Resíduos de serviço de saúde coletados e destinados pelos municípios: quantidade total, percentual e quantidade incinerada nos anos 2014, 2015 e 2016.

Ano	RSS Coletados (t)	% de RSS Incinerados	RSS incinerados (t)
2014	264.841	44,5	117.854
2015	260.063	45,7	118.849
2016	256.238	50,2	128.631

Fonte: ABRELPE (sda; sdb; sdc), Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014, 2015 e 2016.

Para o desenvolvimento do inventário, foi utilizado o valor apresentado pela ABRELPE no ano de 2016. Assim, considerou-se como taxa de atividade 128.631 toneladas de RSS incinerados. Como fator de entrada, na ausência de dados específicos por fonte e/ou que representem a realidade brasileira, foi utilizado o fator-padrão recomendado pelo *Toolkit 2015*. O valor recomendado para RSS varia de 8 a 40 g de mercúrio por tonelada de resíduos incinerados. A aplicação destes fatores, utilizando como taxa de atividade 128.631 toneladas, representa uma taxa anual de entrada de 1.029 a 5.145 kg de mercúrio. Contudo, o *Toolkit* recomenda o uso do valor máximo em situações em que a coleta seletiva de materiais contendo mercúrio seja muito pequena no país e, valor mínimo em casos de alta segregação na coleta. Assim, como feito para RSU, para este relatório, serão utilizados o valor mínimo e máximo, o que permitirá obter valores de emissão e liberação de mercúrio para os dois extremos. Deve-se também ressaltar, que buscou-se na literatura e em pesquisa documental informações sobre o conteúdo de mercúrio dos RSS do Brasil, mas não foram encontrados dados representativos para a realidade brasileira.

Em relação ao tipo de sistema de controle da poluição do ar empregado nos incineradores, o *Toolkit 2015* estabelece quatro níveis para enquadramento. Com base

em informações obtidas junto aos OEMAs e às empresas de incineração de resíduos perigosos e, tendo em vista que as unidades de incineração no Brasil estão sujeitas à Resolução CONAMA 316, de 29 de Outubro de 2002 e, portanto, devem atender o padrão de emissão de 0,28 mg Hg/Nm³ (base seca, a 7% de oxigênio), bem como o padrão de outros poluentes, considerou-se que:

- i. no Brasil a probabilidade de existência de unidades de incineração de RSS que se enquadram no nível 0 (nenhum dispositivo de redução de emissões) é mínima. Caso existam, seriam unidades isoladas e não enquadradas na exigência legal. Isto é reforçado pelo fato de que todas as unidades de incineração que responderam ao ofício encaminhado reportaram possuir sistema de controle de poluentes.
- ii. a presença de unidades de incineração que se enquadram no nível 1 (redução de material particulado, por meio do emprego de precipitador eletrostático ou similar) é mais factível, mas ainda de baixa ocorrência. Nenhuma das unidades de incineração que responderam ao ofício encaminhado reportaram possuir apenas este nível de tecnologia.
- iii. grande parte das unidades de incineração de RSS do Brasil devem se enquadrar no nível 2 (controle de gás ácido⁸⁰ e filtro-manga de alta eficiência ou precipitador eletrostático a jusante). Informações disponibilizadas por alguns OEMAs e empresas de incineração, bem como pesquisa em sites de empresas de incineração na Internet, corroboram esta afirmação.
- iv. unidades que se enquadram no nível 3 (uso de absorventes ou adsorventes específicos para mercúrio, além de filtro-manga a jusante) já existem no Brasil, conforme informações disponibilizadas por alguns OEMAs e empresas de incineração, mas ainda em menor escala do que unidades que apresentam o sistema de controle de poluição do ar nível 2.

Tendo em vista estas considerações e as informações obtidas de unidades de incineração e relatório da ABRELPE (sdc), as 128.631 toneladas de resíduos incineradas em 2016 foram distribuídas da seguinte forma:

- Nível 1: 12.863 t de RSS (10%), o equivalente à entrada de 103 a 515 kg Hg/ano.
- Nível 2: 102.905 t de RSS (80%) o equivalente a entrada de 823 a 4.116 kg Hg/ano.
- Nível 3: 12.863 t de RSS (10%), o equivalente à entrada de 103 a 515 kg Hg/ano.

Cada um dos níveis de sistemas de controle da poluição do ar apresenta fatores de

⁸⁰ Controle de gases ácidos incluem: secadores por atomização (spray dryer), sistemas de injeção de material sorvente em dutos, seguidos de filtro-manga ou precipitador eletrostático. Os lavadores em geral (wet scrubbers), muito comuns no Brasil na incineração de resíduos, também foram incluídos neste conjunto face à informação constante do *Toolkit* 2015 em relação à eficiência global de remoção de mercúrio (Tabela 5-187, PNUMA 2015).

distribuição distintos. Para o desenvolvimento deste inventário foram utilizados os valores sugeridos pelo *Toolkit 2015*, os mesmos já apresentados na subcategoria referente aos RSU.

Considerando os fatores de distribuição utilizados, a estimativa de emissões e liberações de mercúrio pela incineração de RSS resultaram, para o ano-base 2016, em:

- Emissão para o ar: 514,53 a 2.572,63 kg Hg/ano;
- Destinação e/ou tratamento específico: 514,53 a 2.572,63 kg Hg/ano.

8.27.1. Resumo das entradas e resultados

A taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída, bem como as emissões e liberações calculadas estão apresentadas na Tabela 48.

Tabela 46. Incineração de resíduos da saúde: valores utilizados e resumos das emissões e liberações estimadas de mercúrio (Ano-Base: 2016).

Incineração de RSU	Tratamento Nível 1	Tratamento Nível 2	Tratamento Nível 3	Total
Taxa de atividade t/ano	12.863	102.905	12.863	128.631
Fator de entrada	8-40 g Hg/t de resíduos incinerados			NA
Total de entrada de Hg (kg/ano)	103 - 515	823 - 4.116	103 - 515	1.029 - 5.145
Fatores de distribuição de saída - fatores-padrão do Toolkit 2015 (sem unidade)				
Ar	0,9	0,5	0,1	NA
Água	0,0	0,0	0,0	NA
Solo	0,0	0,0	0,0	NA
Produtos	0,0	0,0	0,0	NA
Tratamento geral de resíduos	0,0	0,0	0,0	NA
Tratamento de resíduos	0,1	0,5	0,9	NA
Saídas: emissões e liberações de Hg (kg Hg/ano)				
Ar	93 - 463	412 - 2.058	10 - 51	515 - 2.573
Água	0,0	0,0	0,0	0,0
Solo	0,0	0,0	0,0	0,0
Produtos	0,0	0,0	0,0	0,0

Resíduos gerais	0,0	0,0	0,0	0,0
Tratamento específico do setor	10 - 51	412 - 2.058	93 - 463	515 - 2.573
Total (kg Hg/ano)	103 - 515	823 - 4.116	103 - 515	1029 - 5.145

NA: não se aplica

8.28. INCINERAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Em 2008, segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do IBGE (2010), existiam 1.513 municípios com sistema de tratamento de esgoto. A incineração de lodo era praticada por 19 municípios (5 no Ceará, 1 no Espírito Santo, 1 em Minas Gerais, 1 em Pernambuco, 1 no Piauí, 8 no Rio Grande do Norte e 2 em São Paulo). Apesar dessa informação, não há dados quanto à quantidade incinerada.

Além da estratégia já descrita anteriormente para obtenção de informação sobre incineração, no caso específico de incineração de lodo de estação de tratamento de efluentes, informações foram também solicitadas às secretarias de recursos hídricos estaduais e a grandes empresas que detêm a concessão dos serviços públicos de saneamento básico. A taxa de retorno foi baixa, entretanto, foram obtidas informações de dez estados brasileiros, sendo que nenhum indicou a presença de incineração de lodo. Deste modo, acredita-se que a incineração de lodo é insignificante no que tange as emissões e liberações de mercúrio no Brasil, e, para fins de desenvolvimento do Inventário, será considerada inexistente.

8.29. DADOS E INVENTÁRIO DA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS E TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

A Convenção de Minamata sobre Mercúrio, em seu artigo 9º, trata de fontes que liberam mercúrio e compostos de mercúrio no solo e recursos hídricos. No entanto, diferentemente do artigo 8º, que trata de emissões, a Convenção não apresenta uma lista de potenciais fontes de liberações de mercúrio.

Tendo em vista que atualmente inexistente o indicativo claro de tais fontes, cabe aos países elencarem aquelas que serão abordadas em seus inventários, levando em consideração suas características nacionais, recursos disponíveis para elaboração do inventário, informações existentes etc.

Portanto, para fins de desenvolvimento do Inventário de Emissões e Liberações de Mercúrio no Brasil, o MMA optou por contemplar as seguintes subcategorias existentes no *Toolkit*: aterros sanitários/depósitos controlados, descarte informal de resíduos sólidos e sistemas de tratamento/águas residuais. As subcategorias foram escolhidas por apresentarem maior potencial de serem enquadradas como fontes de liberações.

Ressalta-se que a Convenção estabelece que os inventários de emissões e liberações devem ser mantidos atualizados por cada país. Assim, em etapas futuras, novas fontes poderão ser incluídas ou suprimidas do inventário brasileiro.

8.30. ATERROS SANITÁRIOS E DE RESÍDUOS PERIGOSOS

No Brasil, a disposição final de resíduos sólidos no solo é uma prática comumente empregada, seja para resíduos sólidos urbanos ou perigosos. Assim, para fins de desenvolvimento do Inventário foram contemplados estes dois tipos de resíduos. A ABNT classifica os resíduos sólidos em Resíduos Classe I – Perigosos, Resíduos Classe II – Não perigosos, subdivididos em Resíduos Classe II A – Não inertes e Resíduos Classe II B – Inertes (ABNT, 2004). No inventário, os aterros Classe II B não serão considerados pela sua própria característica, e se houver liberação de mercúrio será em quantidades não significativas.

8.30.1. Aterros sanitários (Resíduos classe II A)

O *Toolkit* 2015 recomenda para esta subcategoria a abordagem geral, deste modo não serão apresentados dados por fonte. Os aterros para resíduos Classe II A podem receber RSU e resíduos industriais. Assim, para obtenção das emissões e liberações de mercúrio referentes à disposição de resíduos sólidos em aterros sanitários, serão somadas as quantidades de RSU e resíduos industriais não perigosos dispostos anualmente.

No Brasil, aproximadamente 58,4% dos RSU são encaminhados para aterro sanitário, conforme apresentado na Tabela 49. Verifica-se que, nos anos de 2014, 2015 e 2016 a quantidade gerada de RSU, bem como o percentual de disposição em aterro sanitário, permaneceram praticamente constantes. Nos anos de 2014, 2015 e 2016 foram geradas, respectivamente, cerca de 71.260.045, 72.543.750 e 71.339.980 toneladas de RSU. Destas quantidades, 41.600.875, 42.570.315 e 41.678.985 toneladas foram dispostas em aterros sanitários, em 2014, 2015 e 2016, respectivamente.

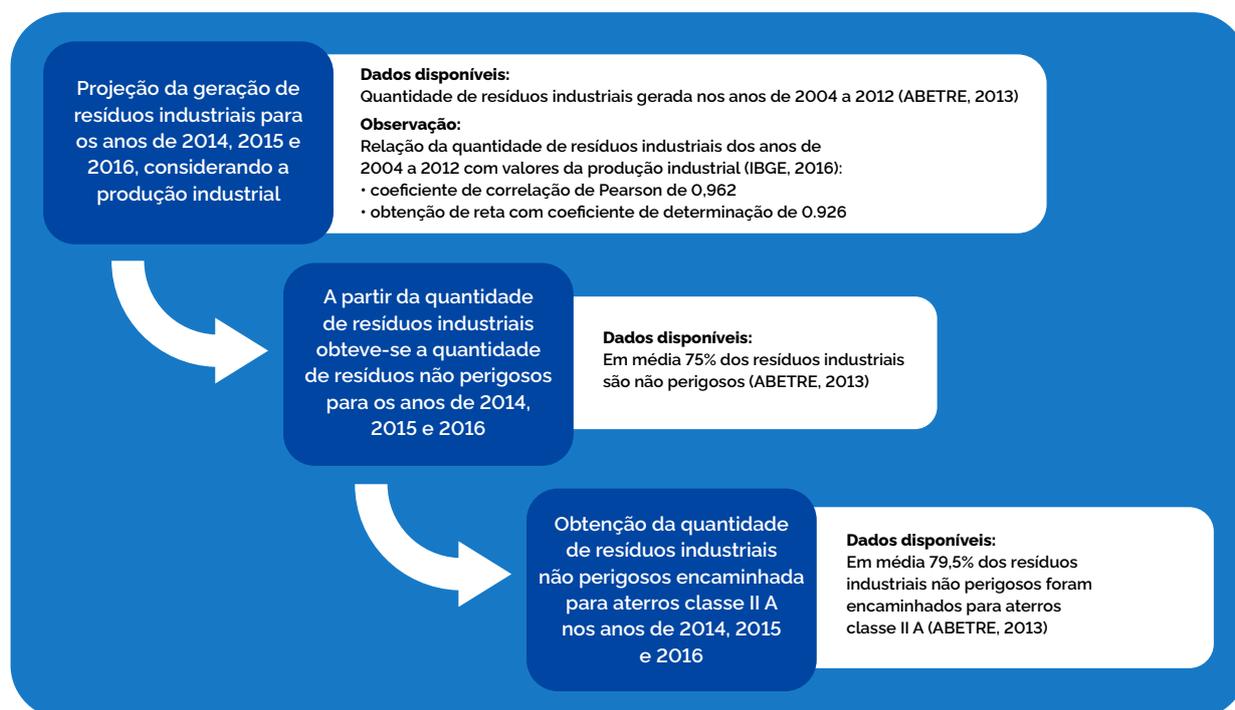
Tabela 47. Disposição final dos resíduos sólidos no Brasil.

Destinação	Ano de 2014		Ano de 2015		Ano de 2016	
	t/dia	%	t/dia	%	t/dia	%
Aterro sanitário	113.975	58,4	116.631	58,7	114.189	33.948
Aterro controlado	47.272	24,2	47.942	24,1	47.315	24,2
Lixão	33.986	17,4	34.177	17,2	33.948	17,4

Fonte: ABRELPE (sda; sdb; sdc), Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014, 2015 e 2016.

A disposição final de resíduos industriais não perigosos em aterros sanitários é, em quantidade, inferior à disposição dos RSU. Segundo estudo da ABETRE (2013), os resíduos não perigosos industriais representam aproximadamente 75% dos resíduos industriais gerados. Destes, 79,5% são dispostos em aterros para resíduos classe II A, o restante é encaminhado para aterro de resíduos inertes (classe II B). Conforme mencionado na subcategoria Incineração de resíduos perigosos, o estudo da ABETRE não apresenta dados para os anos de 2014, 2015 e 2016. Para tanto, conforme descrito, projetou-se a geração de resíduos industriais para os anos de 2014, 2015 e 2016, considerando a variação do valor da produção industrial brasileira. Os valores referentes aos resíduos não perigosos e à disposição em aterros classe II A foram obtidos considerando valores percentuais médio dos anos de 2004 a 2008. A metodologia de obtenção das taxas de atividade está ilustrada na Figura 22.

Figura 22. Metodologia utilizada para obtenção dos valores de resíduos industriais não perigosos encaminhados para o aterro classe II A nos anos de 2014, 2015 e 2016.



A Tabela 50 apresenta a quantidade de resíduos industriais não perigosos gerados e a quantidade de resíduos não perigosos disposta em aterros classe II A, nos anos de 2014, 2015 e 2016.

Tabela 48. Estimativa da quantidade de resíduos industriais não perigosos gerada, e quantidade disposta em aterros classe II A nos anos de 2014, 2015 e 2016.

Ano	Resíduos industriais não perigosos gerados (t/ano)	Resíduos industriais não perigosos dispostos em aterros classe IIA (t/ano)
2014	9.472.198	7.530.921
2015	9.572.147	7.610.386
2016	9.649.232	7.671.673

Fonte: Valores estimados com base em dados apresentados em estudo da ABETRE (2013).

Para obtenção das emissões e liberações de mercúrio referentes a esta subcategoria, considerou-se as quantidades de RSU e resíduos industriais não perigosos dispostas em aterros classe II A. Assim, a taxa de atividade para o ano de 2016 resultou em 49.350.658 toneladas de resíduos sólidos (41.678.985 t de RSU + 7.671.673 t de resíduos industriais não perigosos).

Como fator de entrada, na ausência de dados específicos por fonte e/ou que representem a realidade brasileira, foi utilizado o fator-padrão recomendado pelo *Toolkit* 2015 para RSU, o qual varia de 1 a 10 g de mercúrio por tonelada de resíduo. Considerando que 87% da taxa de atividade refere-se aos RSU, utilizou-se esta faixa de valores recomendada pelo *Toolkit* para todos os Resíduos Classe II A.

A aplicação destes fatores, utilizando como taxa de atividade 49.350.658 toneladas em 2016, representa uma taxa anual de entrada de mercúrio de 49.351 a 493.507 kg. O *Toolkit* 2015 recomenda o uso do valor máximo em situações em que a coleta seletiva de materiais contendo mercúrio seja muito pequena no país e valor mínimo em casos de alta segregação na coleta seletiva. Para o desenvolvimento do inventário foram utilizados os valores mínimo e máximo, o que permitiu obter valores de emissão e liberação de mercúrio para os dois extremos.

Como fatores de distribuição de saída utilizaram-se os fatores-padrão do *Toolkit* 2015. Este considera-se que 1% do mercúrio disposto no solo é emitido para a atmosfera e 0,01% liberado para a água. Por se tratar de locais com medidas de controle de poluentes, como impermeabilização do solo, não há contato direto do resíduo com o solo, podendo ser considerado nulo o fator de distribuição de saída para este meio. O maior percentual de mercúrio (98,99%) permanece armazenado no local, não sendo emitido ou liberado para o ambiente.

Assim, considerando os valores mínimos e máximos de fatores de entrada, tem-se, para o ano de 2016 uma faixa estimada de:

- Emissão para o ar:
Dos RSU: 416,79 a 4.167,90 kg Hg/ano
Dos resíduos industriais não perigosos: 76,72 a 767,17 kg Hg/ano
Total: 493,51 a 4.935,07 kg Hg/ano.
- Liberação para a água:
Dos RSU: 4,17 a 41,68 kg Hg/ano
Dos resíduos industriais não perigosos: 0,77 a 7,67 kg Hg/ano
Total: 4,94 a 49,35 kg Hg/ano.

8.30.2. Aterros para resíduos Classe I

Conforme apresentado na subcategoria incineração de resíduos perigosos, resíduos perigosos são aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade,

corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica (BRASIL, 2010).

O *Toolkit 2015* recomenda para esta subcategoria a abordagem geral, entretanto, visando a obtenção de dados mais confiáveis e, tendo em vista que o número de unidades de aterros classe I não é tão significativo quanto o de aterros classe II A, optou-se inicialmente por buscar informações específicas de cada unidade, da mesma forma que a descrita para a categoria relativa à incineração. Entretanto, como as informações não foram disponibilizadas, as emissões e liberações de mercúrio provenientes de aterro de resíduos perigosos foram calculadas com base em dados gerais do País, considerando-se apenas os resíduos industriais perigosos dispostos em aterros classe I, não levando em conta outros eventuais resíduos perigosos que são dispostos neste tipo de aterro.

Para obtenção da quantidade de resíduos industriais perigosos dispostos em aterros classe I, os valores apresentados no estudo da ABETRE (2013) para os anos de 2004 a 2008 foram projetados para os anos de 2014, 2015 e 2016, considerando a variação da produção industrial brasileira, conforme apresentado anteriormente. A metodologia de obtenção das taxas de atividade está ilustrada na Figura 23, sendo apresentados na Tabela 51 os valores obtidos.

Figura 23. Metodologia utilizada para obtenção dos valores de resíduos industriais perigosos encaminhados para o aterro classe I nos anos de 2014, 2015 e 2016.

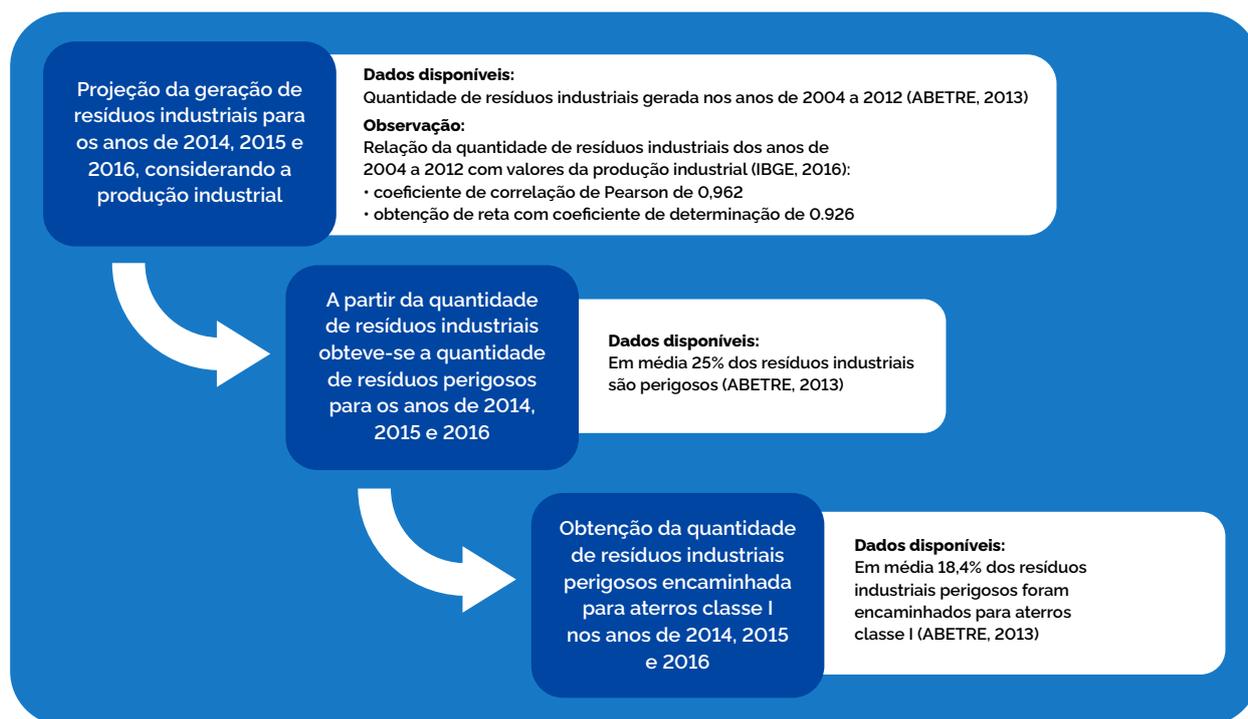


Tabela 49. Quantidade de resíduos industriais perigosos dispostos em aterros classe I nos anos de 2014, 2015 e 2016.

Ano	Resíduos industriais não perigosos gerados (t/ano)	Resíduos industriais não perigosos dispostos em aterros classe IIA (t/ano)	Resíduos industriais perigosos - aterro classe I (t/ano)
2014	12.629.597	3.157.399	581.352
2015	12.762.862	3.190.716	587.486
2016	12.865.643	3.216.411	592.217

Fonte: Valores estimados com base em dados apresentados em estudo da ABETRE (2013).

Como fator de entrada, na ausência de dados específicos por fonte e/ou que representem a realidade brasileira, foi utilizado o fator-padrão recomendado pelo *Toolkit* 2015 para RP, que varia de 8 a 40 g de mercúrio por tonelada de resíduo. A aplicação desses fatores, utilizando como taxa de atividade 592.217 toneladas, representa uma taxa anual de entrada de 4.738 a 23.689 kg de mercúrio. O *Toolkit* 2015 recomenda o uso do valor máximo em situações em que a coleta seletiva de materiais contendo mercúrio seja muito pequena no país e o uso do valor mínimo em casos de alta segregação na coleta. Tendo em vista que no Brasil a segregação de produtos contendo mercúrio é mínima, mas por outro lado, a utilização de produtos contendo mercúrio tem reduzido, para o desenvolvimento deste inventário foram utilizados os valores mínimo e máximo de entrada, o que permitiu a quantidade de emissão e liberação de mercúrio para os dois extremos.

Como fatores de distribuição de saída, foram utilizados os fatores-padrão do *Toolkit* 2015 já apresentados para aterros de resíduos classe II A, pois o *Toolkit* 2015 faz distinção entre os tipos de resíduos. Considerando os valores mínimo e máximo de fatores de entrada, tem-se, para o ano de 2016, uma faixa estimada de:

- Emissão para o ar: 47,38 a 236,89 kg de Hg/ano;
- Liberação para a água: 0,47 a 2,37 kg de Hg/ano.

8.30.3. Resumo das entradas e dos resultados

A Tabela 52 apresenta os valores de taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída, as emissões e liberações calculadas para cada um dos tipos de resíduos considerados, bem como para a subcategoria.

Tabela 50. Disposição de resíduos sólidos – aterros classe II A e aterros classe I: valores utilizados e resumos das emissões e liberações estimadas de mercúrio (Ano-Base: 2016).

Parâmetro	Aterro classe II A		Aterro classe I	Total
	RSU	RI não perigosos		
Taxa de atividade (toneladas/ano)	41.678.985	7.671.673	592.217	49.942.875
Fator de entrada (g Hg/t de resíduo)	1 - 10	1 - 10	8 - 40	NA
Total de entrada (kg Hg/ano)	41.678 - 416.790	7.672 - 76.717	4.738 - 23.689	54.088 - 517.195
Fatores de distribuição de saída - fatores-padrão do Toolkit 2015 (sem unidade)*				
Ar	0,01	0,01	0,01	0,01
Água	0,0001	0,0001	0,0001	NA
Solo	0,0	0,0	0,0	NA
Produtos	0,0	0,0	0,0	NA
Resíduos gerais	0,0	0,0	0,0	NA
Destinação e/ou tratamento específico	0,0	0,0	0,0	NA
Saídas: emissões e liberações de Hg (kg/ano)				
Ar	417 - 4.168	77 - 767	47 - 237	541 - 5.172
Água	4 - 42	0,8 - 8	0,5 - 2	5 - 52
Solo	0,0	0,0	0,0	0,0
Produtos	0,0	0,0	0,0	0,0
Resíduos Gerais	0,0	0,0	0,0	0,0
Destinação e/ou tratamento específico	0,0	0,0	0,0	0,0
Total (kg Hg/ano)	421 - 4.210	77 - 775	48 - 239	546 - 5.224

RI: resíduos industriais • NA: não se aplica. *Os fatores de distribuição de saída não somam 1 nesta categoria. 98,99% do mercúrio permanece armazenado no local, não sendo emitido ou liberado para o ambiente.

8.31. DESCARTE INFORMAL DE RESÍDUOS

Esta subcategoria refere-se ao descarte realizado em condições informais, sem qualquer tipo de proteção para minimizar a emissão ou a liberação de poluentes no

ambiente, incluindo os lixões e aterros controlados⁸¹. No Brasil esse tipo de disposição ainda é frequente. Nos anos de 2014, 2015 e 2016, a disposição final de RSU em lixões e aterros controlados foi praticamente constante, sendo dispostos diariamente aproximadamente, em 2016, 34.000 33.948 e 46.100 47.315 (ABRELPE, sdc) toneladas de resíduos, em lixões e aterros controlados, respectivamente. Juntos, representam aproximadamente 41,6% da disposição final de RSU no Brasil.

Como taxa de atividade considerou-se a quantidade de RSU disposta em aterros controlados e em lixões, no ano de 2016. Outros tipos de resíduos não foram considerados. Dessa forma, a taxa de atividade utilizada, para o ano de 2016, foi de 29.660.995 toneladas de resíduos (17.269.975 t em aterros controlados; 12.391.020 em lixões).

Como fator de entrada foram utilizados os valores apresentados no *Toolkit 2015* para RSU, ou seja, de 1 a 10g de mercúrio por tonelada de resíduo. Estes valores representam uma taxa anual de entrada de 29.661 a 296.610 kg de mercúrio.

Por se tratar da disposição de resíduos sólidos sem controle de poluentes, todo o mercúrio depositado nos lixões e aterros controlados será emitido e/ou liberado para o ambiente, sendo a maior parte liberada para o solo. Utilizando-se os fatores de distribuição de saída apresentados no *Toolkit 2015*, conclui-se que 10% do mercúrio depositado é emitido para a atmosfera, 10% é liberado para a água e o restante (80%) é liberado para o solo.

Assim, considerando os valores mínimo e máximo de fatores de entrada, tem-se, para o ano de 2016, as faixas de estimativa a seguir.

- Emissão para o ar:
de aterros controlados: 1.727,00 a 17.268,98 kg de Hg/ano;
de lixões: 1.239,10 a 12.391,02 kg de Hg/ano;
total: 2.966,10 a 29.661,00 kg de Hg/ano.
- Liberação para a água:
de aterros controlados: 1.727,00 a 17.268,98 kg de Hg/ano;
de lixões: 1.239,10 a 12.391,02 kg de Hg/ano;
total: 2.966,10 a 29.661,00 kg de Hg/ano.

⁸¹De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, aterro controlado é uma forma inadequada de disposição final de resíduos e rejeitos, no qual o único cuidado realizado é o recobrimento da massa de resíduos e rejeitos com terra (http://www.sinir.gov.br/images/sinir/Arquivos_diversos_do_portal/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf).

- Liberação para o solo:
de aterros controlados: 13.815,98 a 138.159,80 kg de Hg/ano;
de lixões: 9.912,82 a 99.128,16 kg de Hg/ano;
total: 23.728,80 a 237.287,96 kg de Hg/ano.

8.31.1. Resumo das entradas e dos resultados

As taxas de atividade, os fatores de entrada, os fatores de distribuição de saída, bem como as emissões e liberações calculadas para a subcategoria descarte informal de resíduos estão apresentados na Tabela 53.

Tabela 51. Descarte informal de resíduos sólidos urbanos (aterros controlados e lixões): valores utilizados e resumos das emissões e liberações estimadas de mercúrio (Ano-Base: 2016).

Parâmetro	Aterros controlados	Lixões	Total
Taxa de atividade (t/ano)	17.269.975	12.391.020	29.660.995
Fator de entrada (g Hg/t de resíduos)	1 - 10	1 - 10	NA
Total de entrada (kg Hg/ano)	17.270 - 172.700	12.391 - 123.910	29.661 - 296.610
Fatores de distribuição de saída - fatores-padrão do Toolkit 2015 (sem unidade)			
Ar	0,1	0,1	NA
Água	0,1	0,1	NA
Solo	0,8	0,8	NA
Produtos	0,0	0,0	NA
Resíduos Gerais	0,0	0,0	NA
Destinação e/ou tratamento específico	0,0	0,0	NA
Saídas: emissões e liberações de Hg (Kg/ano)			
Ar	1.727 - 17.270	1.239 - 12.391	2.966 - 29.661
Água	1.727 - 17.270	1.239 - 12.391	2.966 - 29.661
Solo	13.816 - 138.160	9.913 - 99.128	23.729 - 237.288
Produtos	0,0	0,0	0,0
Resíduos Gerais	0,0	0,0	0,0
Destinação e/ou tratamento específico	0,0	0,0	0,0
Total (kg Hg/ano)	17.270 - 172.700	12.391 - 123.910	29.661 - 296.610

NA: não se aplica.

8.32. SISTEMA DE COLETA E TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

O conteúdo de mercúrio presente nos efluentes líquidos pode ser oriundo de dois grupos de fontes: mercúrio intencionalmente utilizado em produtos e processos (amálgama odontológica, vazamentos de termômetros e de outros dispositivos, descargas industriais etc.) e mercúrio atmosférico originário de fontes antropogênicas e naturais. Desse modo, as Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) podem ser consideradas como fonte intermediária de liberação de mercúrio no ambiente.

Esta subcategoria deve abranger as ETE, que recebem esgoto doméstico e/ou industrial, bem como deve incluir os sistemas de coleta de esgotos para descarga de efluentes diretamente em corpos d'água (mar, rios etc.), sem tratamento. Algumas indústrias lançam seus efluentes diretamente na rede de esgoto municipal, devendo atender aos parâmetros estabelecidos pela resolução Conama nº 430, de 13 de maio de 2011 (BRASIL, 2011). Deste modo, no desenvolvimento deste Inventário, foram considerados os sistemas de tratamento de esgoto doméstico e misto (industrial e doméstico), bem como os esgotos domésticos lançados diretamente no ambiente sem prévio tratamento. Não foram consideradas as ETE industriais, uma vez que as liberações das indústrias, ou já estão contempladas em outras categorias, ou não farão parte do inventário.

O Pnuma (2015) recomenda a abordagem geral ou por fonte para essa subcategoria. Para o desenvolvimento deste Inventário, procurou-se fazer inicialmente um levantamento das ETEs existentes no Brasil, da quantidade e das características dos esgotos domésticos lançados em corpos d'água sem prévio tratamento. Para tanto, informações foram solicitadas aos Oemas, às Secretarias de Saneamento estaduais e às empresas de saneamento, por meio de ofício enviado pelo MMA.

O retorno da solicitação de informações às secretarias e empresas de saneamento foi mais exitoso do que o dos Oemas, sendo obtidas informações de quinze estados. Entretanto, a maior parte dos dados veio de maneira agregada, sem informações específicas por ETE e sobre o conteúdo de mercúrio na entrada e saída da estação. Em função da ausência de dados específicos por fonte em termos nacionais, decidiu-se trabalhar com a abordagem geral, valendo-se de dados gerais para o país, mas usando os dados específicos obtidos para estatísticas de conteúdo de mercúrio nos efluentes.

8.32.1. Determinação da taxa de atividade

O Snis anualmente divulga um diagnóstico sobre o serviço de água e esgoto para todo o país, sendo uma fonte importante de informação. Para o ano-base de 2016, acerca do esgotamento sanitário, foram registradas informações de 4.084 municípios, representando 73,3% em relação ao número total de municípios e de 93,1% em relação à população urbana do Brasil.

Em 2017, a Agência Nacional de Águas (ANA) publicou o "Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas", com informações sobre a coleta e o tratamento de esgotos no Brasil, incluindo ainda as tecnologias de tratamento empregadas (ANA, 2017). O Atlas apresenta dados para o ano de 2013, tendo sido utilizados dados primários, por meio de visitas de campo e reuniões técnicas, e também secundários.

As duas fontes de dados consideraram apenas a população urbana brasileira. Os dados do SNIS, apesar de mais recentes, não representam a totalidade dos municípios brasileiros e não apresentam informações a respeito das tecnologias utilizadas. Desse modo, optou-se por trabalhar com os dados do Atlas da ANA. Assim, a quantidade de esgoto gerado no Brasil em 2013, foi extrapolada para os anos de 2014, 2015 e 2016, considerando a população urbana segundo dados do IBGE. Os valores obtidos encontram-se na Tabela 54. Valores foram então comparados com os do SNIS, depois de ajustados de modo a representar a totalidade da população urbana, resultando em diferença inferior a 2%, dando mais segurança para a abordagem escolhida.

Tabela 52. Volume de esgoto gerado no Brasil (população urbana) nos anos de 2014, 2015 e 2016.

Esgoto gerado (m ³ /ano)		
Ano 2014	Ano 2015	Ano 2016
9.691.442.657	9.771.838.994	9.849.783.226

Fonte: extrapolação do valor apresentado em ANA (2017) para ano o de 2013.

Grande parte do esgoto gerado no Brasil, 43%, é coletado e encaminhado para ETE, entretanto, 27% da população brasileira ainda não possui sistema de coleta de esgoto. A situação do atendimento da população brasileira em relação aos serviços de esgotamento sanitário é apresentada na Tabela 55.

Tabela 53. Atendimento da população brasileira urbana com serviços de esgotamento sanitário, em 2013.

Sistema coletivo (rede coletora + ETE)	Solução individual (fossa)	Esgoto coletado mas não tratado	Sem coleta
43%	12%	18%	27%

Fonte: ANA (2017).

8.32.2. Determinação do fator de entrada

O Atlas da ANA apresenta, também, dados de remoção de carga orgânica, por tipo de tratamento empregado no Brasil, contudo não apresenta informação específica sobre o conteúdo de mercúrio no esgoto. Entretanto, algumas companhias de saneamento e secretarias de recursos hídricos encaminharam dados sobre o conteúdo de mercúrio no esgoto.

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e a Companhia Rio Grandense de Saneamento (CORSAN) apresentaram dados de esgoto bruto e tratado. A SABESP disponibilizou dados apenas da ETE de Barueri. Para o esgoto bruto foram disponibilizados oito dados dos anos de 2014 a 2016, sendo que todos apresentaram valores menor ou igual a 1 mg/m³. Quanto ao efluente final, foram disponibilizados onze dados dos anos de 2014 a 2017. Todos os valores informados estavam abaixo de 1 mg/m³. Os dados da Corsan, por sua vez, foram processados e a estatística descritiva resultante dos valores de conteúdo de mercúrio está apresentada na Tabela 56.

Tabela 54. Conteúdo de mercúrio no esgoto bruto e tratado apresentados pela CORSAN, Rio Grande do Sul.

	Conteúdo de Hg no esgoto bruto (mg Hg/m ³)						Conteúdo de Hg no esgoto tratado (mg Hg/m ³)					
	nº de dados	Mín.	Máx.	Média	Mediana	DP	nº de dados	Mín.	Máx.	Média	Mediana	DP
1	5	0,03	0,900	0,510	0,600	0,313	8	0,030	2,900	0,929	0,450	1,175
2	10	0,000	3,500	1,440	1,100	1,201	9	0,030	2,700	0,914	0,500	0,943
3	21	0,000	2,300	0,590	0,300	0,668	19	0,000	8,500	1,200	0,450	1,967
VE	37	0,000	2,300	0,790	0,500	0,873	296	0,000	8,500	0,925	0,600	1,053

VE: várias estações (esgoto bruto: total dos dados das ETEs 1, 2 e 3 mais dois dados de 2 outras ETEs; esgoto tratado: total dos dados das ETEs 1, 2 e 3 mais 260 dados de 59 outras ETEs); Mín.: valor mínimo; Máx.: valor máximo; DP: desvio padrão. Fonte: CORSAN (dados brutos).

Os dados da Tabela 56 mostram que o conteúdo de mercúrio no esgoto bruto variou de 0,0 a 3,5 mg Hg/m³. Observa-se ainda que os valores de conteúdo de mercúrio mínimo e máximo do esgoto tratado (0,0 a 8,5 mg Hg/m³), em alguns casos, são maiores do que os valores do esgoto bruto. Os valores mínimo e máximo de conteúdo de mercúrio no esgoto bruto apresentado no *Toolkit* 2015 são de 0,5 e 10 mg Hg/m³, respectivamente. Todos os valores de médias e medianas, assim como o valor máximo de conteúdo de mercúrio relatado pela CORSAN, tanto para esgoto bruto quanto tratado, estão dentro da faixa apresentada no *Toolkit* 2015. Destaca-se, que o valor máximo de conteúdo de mercúrio apresentado pelo *Toolkit*, para esgoto bruto, coincide com o valor máximo para lançamento de efluentes estabelecido pela Resolução Conama nº 430/2011, que é dado em termos de mercúrio total (BRASIL, 2011).

Dados de conteúdo de mercúrio, apenas no esgoto tratado, foram apresentados pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb), Companhia de Saneamento de Goiás S. A. (Saneago) e Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece). A estatística descritiva desses valores de conteúdo de mercúrio no efluente tratado, os da Corsan e mais alguns outros obtidos no estado de São Paulo, estão apresentados na Tabela 57.

Tabela 55. Conteúdo de mercúrio no esgoto tratado por unidade da Federação.

Unidade da Federação	Região	nº de dados	Conteúdo de Hg no esgoto tratado (mg Hg/m ³)				
			Valor mínimo	Valor máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
RS*	Sul	296	0,000	8,500	0,925	0,600	1,053
SP**	Sudeste	19	< 0,100	0,900	0,323	0,200	0,249
GO***	Centro-Oeste	233	0,000	58,000	3,129	1,500	5,956
DF****	Centro-Oeste	-	<0,2				
CE*****	Nordeste	10	<0,15				

*: dados de 61 ETEs dos anos 2016 e 2017 e uma com dados 2014 a 2017. Fonte: CORSAN (dados brutos)⁸². **: dados de uma ETE do interior de SP, anos de 2016 e 2017. Fonte: informação pessoal. ***: dados de 79 ETEs dos anos 2014, 2015 e 2016. Fonte: SANEAGO⁸³ (dados brutos). ****: Nos anos de 2011 e 2013 as análises de Hg das estações da CAESB resultaram em valores abaixo do limite de quantificação (0,2 mg.m-3). Fonte: CAESB⁸⁴. *****: dados de 10 ETEs, ano 2016. Fonte: CAGECE⁸⁵.

⁸² Ofício 0108/2018-GP de 30 de janeiro de 2018

⁸³ Processo nº 2879/2018 - Saneago

⁸⁴ Carta nº 2079/18 - PR Saneago de 15 de janeiro de 2018

⁸⁵ E-mail em resposta ao Ofício nº 53735/2017-MMA

Os dados apresentados na Tabela 57 mostram que há variação significativa dos valores mínimo e máximo de conteúdo de mercúrio do esgoto tratado intra e interunidades da Federação. O estado de Goiás apresenta os valores mais altos, sendo o valor máximo de conteúdo de mercúrio para o esgoto tratado bem superior ao valor máximo de conteúdo de mercúrio para o esgoto bruto apresentado pelo *Toolkit*. Cantinho et al. (2016), em uma revisão da literatura mostraram que a concentração de metais no esgoto bruto de ETE que recebe esgoto doméstico e industrial apresenta variação dentro de um mesmo país e na própria estação, mesmo nas ETE em que a contribuição industrial não é relevante. Em função da variação dos dados apresentados e, tendo em vista que as informações disponibilizadas não abrangem todo o país, para este inventário foram adotados os valores mínimo e máximo de conteúdo de mercúrio no esgoto bruto apresentado no *Toolkit* 2015 (0,5 a 10 mg Hg/m³), o que pode ser justificado pelo fato de as médias e medianas dos dados recebidos atenderem a essa faixa. A aplicação desses fatores, considerando a taxa de atividade de 9.849.783.226 m³ para o ano de 2016, representa uma taxa anual de entrada de mercúrio de 4.925 a 98.498 kg.

8.32.3. Determinação dos fatores de saída

O *Toolkit* 2015 estabelece quatro níveis de tratamento para enquadramento:

- Nível 0: nenhum tratamento (liberação direta de tubulação de esgotamento);
- Nível 1: tratamento exclusivamente mecânico;
- Nível 2: tratamento mecânico e biológico (lodo ativado) sem aplicação de lodo no solo;
- Nível 3: tratamento mecânico e biológico (lodo ativado) com 40% do lodo utilizado para aplicação no solo.

No Brasil, segundo a ANA (2017), os processos de tratamento mais empregados com relação à população atendida são: lodos ativados, tratamento primário, lagoa anaeróbia + lagoa facultativa; reator anaeróbio + filtro anaeróbio + decantador, e lodos ativados de aeração prolongada. A Tabela 58 apresenta a população atendida para cada um dos sistemas empregados, bem como o percentual de remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

Tabela 56. População atendida por tipo de tratamento e respectiva porcentagem de remoção de DBO.

Parâmetro	Lodos ativados	Tratamento primário	Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa	Reator anaeróbio + filtro anaeróbio + decantador	Lodos ativados de aeração prolongada
População atendida (milhões)	16,5	7,9	5,5	4,4	4,5
População atendida por ETE	24%	11%	8%	6,5%	6,5%
Remoção de DBO	> 80%	Até 60%	60 a 80%	> 80%	> 80%

Fonte: ANA, 2017.

Os principais sistemas de tratamento de esgotos empregados no Brasil não são perfeitamente enquadráveis nos níveis apresentados pelo *Toolkit 2015*, que apresenta como tratamento apenas o primário (exclusivamente mecânico) e lodo ativado. Entretanto, conforme mostrado na Tabela 58, no Brasil outros tipos de sistemas de tratamento, como lagoa anaeróbia e facultativa, são empregados de forma significativa.

Deve-se considerar que as estações de tratamento convencionais, que se baseiam em sistemas biológicos, não são concebidas para a remoção de metais, sendo o principal foco a diminuição da carga orgânica. Independentemente da configuração da ETE e do sistema biológico empregado, como lodo ativado e biofilme, não há diferença significativa para a remoção de metais. A remoção dos metais do meio aquoso ocorre principalmente em função da partição dos metais na fase sólida. Deste modo, uma parte significativa dos metais fica retida no lodo originado no processo (CANTINHO, et al., 2016).

Em relação especificamente à remoção de mercúrio, Carletti et al. (2008) avaliaram a remoção de metais em diferentes ETEs na Itália. Em 3 plantas que empregam sistema de lodo ativado, verificou-se que a remoção de mercúrio do efluente líquido foi de 25%, 47% e 60%. Já em uma ETE com emprego de biorreator de membrana a remoção de mercúrio do meio aquoso foi nula.

Hargreaves et al. (2016) verificaram que há correlação positiva entre remoção de mercúrio do meio líquido, remoção de sólidos em suspensão e demanda bioquímica de oxigênio, sendo a maior parte de mercúrio removida no tratamento primário,

juntamente com os sólidos em suspensão. Ainda, deve-se considerar que uma parte do mercúrio pode ser emitida para a atmosfera. Na interface água e atmosfera, a radiação solar ultravioleta pode induzir modificações fotoquímicas na especiação do mercúrio. Ainda, compostos orgânicos presentes no efluente podem reduzir Hg (II) para mercúrio metálico, Hg (0), o que contribui para o transporte do mercúrio para a atmosfera e diminui o potencial de acumulação na fase líquida (BISINOTI e JARDIM, 2004; FAGNANI et al. 2012; JARDIM et al. 2010).

Alguns modelos e simulações têm sido desenvolvidos para prever o comportamento de poluentes em ETE, em especial em lodos ativados. Além do foco ser em processos que empregam lodos ativados, há uma lacuna em relação a modelos voltados para o comportamento do mercúrio (CANTINHO, et al., 2016).

Tendo em vista a ausência de modelos e dados específicos de mercúrio que considerem diferentes sistemas de tratamento, e que a remoção de mercúrio do meio líquido está associada à remoção de sólidos em suspensão, considerou-se, para este inventário, os diferentes processos de tratamento biológicos empregados no Brasil como semelhantes ao sistema de lodo ativado, no que se refere ao mercúrio.

Assim, adotou-se o enquadramento apresentado pelo *Toolkit 2015* e seus respectivos fatores de distribuição de saída. As informações apresentadas no Atlas da ANA (2017) permitem o enquadramento direto nos dois primeiros níveis de tratamento do *Toolkit 2015*. O percentual de população que possui sistema individual de tratamento (fossas) e o percentual da população atendida por sistema de coleta e tratamento de esgoto biológico foram consideradas em um mesmo grupo, com tratamento via lodos ativados. Dois níveis de tratamento no *Toolkit 2015* consideram lodos ativados, sendo que em um dos níveis não há aplicação do lodo no solo e em outro, 40% do lodo é aplicado.

A aplicação de lodo no solo pode se dar por meio de processos de compostagem, utilização do lodo em áreas degradadas ou a simples disposição no solo. A disposição do lodo em aterro sanitário não é considerada aplicação em solo. No Brasil, uma pequena parcela do lodo gerado nas ETEs é ainda disposta no solo. Segundo Sampaio (2013) a maioria das ETEs encaminham o lodo para aterros sanitários, sendo a aplicação em áreas agrícolas restrita a poucos estados, como São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Distrito Federal e mais recentemente Espírito Santo (BITTENCOURT, 2017). Dos quinze órgãos ou empresas que encaminharam informações a respeito de tratamento de efluentes no Brasil, sete relataram possuir aplicação de lodo no solo, conforme apresentado na Tabela 59.

Tabela 57. Destinação do lodo de ETE em algumas Unidades da Federação do Brasil.

UF	Órgão	Destino do lodo
RS	CORSAN	Todo lodo gerado nas ETEs é destinado a aterros sanitários ou compostagem.
PR	SANEPAR	O lodo é encaminhado para aterros e para fins agrícolas. O percentual do lodo utilizado para fins agrícolas nos anos de 2014, 2015 e 2016 foi de 42%, 35% e 34%, respectivamente.
SP	SABESP e SSRH	Não informou a destinação. Apenas foi informado que não há incineração de lodo no estado.
SE	SEINFRA	O lodo seco é disposto no solo.
CE	CAGECE	43,5% do lodo gerado é disposto no solo, nas estações; o restante é encaminhado para aterro sanitário (44,6%) ou é coletado por sistema público municipal (12,0%).
MA	CAEMA	Informou que não há incineração de lodo no estado, sendo este disposto no solo.
DF	CAESB	O lodo é prioritariamente destinado para recuperação de áreas degradadas.
GO	SANEAGO	Informou que não há incineração de lodo e que há uso agrônômico (aplicação em área de pastagem degradada).
MS	SANESUL	Todo o lodo gerado nas ETEs operadas pela SANESUL foi disposto nos aterros dos municípios.

Das Unidades da Federação que aplicam o lodo das ETEs em solo, a maioria relaciona-se à utilização para fins agrícolas. No Brasil, a disposição de lodo de esgoto doméstico na agricultura segue a Resolução CONAMA nº 375, 29 de agosto de 2006, a qual determina que a concentração máxima permitida de mercúrio é de 17 mg por kg de lodo ou produto derivado (base seca). A SANEPAR e a SANEAGO, que utilizam lodo para fins agrícolas, disponibilizaram dados de conteúdo de mercúrio no lodo, sendo que todos apresentavam concentração de mercúrio abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA.

Apesar de algumas Unidades da Federação disporem no solo uma parte do lodo gerado nas ETEs, a maior parte ainda é destinada para aterro. Como o *Toolkit* considera para enquadramento apenas tratamento mecânico e biológico (lodo ativado) com 40% de aplicação de lodo no solo ou sem aplicação de lodo, criou-se um novo enquadramento (nível 4) de forma a atender a realidade brasileira. Assim, considerando as informações disponibilizadas, que conduzem a um valor estimado de 10% de disposição no solo, e estudo de Machado (2001) citado por Andreoli (2009), especialista no tema, que apresenta valor de 15,1% destinado à agricultura em 2000-2001, havendo outros usos indefinidos da ordem de 34,9% do lodo produzido, adotou-se para este inventário que 15% do lodo de ETE no Brasil possui aplicação no solo.

Tendo em vista estas considerações, o volume total de esgoto gerado em 2016 (9.849.783.226 m³) foi distribuído da seguinte forma:

- Nível 0: Nenhum tratamento (liberação direta): 4.383.153.536 m³ (44,5%), equivalente à entrada de 2.192 a 43.832 kg Hg/ano.
- Nível 1: Tratamento exclusivamente mecânico: 472.789.595 m³ (4,8%), equivalente à entrada de 236 a 4.728 kg Hg/ano.
- Nível 2: Tratamento mecânico e biológico (lodo ativado) sem aplicação de lodo no solo: não foi considerado.
- Nível 3: Tratamento mecânico e biológico (lodo ativado) com 40% do lodo utilizado para aplicação no solo: não foi considerado.
- Nível 4: Tratamento mecânico e biológico (lodo ativado) com 15% do lodo utilizado para aplicação no solo: 4.993.840.096 m³ (50,7%), equivalente a entrada de 2.947 a 49.938 kg Hg/ano. Obs.: Nível criado para atender condições específicas do Brasil.

Cada um dos níveis de tratamento apresentou fatores de distribuição distintos, sendo utilizados os valores sugeridos pelo *Toolkit 2015* para o nível 0 e nível 1. No nível 0, o qual não há nenhum tratamento, todo o mercúrio é liberado em corpos d'água. No nível 1, 90% é liberado em corpos d'água e o restante é considerado como resíduos gerais. Para o nível 4, calculou-se os fatores de distribuição com base nos fatores do *Toolkit* para o nível 3, resultando em 50% do mercúrio liberado em corpos d'água, 7,5% liberado para o solo, 25,5% destinado a resíduos gerais e 17% conduzido a destinação específica.

Considerando os fatores de distribuição apresentados, a estimativa de emissões e liberações de mercúrio pelo sistema de coleta e tratamento de águas residuais resultou, para o ano-base 2016, em:

- Liberações para a água: 3.653 a 73.056 kg Hg/ano;
- Liberações para o solo: 187 a 3.745 kg Hg/ano;
- Resíduos gerais: 660 a 13.207 kg Hg/ano;
- Destinação e/ou tratamento específico: 424 a 8.490 kg Hg/ano.

8.32.4. Resumo das entradas e resultados

A taxa de atividade, fator de entrada, fatores de distribuição de saída, bem como as emissões e liberações calculadas estão apresentados na Tabela 60.

Tabela 58. Tratamento de águas residuais: valores utilizados e resumos das emissões e liberações estimadas de mercúrio (Ano-Base: 2016).

Parâmetro	Tratamento Nível 0	Tratamento Nível 1	Tratamento Nível 4*	Total
Taxa de atividade (m3/ano)	4.383.153.536	472.789.595	4.993.840.096	9.849.783.226
Fator de entrada (mg Hg/ m3 de esgoto)	0,5 – 10			
Total de entrada de Hg (kg/ano)	2.192 - 43.832	236 - 4.728	2.497 - 49.938	4.925 - 98.498
Fatores de distribuição de saída - fatores-padrão do Toolkit 2015 (sem unidade)				
Ar	0,0	0,0	0,0	NA
Água	1,0	0,9	0,5	NA
Solo	0,0	0,0	0,075	NA
Produtos	0,0	0,0	0,0	NA
Resíduos Gerais	0,0	0,1	0,255	NA
Destinação e/ou tratamento específico	0,0	0,0	0,17	NA
Saídas: emissões e liberações de Hg (kg Hg/ano)				
Ar	0,0	0,0	0,0	0,0
Água	2.192 - 43.832	213 - 4.255	1.248 - 24.969	3.653 - 73.056
Solo	0,0	0,0	187 - 3.745	187 - 3.745
Produtos	0,0	0,0	0,0	0,0
Resíduos Gerais	0,0	24 - 473	637 - 12.734	660 - 13.207
Destinação e/ou tratamento específico	0,0	0,0	0,17	424 - 8.490
Total (kg Hg/ano)	2.192 - 43-832	236 - 4.728	2.497 - 49.938	4.925 - 98.498

*Nível criado para atender condições específicas do Brasil; NA: não se aplica

8.33. FOCOS IDENTIFICADOS DE CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO (ÁREAS CONTAMINADAS)

Esta categoria destina-se à identificação de locais com potencial de risco de emissão e/ou liberação de mercúrio, denominados hot spots. Os focos relacionados referem-se às áreas nas quais as emissões e liberações de mercúrio no ambiente estão em

curso (não remediadas ou reabilitadas) ou apenas constituem-se como uma possível ameaça no futuro (potencial contaminação).

Alguns órgãos estaduais de meio ambiente (OEMAs), a exemplo da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM) e Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA), possuem cadastro de áreas contaminadas. Desta forma, foram enviados ofícios a todos os OEMAs, solicitando informações sobre áreas contaminadas com mercúrio e áreas com potencial foco de contaminação, com base na listagem de fontes apresentadas pelo PNUMA (2015).

Seis órgãos responderam aos ofícios, sendo que apenas os OEMAs dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Bahia listaram áreas contaminadas com mercúrio. Os OEMAs do Rio Grande do Sul e da Paraíba informaram que não possuem registro de área contaminada por mercúrio no Estado.

As áreas contaminadas com mercúrio no Estado de São Paulo representam 33% das áreas contaminadas e reabilitadas com metais cadastradas no Estado; e 6,4% de todas as áreas cadastradas. Das áreas contaminadas com mercúrio no Estado de São Paulo a maior parte refere-se à contaminação de origem industrial e encontra-se em processo de remediação, conforme mostrado na Tabela 61 e na Tabela 62.

Tabela 59. Fontes de contaminação das áreas contaminadas e reabilitadas por mercúrio no estado de São Paulo.

Fonte de contaminação	Número de áreas
Indústria	276
Resíduos	39
Comércio	38
Desconhecida	6
Posto de Serviço	4
Acidentes	0
Agricultura	0
Total	363

Tabela 60. Estágio do processo de investigação/remediação das áreas contaminadas e reabilitadas por mercúrio no estado de São Paulo.

Estágio do processo de investigação / remediação	Número de áreas
Em processo de Remediação	120
Reabilitada para uso declarado	80
Contaminada com Risco Confirmado	55
Contaminada em processo de Reutilização	41
Em processo de Monitoramento para Encerramento	40
Contaminada sob Investigação	27
Total	363

No Estado de Minas Gerais foram registradas 642 áreas contaminadas até 2016, sendo que os metais possuem ocorrência de 28% (FEAM, 2016). Das áreas contaminadas com metais, segundo dados disponibilizados pela FEAM, 5 estão contaminadas com mercúrio. Desta áreas, 3 possuem como fonte de contaminação o descarte e disposição de resíduos sólidos e 2 não possuem fonte identificada. Ainda, 4 estão sob intervenção e 1 sob investigação.

Na Bahia foram identificadas apenas 2 áreas contaminadas por mercúrio: uma pertencente a indústria química e a outra possivelmente possui relação com mineração de ouro.

É importante destacar que as informações apresentadas não refletem toda a realidade do Brasil, uma vez que grande parte dos estados brasileiros não possui banco de dados de áreas contaminadas. Ainda, como citado anteriormente, além do Estado de São Paulo e Minas Gerais, o Rio de Janeiro apresenta banco de dados sobre áreas contaminadas, entretanto as informações específicas não foram disponibilizadas para o desenvolvimento do Inventário. Nesse estado as áreas contaminadas por metais e reabilitadas, constantes do cadastro de 2015, representam 62,5% de todas as áreas contaminadas e reabilitadas cadastradas; tendo como origem: atividades industriais, aterro de resíduos e viação - não consta as áreas referentes aos postos de combustíveis. Porém, não há a descrição de quais metais estão associados a cada contaminação (INEA, 2015).

Os OEMAs da Bahia, Espírito Santo e Rio Grande do Sul enviaram informações sobre locais que se constituem como uma possível ameaça no futuro (potencial contaminação). O Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA) apresentou 6 áreas de dragagem de sedimentos, listadas na Tabela A4 (Apêndice 4). Já a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM) listou áreas de fabricação de instrumentos de precisão, pilhas e/ou baterias e de celulose, todas descontinuadas. Para efeito do inventário, as categorias que representam potencial de contaminação por mercúrio são aquelas listadas pelo *Toolkit* (PNUMA, 2015):

- Locais de produção de cloro-álcali descontinuados/abandonados;
- Outras áreas de produção química onde compostos de mercúrio são/foram produzidos (pesticidas, biocidas, pigmentos, etc..) ou onde mercúrio ou seus compostos foram utilizados como catalisadores (MCV/PVC, etc.);
- Áreas de produção descontinuadas para fabricação de termômetros, interruptores, pilhas e baterias e outros produtos contendo mercúrio;
- Áreas descontinuadas de fabricação de papel e celulose (com produção interna de cloro-álcali ou uso anterior de biocidas com base em mercúrio)
- Depósitos de rejeitos/resíduos da mineração do mercúrio;
- Depósitos de rejeitos/resíduos da mineração artesanal e de pequena escala de ouro;
- Depósitos de rejeitos/resíduos da mineração de outros metais não ferrosos
- Áreas de acidentes relevantes;
- Dragagem de sedimentos;
- Áreas de descarte de dispositivos de controle de aquecimento predial (e outros controles de fluídos) que utilizam válvulas de pressão de mercúrio;
- Áreas de reciclagem de mercúrio descontinuadas (produção secundária de mercúrio).

As áreas de mineração de ouro, em especial as artesanais e clandestinas, também se constituem como área de potencial contaminação por mercúrio. Deste modo, as áreas levantadas pelo CETEM para o desenvolvimento do Inventário sobre Mineração de Ouro Artesanal e em Pequena Escala, trabalho coordenado pela Zuleica C. Castilhos (CASTILHOS e DOMINGOS, 2018), devem ser consideradas como locais de potencial contaminação de mercúrio. Segundo esse inventário, existem atualmente 1.515 processos em fase de Permissão de Lavra Garimpeira de ouro no Brasil. Esses locais atingem uma área de aproximadamente 500.000 hectares e estão distribuídos em 10 estados do Brasil: Amazonas, Amapá, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Pará, Pernambuco, Rondônia e Tocantins.

Além do cadastro de áreas contaminadas existente, em alguns OEMAs, a Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental do Ministério da Saúde (MS) possui um banco de dados, denominado SISOLO (Sistema de Informação de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado), com áreas nas quais há populações expostas ou potencialmente expostas a contaminantes químicos⁸⁶. A Tabela A6 (Apêndice 6) apresenta às áreas referentes a mercúrio cadastradas no SISOLO até 2016. Das áreas apresentadas, 52% são classificadas como áreas de disposição final de resíduos urbanos, sendo a maioria cemitérios. Na Tabela 63 é apresentado o número de áreas em função de sua classificação. Os dados apresentados foram enviados pelo MS.

Tabela 61. Síntese das informações sobre as áreas contaminadas, áreas potencialmente contaminadas ou áreas com populações potencialmente expostas à mercúrio no Brasil.

Áreas contaminadas e/ou reabilitadas		
Estado	Número de áreas	Fonte de informação
SP	363	CETESB
BA	2	INEMA*
MG	5	FEAM**
PB	0	SUDEMA***
RS	0	FEPAM
Total	370	-
Áreas com potencial de contaminação		
Estado	Número de áreas	Fonte de informação
RS	22	FEPAM
ES	6	IEMA
Total	28	-
Áreas onde há populações expostas ou potencialmente expostas a mercúrio		
Estado	Número de áreas	Fonte de informação

⁸⁶ Segundo o Manual do SISOLO, ocorre quando há observação em campo ou vazamento ou queixas de residentes ou trabalhadores no entorno da área.

CE	39	Ministério da Saúde	
SP	9		
MT	8		
PA	8		
PR	8		
BA	7		
RJ	7		
TO	6		
ES	5		
AP	3		
GO	3		
PE	3		
RS	3		Ministério da Saúde
MG	2		
MS	2		
AL	1		
AM	1		
MA	1		
Total	116	-	

* INEMA- Instituto do meio ambiente e recursos hídricos. ** FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Inventário de áreas contaminadas do Estado de Minas Gerais - 2016. Fundação Estadual do Meio Ambiente – Belo Horizonte: FEAM, 2016. *** SUDEMA - Superintendência de Administração do Meio Ambiente. **** É possível que algumas dessas áreas coincidam com alguma das áreas identificadas pelos OEMAs

8.34. COMÉRCIO DE MERCÚRIO E COMPOSTOS MERCURIAIS

O artigo 3 da Convenção de Minamata dispõe sobre as diretrizes para comercialização de mercúrio e compostos mercuriais e sobre a presença de fontes de oferta de mercúrio. De acordo com as especificações deste artigo, o uso do termo "mercúrio" inclui misturas de mercúrio com outras substâncias, em que a concentração mínima de mercúrio seja de 95% do peso total. Sobre os compostos mercuriais, este artigo enumera os seguintes compostos: cloreto de mercúrio (I), óxido de mercúrio (II), sulfato de mercúrio (II), nitrato de mercúrio, cinábrio e sulfeto de mercúrio.

O comércio de mercúrio metálico pelo Brasil é regulamentado pelo Decreto nº 97.634/1989, que estabelece o registro obrigatório dos importadores, produtores e comerciantes como uma condição prévia para o desempenho das atividades relacionadas com mercúrio no país. Este registro é de responsabilidade do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA) e suas especificações - relacionadas ao cadastramento e a obrigação de notificação prévia para importação de mercúrio metálico - estão dispostas na Instrução Normativa IBAMA nº 08, de 8 de maio de 2015.

Uma das formas de analisarmos os registros de importação e exportação realizados pelo Brasil desde 1989 é por meio da plataforma de dados disponibilizada pela Secretaria de Comércio Exterior (SECEX), do Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), denominada AliceWeb.

O AliceWeb consiste em um sistema de informações de comércio exterior, que foi criado com o objetivo de facilitar o acesso aos dados de importação e exportação realizados pelo Brasil e tem como base de informações o Sistema Integrado de Comércio Exterior (SISCOMEX). Com isso, as informações apresentadas nesta seção do documento referentes à importação e exportação de mercúrio e de compostos mercuriais são provenientes desta base de dados.

O acesso aos dados de importação e exportação de produtos é feito por meio do código NCM (Nomenclatura Comum do Mercosul), que é específico para cada categoria de produto cadastrada no sistema. Este código também é utilizado pelos demais países participantes do Mercosul (Argentina, Paraguai e Uruguai) e baseia-se no Sistema Harmonizado e de Codificação de Mercadorias, que é adotado por quase todos os países do mundo.

A tabela 64 apresenta os dados referentes aos volumes de mercúrio metálico importados pelo Brasil no período de 2001 até 2016 e o estado brasileiro responsável pelo processo de importação. Ao analisarmos os volumes importados, é possível notar uma nítida diminuição desses volumes ao longo dos anos. Por exemplo, ao comparar o volume importado em 2001 (62.545 kg) com o volume importado no ano de 2016 (18.118 kg), nota-se uma diminuição de aproximadamente 70%.

Tabela 62. Importação de mercúrio metálico¹ (kg) por estado brasileiro no período de 2001 a 2016.

Estados importadores										
Ano	RS	SC	SP	ES	RJ	PE	CE	BA	MT	Total por ano
2001	503	13.800	13.070	25.013	10.159	-	-	-	-	62.545
2002	-	14.490	12.539	32.257	6.626	973	-	-	-	66.885
2003	3.450	17.423	34.171	17.250	5.486	2.999	-	-	-	80.779
2004	1.725	8.625	5.438	17.250	4.750	-	-	-	-	37.788
2005	-	17.249	24.810	-	1.201	-	-	-	-	43.260
2006	-	17.250	11.787	-	6.685	3.290	-	-	5.210	44.219
2007	-	10.350	16.227	-	7.128	2.070	-	-	-	35.775
2008	-	10.350	4.937	-	4.468	4.410	-	-	-	24.165
2009	345	3.450	11.309	-	15.367	7.245	-	-	-	37.986
2010	-	15.526	8.611	-	1.166	-	-	1.001	-	26.304
2011	-	7.832	-	-	876	-	-	8.004	-	16.712
2012	-	12.938	997	-	1.382	5.003	-	6.728	-	27.048
2013	-	8.626	960	-	5.003	6.900	-	14.633	-	36.152
2014	-	863	960	-	10.352	10.006	-	7.970	-	30.151
2015	-	3.450	-	-	-	-	-	-	-	3.450
2016	-	3.485	1.336	-	5.740	-	1	7.556	-	18.118
Total por Estado	6.023	165.707	147.149	91.770	86.659	42.896	1	45.922	5.210	

As tabelas 65 e 66 apresentam os dados referentes aos países que exportaram mercúrio metálico para o Brasil no período de 2001 a 2016. Considerando este intervalo de tempo, o Brasil adquiriu mercúrio metálico dos seguintes países: Espanha, Estados Unidos, Japão, Reino Unido, Alemanha, México, Espanha e Quirguistão. Dentre estes países, a Espanha ocupa o primeiro lugar no ranking de exportadores, uma vez que exportou somente para o Brasil cerca de 161 toneladas de mercúrio metálico nos últimos 16 anos e o EUA ocupa o segundo lugar, com volume de exportação equivalente a 120 toneladas.

Tabela 63. Exportação de mercúrio metálico¹ (kg) para o Brasil por país no período de 2001 a 2016.

Ano	EUA	Japão	Reino Unido	Alemanha	México	Espanha	Quirquistão	Outros países	Total por ano
2001	1	0	0	689	0	41.885	0	19.970	62.545
2002	18.917	0	7.590	3.688	0	1.993	0	34.697	66.885
2003	8.904	0	31.223	345	0	26.176	0	14.131	80.779
2004	3.600	6.211	0	265	0	8.625	0	19.087	37.788
2005	1.117	0	6.900	166	0	26.900	0	8.177	43.260
2006	8.005	828	0	1.165	3.390	8.005	13.800	9.026	44.219
2007	5.621	0	0	1.036	2.070	11.523	15.525	0	35.775
2008	7.179	2.070	0	1.018	2.070	0	11.558	270	24.165
2009	3.751	5.175	0	637	2.070	22.004	899	3.450	37.986
2010	2.607	0	1.726	2.892	0	10.454	8.625	0	26.304
2011	4.002	0	863	4.878	3.519	3.450	0	0	16.712
2012	14.491	5.003	0	2.379	5.175	0	0	0	27.048
2013	21.563	8.626	5.003	960	0	0	0	36.152	36.152
2014	7.970	10.869	10.005	1.307	0	0	0	30.151	30.151
2015	3.450	0	0	0	0	0	0	0	3.450
2016	9.282	1.035	4.658	0	0	0	0	14.975	18.118
Total por País	120.460	39.817	67.968	21.425	18.294	161.015	50.407	111.951	

Tabela 64. Ranking dos países que exportaram mercúrio metálico¹ para o Brasil no período de 2001 a 2016 e volume de mercúrio exportado (kg).

País Exportador	Volume de Mercúrio
Espanha	161.015
EUA	120.460
Reino Unido	67.968
Quirquistão	50.407

Japão	39.817
Alemanha	21.425
México	21.425

Fonte: AliceWeb

A tabela 67 apresenta os dados referentes a importação de compostos mercuriais pelo Brasil, que foram citados no texto da Convenção de Minamata. Dentre estes compostos, a Plataforma AliceWeb disponibiliza dados referentes a importação dos seguintes compostos: Óxidos de Mercúrio e Cloreto de Mercúrio (I) e (II).

Tabela 65. Importação de compostos mercuriais (kg) pelo Brasil no período entre os anos de 2001 a 2016.

Ano	Óxidos de Mercúrio*	Cloreto de Mercúrio (I)**	Cloreto de Mercúrio (II)***
2001	0	513	0
2002	0	303	0
2003	0	27	33
2004	0	100	142
2005	0	55	122
2006	178	3	529
2007	1	0	144
2008	2	0	172
2009	3	0	119
2010	1	0	318
2011	0	0	166
2012	1	0	0
2013	5	0	0
2014	18	0	0
2015	7	0	0
2016	12	0	0
Total	228	1.001	1.745

*Códigos NCM 28259030, 28521011, 28520011. ** Códigos NCM 28273930, 28273931. *** Códigos NCM 28273932, 28520013, 28520014. Fonte: AliceWeb

Além de país importador de mercúrio metálico e compostos mercuriais, o Brasil também exporta mercúrio metálico para países do Mercosul, sendo seu principal comprador a Argentina (tabela 68).

Tabela 66. Exportação de mercúrio metálico¹ (kg) pelo Brasil e país importador no período de 2001 a 2016.

Ano	Argentina	Espanha	Outros países	Total
2001	0	0	60	60
2002	0	0	3	3
2003	0	0	1	1
2004	0	0	1	1
2005	0	0	345	345
2006	0	0	0	0
2007	0	0	0	0
2008	3.795	0	0	3.795
2009	5.040	130.632	165	135.837
2010	8.640	0	0	8.821**
2011	9.317	0	0	9.317
2012	0	0	0	0
2013	2.415	0	0	2.415
2014	0	0	0	0
2015	0	0	0	0
2016	0	0	7	7

* Código NCM 28054000. ** Discrepância de resultados. Fonte: AliceWeb

Todos os dados referentes ao comércio de mercúrio metálico e compostos mercuriais (dados referentes aos volumes de mercúrio importado e exportado, países exportadores e estados brasileiros importadores) pelo Brasil podem ser facilmente acessados por meio da Plataforma AliceWeb. Porém, ao considerar a lista de compostos mercuriais apresentada no artigo 3 da Convenção de Minamata, não há registros da importação e/ou da exportação dos seguintes compostos: sulfato de mercúrio (II), nitrato de mercúrio, cinábrio e sulfeto de mercúrio.

Além disso, esta plataforma não disponibiliza informações a respeito dos setores responsáveis pelas importações (ex.: indústria química, fábrica de lâmpadas etc.). A disponibilização de informações mais detalhadas é de responsabilidade do IBAMA (órgão responsável pelo cadastramento de atividades que envolvem o uso de mercúrio e seus compostos) e depende de solicitação oficial. A dificuldade de obter informações mais detalhadas sobre a importação de mercúrio e os volumes utilizados pelos diferentes setores ou atividades pode representar um obstáculo importante para a elaboração de um inventário nacional de emissões mercuriais.

No que diz respeito as informações disponíveis sobre o comércio de mercúrio e compostos mercuriais, pode-se avaliar que as mesmas são adequadas e suficientes para elaboração do inventário de emissões mercuriais a partir do uso do *Toolkit* PNUMA.

8.35. PRODUTOS COM MERCÚRIO ADICIONADO (ARTIGO 4 / ANEXO A)

O artigo 4 da Convenção de Minamata dispõe sobre medidas para a proibição da fabricação, importação e exportação de produtos com mercúrio adicionado, listados no Anexo A / Parte I, com suas respectivas datas de "phase-out". Além disso, este artigo estabelece medidas para minimizar o uso de amálgamas dentárias que contenham mercúrio, conforme trata o Anexo A / Parte II.

Abaixo encontra-se a lista de produtos sujeitos ao banimento após a entrada em vigor da Convenção de Minamata e àqueles sujeitos à redução do uso.

8.35.1. PARTE I: PRODUTOS REFERIDOS NO ARTIGO 4º, PARÁGRAFO 1º

- Baterias, exceto para baterias de botão de óxido de prata e zinco contendo menos de 2% de mercúrio e baterias de botão de zinco-ar contendo menos de 2% de mercúrio (Data para "phase-out" 2020).
- Baterias tipo botão de óxido de prata e zinco com teor de mercúrio < 2% e baterias tipo botão de zinco-ar com teor de mercúrio < 2% (Data para "phase-out" 2025)
- Interruptores e relés, exceto pontes de medição de capacitância e perdas de altíssima precisão e interruptores e relés de radiofrequência de alta frequência em instrumentos de monitoramento e controle com um teor máximo de mercúrio de 20 mg por ponte, interruptor ou relé (Data para "phase-out" 2025).
- Lâmpadas fluorescentes compactas de menos de 30 watts contendo mais de 5 mg de mercúrio por bulbo de lâmpada (Data para "phase-out" 2020).
- Lâmpadas fluorescentes compactas (CFLs) para fins de iluminação geral com > 30 watts (Data para "phase-out" 2026)

- Lâmpadas fluorescentes compactas ≤ 30 watts com reator integrado (CFL.i) para fins de iluminação geral com teor de mercúrio não superior a 5 mg por queimador de lâmpada (Data para "phase-out" 2025)
- Lâmpadas fluorescentes compactas ≤ 30 watts com reator não integrado (CFL.ni) para fins de iluminação geral com teor de mercúrio não superior a 5 mg por queimador de lâmpada (Data para "phase-out" 2026)
- Lâmpadas fluorescentes lineares (LFL) para fins de iluminação geral:
 - (a) Fósforo tribanda < 60 watts com teor de mercúrio superior a 5 mg por lâmpada (Data para "phase-out" 2020);
 - (b) Fósforo halofosfato ≤ 40 watts com teor de mercúrio superior a 10 mg por lâmpada (Data para "phase-out" 2020)
- Lâmpadas fluorescentes lineares (LFL) para fins de iluminação geral:
 - (a) Fósforo halofosfato ≤ 40 watts com um teor de mercúrio não superior a 10 mg por lâmpada (Data para "phase-out" 2026)
 - (b) Fósforo halofosfato > 40 watts (Data para "phase-out" 2026)
- Lâmpadas fluorescentes lineares (LFL) para fins de iluminação geral:
 - (a) Fósforo tribanda < 60 watts com teor de mercúrio não superior a 5 mg/lâmpada (Data para "phase-out" 2027)
 - (b) Fósforo tribanda ≥ 60 watts com teor de mercúrio não superior a 5 mg por lâmpada (Data para "phase-out" 2027)
 - (c) Fósforo tribanda ≥ 60 watts com teor de mercúrio superior a 5 mg por lâmpada (Data para "phase-out" 2027)
- Lâmpadas fluorescentes não lineares (NFLs) (por exemplo, curvas em U e circulares) para fins de iluminação geral:
 - (a) Fósforo tribanda, todas as potências (Data para "phase-out" 2027)
 - (b) Fósforo halofosfato, todas as potências (Data para "phase-out" 2026)
- Lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão (HPMV) para fins de iluminação geral (Data para "phase-out" 2020)
- Mercúrio em lâmpadas fluorescentes de cátodo frio e lâmpadas fluorescentes de eletrodo externo (CCFL e EEFL) para displays eletrônicos:
 - (a) Comprimento curto (≤ 500 mm) com teor de mercúrio superior a 3,5 mg por lâmpada (Data para "phase-out" 2020)
 - (b) Comprimento médio (> 500 mm e ≤ 1.500 mm) com teor de mercúrio superior a 5 mg por lâmpada (Data para "phase-out" 2020)
 - (c) Comprimento longo (> 1.500 mm) com teor de mercúrio superior a 13 mg por lâmpada (Data para "phase-out" 2020)
- Lâmpadas fluorescentes de cátodo frio (CCFL) e lâmpadas fluorescentes de eletrodo externo (EEFL) de todos os comprimentos para displays eletrônicos, não incluídas na listagem diretamente acima (Data para "phase-out" 2025)

- Cosméticos (contendo mais de 1 ppm de mercúrio), incluindo cremes para pele e não-excluindo cosméticos para área dos olhos que usam mercúrio como preservativo onde não há substitutos disponíveis (Data para "phase-out" 2020).
- Cosméticos, incluindo sabonetes e cremes clareadores da pele, e não incluindo cosméticos para a área dos olhos, onde o mercúrio é usado como conservante e não há conservantes substitutos eficazes e seguros disponíveis (Data para "phase-out" 2025)
- Pesticidas, biocidas e antissépticos de uso tópico (Data para "phase-out" 2020).
- Os seguintes equipamentos de medição não-eletrônicos, excetuando os instalados em larga-escala ou os usados para medição de alta precisão, onde não há alternativa livre de mercúrio disponível: (a) barômetros; (b) higrômetros; (c) manômetros; (d) termômetros; (e) esfigmomanômetros (Data para "phase-out" 2020).

8.35.2. PARTE II: PRODUTOS REFERIDOS NO ARTIGO 4º, PARÁGRAFO 3º

- Amálgamas Dentárias (Produto sujeito à redução do uso).

8.35.3. Dados e inventários sobre pilhas e baterias

Pilha é a denominação atribuída a um dispositivo eletroquímico capaz de converter energia química em energia elétrica. As pilhas possuem um anodo (eletrodo negativo), um catodo (eletrodo positivo) e a pasta eletrolítica, onde ocorrem as reações químicas que geram a corrente elétrica (Afonso et al., 2003).

Segundo Mantuano et al. (2011), o consumo anual de pilhas no Brasil está estimado em 1,2 bilhão de unidades, que equivale a 6 unidades de pilha por habitante/ano. Em países mais desenvolvidos, como o Estados Unidos, o consumo anual por habitante está estimado em 10 a 15 unidades.

As pilhas podem ser classificadas de acordo com a tecnologia para geração de corrente elétrica, os tipos mais comuns são: zinco/MnO₂; zinco/cloreto; alcalina; mercúrio/zinco (também conhecidas como pilhas de óxido de mercúrio); zinco/ar; zinco/prata (ou óxido de prata); lítio e níquel/cádmio.

A primeira lei voltada ao uso consciente de pilhas e baterias no Brasil foi a Resolução CONAMA nº 257 de 1999, que estabeleceu obrigatoriedade de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final adequada de pilhas e baterias contendo chumbo, cádmio e mercúrio. Essa resolução atribuiu responsabilidade aos fabricantes

e importadores pelo tratamento e/ou disposição final das pilhas e baterias devolvidas pelos usuários aos estabelecimentos comerciais e impôs redução gradativa dos limites de mercúrio, cádmio e chumbo.

Anos mais tarde a Resolução nº 257 foi substituída pela nº 401 de 2008, atualmente em vigor no país. Esta resolução estabelece que é de responsabilidade do fabricante e do importador a destinação ambientalmente adequada de pilhas e baterias. Segundo a Resolução CONAMA nº 401, a destinação ambientalmente adequada de pilhas e baterias é aquela que minimiza os riscos ao meio ambiente e adota procedimentos técnicos de coleta, recebimento, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final de acordo com a legislação ambiental vigente. Além disso, estabelece concentrações ainda mais baixas de mercúrio, chumbo e cádmio nas pilhas e baterias.

Assim, ficou definido que pilhas e baterias de zinco-manganês e alcalino-manganês devem conter até 0,0005% em peso de mercúrio (pilhas e baterias do tipo portátil, botão e miniatura) e que as baterias de chumbo-ácido não poderão ter teores de mercúrio acima de 0,005% em peso. Os teores de mercúrio em pilhas e baterias de óxido de mercúrio não foram limitados pela Resolução nº 401/2008.

9. INVENTÁRIO SOBRE MINERAÇÃO ARTESANAL E EM PEQUENA ESCALA

As informações sobre Mineração Artesanal e de Pequena Escala de Ouro (MAPEO) são vitais para atender aos compromissos oriundos da Convenção de Minamata, como a elaboração e manutenção do inventário de emissões nos marcos do Artigo 8 da Convenção. Além disso, subsidiam a proposição de metas de redução reais e alcançáveis, em um esforço conjunto do setor produtivo e do governo brasileiro, incluindo as suas instâncias Federal, Estadual e Municipal, que auxiliarão na elaboração do Plano de Ação Nacional para a MAPEO, conforme Artigo 7 da Convenção.

O PNUMA sugere a utilização do *Toolkit* para Identificação e Quantificação de Liberações de Mercúrio para auxiliar na produção do inventário de emissões de mercúrio. Assim, o presente trabalho buscou complementar os parâmetros do *Toolkit* para adequá-lo à realidade da MAPEO brasileira e, assim, estimar emissões mais adequadas.

A MAPEO no Brasil é um setor extremamente heterogêneo, mesmo abrigado sob uma mesma denominação. Apresenta-se múltiplo e díspar não permitindo simplificações. Varia desde o aspecto de legalidade (pela permissão de lavra e/ou recebimento de áreas com concessão de lavra), no tamanho das áreas, na presença ou não de cooperativas, no número de cooperados associados e grau de maturidade das mesmas, nas relações laborais, na forma de atuação dos gestores de áreas de cooperativas ou dos detentores de permissão de lavra, na escala de produção, no tipo de minério, no tipo de equipamentos, em sua eficiência e qualidade, no nível de manutenção destes equipamentos, etc.

Ainda, o distinto grau de clareza nas orientações fornecidas por instituições governamentais e da sua atuação na fiscalização, incrementam as facetas do setor. Um aspecto geral, entretanto, é o uso de mercúrio na amalgamação do ouro. É difícil afirmar o número de garimpeiros de ouro no Brasil devido à inexistência de censo específico para este fim. Entretanto, alguns números têm sido indicados, variando uma ordem de grandeza, de aproximadamente 80.000 a 800.000, dependendo da fonte de informação.

A seleção das áreas de MAPEO para as visitas técnicas foi realizada a partir da organização de dados e da interpretação das informações então disponíveis. Portanto, primeiramente, foram identificadas as unidades da federação mais importantes

produtoras de ouro em áreas legalizadas e/ou com potencialidade. A estratégia foi integrar os registros do Departamento Nacional de produção Mineral (DNPM) com as bases do Instituto Brasileiro de geografia e Estatística (IBGE), em banco de dados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), desenvolvido especialmente para esta análise. Os resultados mostraram que existem atualmente (até julho/2017) 1.515 processos em fase de Permissão de Lavra Garimpeira (PLG) de ouro no Brasil. Atingem uma área de aproximadamente 500.000ha distribuídos em 10 estados: Amazonas/AM; Amapá/AP; Bahia/BA; Goiás/GO; Minas Gerais/MG; Mato Grosso/MT; Pará/PA; Pernambuco/PE; Rondônia/RO e Tocantins/TO. Estas áreas foram solicitadas por 235 requerentes, dos quais 191 são Pessoas Físicas - PF e 44 são Pessoas Jurídicas - PJ. Destas, 28 são cooperativas. As Pessoas Jurídicas detêm uma área que equivale a 88% do total das áreas de PLG. As 10 maiores áreas são cooperativas e suas áreas representam 95% das áreas requeridas por PJ. Localizam-se em quatro estados: AM, PA, RO e MT. Uma única cooperativa é responsável por quase 30% de toda a área de PLG brasileira; suas áreas estão localizadas nos estados do PA, AM e RO. Os 10 maiores requerentes Pessoa Física detêm 6% da área de PLG em território nacional e localizam-se em 2 estados: MT e PA. Um único requerente PF, com 162 áreas de PLG, todas localizadas no estado do PA, detêm 2% da área de PLG no Brasil. Este quadro demonstra a concentração de grandes áreas de MAPEO vinculadas a um pequeno número de requerentes, seja PF ou PJ (cooperativas).

Em seguida, foram consideradas as condições de apoio das instituições locais e de logística e, finalmente, de receptividade pelo setor produtivo. Por estas razões, os estados pré-selecionados foram: AP, BA, MT, PA e RO, sendo que em RO, a visita técnica foi cancelada em função da ocorrência de violentos conflitos entre instituições governamentais e a pequena mineração de ouro e madeiras. As visitas técnicas tiveram como foco principal obter informações e realizar o balanço de massas do mercúrio durante o processamento mineral, para quantificar sua perda para o meio ambiente. Informações sobre a produção de ouro e o uso de mercúrio são questões sensíveis e apenas perguntar diretamente sobre isso poderia não produzir resultados confiáveis. Adicionalmente, foram realizadas também perguntas indiretas para confirmação das respostas obtidas para tais questões. As perguntas indiretas abrangem salário dos trabalhadores, número de trabalhadores, renda diária ou semanal obtida, custos de operação, etc. Um questionário semi-estruturado foi desenvolvido e aplicado aos gestores de áreas e garimpeiros nas áreas visitadas. A triangulação das informações foi obtida com a análise qualitativa da similaridade ou aderência entre os resultados do experimento e as respostas obtidas às perguntas diretas e indiretas do questionário. Vinte e seis (26) áreas de MAPEO foram estudadas: sete (7) no estado do Pará (sendo seis na primeira fase e uma na segunda fase), dez (10) no estado do

Mato Grosso, cinco (5) no estado do Amapá, três (3) no estado da Bahia e um (1) em no estado de Rondônia. Deste total, dezessete (17) áreas foram visitadas, e em catorze (14) áreas foram realizados também os experimentos de balanço metalúrgico, sendo que em doze (12) áreas foi possível realizar os experimentos completos do balanço metalúrgico de uso e perda de Hg (ou balanço de massas de mercúrio nos processos produtivos da MAPEO) e em duas áreas foram realizados experimentos parciais. Das catorze (14) áreas onde foram realizados os experimentos, seis (6) exploram o minério secundário, uma (1), o rejeito do minério secundário, e sete (7), o minério primário. Em relação à procedência do Hg utilizado nas MAPEO, a grande maioria relatou a compra de Hg sem nota fiscal. Segundo eles, a aquisição de Hg legalizado é muito difícil, pois não há mercado formal do produto enquanto a ilegal é bastante fácil. Conforme informações recebidas, o preço do Hg varia nos estados brasileiros, de R\$ 600,00/kg a até R\$ 1.200,00/kg. Comprovou-se a facilidade de aquisição de Hg em sites da internet.

A massa total de Hg perdida para o meio ambiente pela MAPEO compreende: 1) a massa perdida para solos, águas, sedimentos ou rejeitos (contidos ou não em bacias de contenção de rejeitos) e, 2) a massa perdida diretamente para a atmosfera. Os principais fatores que influenciam as emissões (diretamente para a atmosfera) de Hg por MAPEO são: a quantidade de Hg presente no amálgama, a produção de ouro e a aplicação de sistemas de abatimento destas emissões diretas (retortas, capelas, etc). Os principais fatores que influenciam as liberações (perdas para solos, águas e/ou rejeitos) de Hg por MAPEO são: a quantidade de mercúrio usado por ouro produzido, a quantidade de ouro produzida e a existência de sistemas de controles ambientais (filtragem, bacias de contenção de rejeitos, gestão de resíduos, etc). É sabido que o Hg liberado para os rejeitos, solos e rios podem ser re-emitidos, mas a estimativa de emissão para a atmosfera a partir dos rejeitos, solos e rios, não é objeto deste projeto de pesquisa. Do experimento de balanço de massas de mercúrio foram calculadas: (i) as proporções de mercúrio utilizado por grama de ouro produzido em função das diferentes matérias primas e dos processos produtivos e; (iii) a proporção de mercúrio recuperado e de mercúrio perdido para o ambiente, em função também dos equipamentos de controle ambiental disponíveis e/ou utilizados. Posteriormente, tais processos foram associados às medidas de teores de mercúrio na atmosfera, quando possível. A relação média Hg usado: Au produzido foi similar na amostragem geral e nos experimentos, e resultou em torno de 5:1. Nos experimentos, a diferença nesta relação em função do tipo de minério se mostrou mais clara e acentuada: o minério primário consome cerca de quatro vezes mais Hg do que o minério secundário. A prática da filtragem é rotineira no Brasil.

Em termos gerais, 70% da massa de Hg inicial é recuperada pela filtragem e pelo uso de controles para abatimento da emissão de mercúrio para a atmosfera (como as capelas e retortas). As perdas, em média, são de 30% da massa de Hg inicial, sendo 15% liberado para solos, águas e sedimentos e para rejeitos e 15% emitida diretamente para a atmosfera. As variações observadas destes percentuais entre as diferentes MAPEO visitadas indicam que a perda de Hg mostra-se distinta em função do tipo de minério, da escala de produção e possivelmente, como consequência também das orientações recebidas e/ou da intensidade de fiscalização do governo, que por sua vez é impactada, entre outros fatores, pela acessibilidade às MAPEO. A quantidade de Hg utilizado por unidade de ouro produzido variou de 2:1 para minério secundário com uma perda média de 10% e 8:1 para minério primário com uma perda média de 45%. A maior parte da produção de ouro por MAPEO no Brasil é oriunda de minério secundário.

Por isto, para os cenários, será assumido que 80% da produção sejam de minério secundário concentrado (relação de 2:1) e que os 20% restante sejam de minério primário, concentrado ou não concentrado (relação de 8:1). Deve-se considerar que a produção total de ouro pela MAPEO se relaciona ao somatório da produção legalizada e declarada e da produção ilegal, que pode ser a produção não declarada de áreas legalizadas e da produção em áreas não legalizadas (oriunda de áreas sem licença ambiental, sem PLG ou concessão de lavra, em terras indígenas, em áreas de proteção ambiental, etc). A produção legal de ouro pela MAPEO é rastreada pelo pagamento de Imposto de sobre Operações Financeiras (IOF). Em 2016, foi de aproximadamente 25 toneladas de ouro. A quantificação da produção ilegal não é tarefa trivial. A Tabela 69 apresenta as estimativas de emissões de Hg.

Tabela 67. Estimativas de Emissões de Hg diretamente para a atmosfera e de potenciais liberações para solos, águas e/ou rejeitos (contidos ou não) e fatores de distribuição da perda de Hg para a atmosfera, águas e/ou rejeitos.

C	Au p	Condição de legalidade	Tipo minério	% de aplicação	Hgu: Aup	MHgi	MHgi total	Rec 1	ΣHg +Hg amal	Hg Lib.*	Hg total Lib.*	Queima de amalgama	% de aplicação	Hg emitido	Hg total emit.**	Hg total Emit. legal+ ilegal	Hg total perdido: Σliberado +emitido	Fator atm. (%)	Fator solo (%)
25	25	100% legal	Secundário	90	2:1	45	65	32,5	57,5	7,5	7,5	Com controle	80	6	11	11	18,5	59	41
		0% ilegal	Primário	10	8:1	20						Sem controle	20	5					
27,5	235		Secundário	90	2:1	45	6,5	3,25	5,75	0,75	8,25	Com controle	20	0,15	2,15	13,15	21,4	61	39
		10% ilegal	Primário	10	8:1	2						Sem controle	80	2					
32,5	7,5		Secundário	90	2:1	13,5	19,5	9,75	17,25	2,25	9,75	Com controle	20	0,45	6,45	17,45	27,2	64	36
		30% ilegal	Primário	10	8:1	6						Sem controle	80	6					
37,5	12,5		Secundário	90	2:1	22,5	32,5	16,25	28,75	3,75	11,25	Com controle	20	0,75	10,75	21,75	33	66	34
		50% ilegal	Primário	10	8:1	10						Sem controle	80	10					
45	20		Secundário	90	2:1	36	52	26	46	6	13,5	Com controle	20	1,2	17,2	28,2	41,7	68	32
		80% ilegal	Primário	10	8:1	16						Sem controle	80	16					
50	25		Secundário	90	2:1	45	65	32,5	57,5	7,5	15	Com controle	20	1,5	21,5	32,5	47,5	68	32
		1x mais ilegal	Primário	10	8:1	20						Sem controle	80	20					
75	50		Secundário	90	2:1	90	130	65	115	15	22,5	Com controle	20	3	43	54	76,5	71	29
		2x mais ilegal	Primário	10	8:1	40						Sem controle	80	40					
200	175		Secundário	90	2:1	315	455	227,5	402,5	52,5	60	Com controle	20	10,5	150,5	161,5	221,5	73	27
		8x mais ilegal	Primário	10	8:1	140						Sem controle	80	140					

C= Cenários de produção de ouro; Aup= Ouro produzido; % aplicação; percentual de MAPEO que trabalham na condição indicada; MHgi= Massa inicial de Hg; MHgitotal= Massa de HG inicial total; Rec 1= Massa de Hg recuperada na filtragem; ΣHg Rec 1+ Hg amal= Massa de Hg recuperada somada à massa potencialmente existente no amálgama; Hg lib.*= Hg liberado ou perdido para solos, águas e rejeitos; MHgi- (ΣHg Rec 1+ Hg amal); Hg emit.**= Hg emitido diretamente para a atmosfera; Hgu:Aup= relação Hg usado: Au produzido.

Os resultados da pesquisa mostraram que, em 2016, a emissão de Hg diretamente para a atmosfera por MAPEO no Brasil variou uma ordem de grandeza de 11 toneladas a 161 toneladas, considerando a produção legal e ilegal de ouro, os distintos processos e os percentuais de uso de controles de emissão.

Para obtenção dos resultados, diversas premissas foram assumidas. Parte delas teve como base revisão bibliográfica, a experiência da equipe técnica e os resultados das reuniões com as diferentes instituições que se relacionam com o setor da MAPEO e outra parte foi baseada nos resultados obtidos dos experimentos de balanço de massas de Hg e na vivência da equipe durante a realização dos trabalhos de campo.

Sabe-se que a qualidade das estimativas é consequência da validade destas várias premissas assumidas. Quanto maior consenso for obtido sobre dados chave para as estimativas, maior sua acuracidade. A escolha de cenário que melhor represente a realidade da MAPEO brasileira é o caminho para decrescer as incertezas das estimativas.

Nos experimentos realizados e pelas informações recebidas, a relação Hg:Au no amálgama no Brasil se mostrou constante e em média, 1:1. Esta parece ser uma divergência importante das premissas assumidas no "*Toolkit*", que afirma existir grande variação nos teores de Hg em amálgamas. Esta relação é essencial pois é a base para a estimativa de emissão de Hg direta para a atmosfera, podendo ou não haver abatimento pelo uso de sistemas de controles (retortas e/ou capelas ou outros).

Quanto à liberação de Hg para solos, águas e/ou rejeitos (contidos ou não), a relação Hg usado: Au produzido é importante, porém, a filtragem, realizada por praticamente todos os garimpeiros, recupera em torno de 50% da massa inicial, não importando quanto foi adicionado ao sistema. O que importa, no caso, é a quantidade de ouro que será amalgamada pois carregará a mesma massa de Hg para o amálgama. E impactará a emissão, conforme dito no parágrafo acima.

É preciso lembrar os altos teores de mercúrio na atmosfera medidos durante a decomposição do amálgama, mesmo com a utilização de retortas ou capelas. Trata-se de emissões importante, podendo representar também riscos à saúde humana por exposição ocupacional e/ou ambiental. Há situações em que pessoas com outros ofícios (cozinheiras, vigias etc.) podem estar expostas, especialmente as que pernoitam em locais próximos às áreas de decomposição do amálgama.

Há limites de emissão acima dos quais as plantas industriais devem reportar suas

emissões de Hg, em diferentes países, sendo 5Kg/ano, no Canadá, e de 10 Kg/ano nos países da Comunidade Europeia. Assim, sugere-se que estes limites sejam adotados no Brasil para as MAPEO, que, se emitirem mais do que estas cargas anuais, deveriam realizar seus balanços e reportar às instituições responsáveis.

Finalmente, ressalta-se a importância do trabalho de campo, pela possibilidade de realização dos experimentos durante a rotina de trabalho dos garimpeiros, das observações realizadas nas áreas de MAPEO, da escuta e valorização das informações compartilhadas pelos garimpeiros.

I. INVENTÁRIO SOBRE A TERRA INDÍGENA YANOMAMI

A Terra Indígena Yanomami é a maior do país em extensão territorial, e sofre com a invasão e violência de garimpeiros e com a contaminação ambiental pelo mercúrio utilizado no garimpo. Após crise emergencial declarada no início de 2023, o Governo iniciou uma série de ações com o objetivo de restabelecer os serviços de saúde e socorrer parte dos cerca de 30,4 mil yanomami que vivem espalhados pela maior terra indígena do Brasil. Com cerca de 9,6 milhões de hectares, a reserva abrange parte do território de Roraima e do Amazonas, próximo à fronteira com a Venezuela. Cada hectare corresponde, aproximadamente, às medidas de um campo de futebol oficial. Em 20 de janeiro de 2023, o Decreto nº 11.384 instituiu o Comitê de Coordenação Nacional para Enfrentamento à Desassistência Sanitária das Populações em Território Yanomami com o objetivo de discutir as medidas a serem adotadas e auxiliar na articulação entre entes federativos e entre o Poder Executivo, legislativo e Judiciário.

Tal comitê é coordenado pela Casa Civil/Presidência da República e é composto pelo Ministério da Saúde, Ministério dos Povos Indígenas, Ministério da Defesa, Ministério da Justiça e Segurança Pública, Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome e Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos. O Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima é convidado do Comitê, conforme art 3º, §2º.

No âmbito do Comitê, foi elaborado um plano de ação amplo com diversos eixos temáticos com o intuito de atender à emergência decretada nos territórios Yanomami. O MMA, IBAMA e ICMBio são corresponsáveis por dois eixos elencados no plano:

1. Ações de monitoramento de informações estratégicas e recuperação ambiental e
2. Acesso à cidadania e ações de desenvolvimento.

Dessa forma, foi necessária a instituição do Grupo de Trabalho (GT Yanomami) no

âmbito do MMA e vinculadas com o objetivo de acompanhar as ações ambientais previstas no plano de ação do Comitê de Coordenação Nacional para Enfrentamento à Desassistência Sanitária das Populações em Território Yanomami.

O GT Yanomami é coordenado pela Secretaria Executiva do MMA e tem vigência de 12 meses, podendo ser prorrogado por igual período. Sua composição se dará por representantes de Secretarias do MMA (SQA, SNPCT e SECD), IBAMA e ICMBio conforme art 2º da minuta:

Art. 2º O Grupo de Trabalho será composto por representantes, titular e suplente, na forma a seguir:

- um representante da Secretaria-Executiva, que o coordenará;
- um representante Secretaria Nacional de Meio Ambiente Urbano e Qualidade Ambiental;
- um representante Secretaria Nacional de Povos e Comunidades Tradicionais e Desenvolvimento Rural Sustentável;
- um representante Secretaria Extraordinária de Controle do Desmatamento e Ordenamento Ambiental Territorial;
- um representante do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA;
- um representante do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBIO

A atuação do governo na TI Yanomami sinaliza seu compromisso com o enfrentamento do garimpo e de outras formas de invasão, também em outros territórios indígenas no país. O Supremo Tribunal Federal (STF) determinou em agosto de 2020, no âmbito da Arguição de Descumprimento de Preceito Fundamental (ADPF) 709, que fossem adotadas medidas de contenção do avanço do Covid-19 em áreas indígenas com, inclusive, desintrusão de invasores nos territórios e, em 05 de maio de 2023, reforçando a ADPF, o Ministro Luiz Roberto Barroso determinou a obrigatoriedade do Governo em estabelecer medidas de proteção territorial e a retirada de invasores de sete terras indígenas.

10. PRIORIDADES DE AÇÃO PARA IMPLEMENTAÇÃO DA CONVENÇÃO DE MINAMATA

Este Capítulo apresenta um plano para implementação de ações prioritárias para a implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio no Brasil. De acordo com o IOMC (2020), no MIA podem ser incluídas ações que o país planeja tomar para:

- Ratificar (aceitar ou aprovar) a Convenção e implementar suas disposições em vigor.
- Reduzir o uso, as emissões e as liberações de mercúrio de produtos adicionados de mercúrio (Artigo 4º), processos de fabricação (Artigo 5º), ASGM (Artigo 7º), fontes de ponto e liberação (Artigos 8º e 9º).
- Melhorar a armazenagem provisória de mercúrio (Artigo 10º), a gestão dos resíduos de mercúrio (Artigo 11º) e os locais contaminados (Artigo 12º).
- Proporcionar acesso a recursos financeiros (Artigo 13º), além de capacitar, prestar assistência técnica e transferir tecnologia (Artigo 14º).
- Proteger a saúde pública (Artigo 16º);
- Promover o intercâmbio de informações/sensibilização (Artigos 17º e 18º).

Com base nos resultados obtidos neste Inventário, foram previstas ações para a implementação de cada um dos temas.

I. PRODUTOS COM ADIÇÃO DE MERCÚRIO DO SETOR SAÚDE (ART. 4º)

A fabricação, importação e comercialização dos termômetros e esfigmomanômetros (aparelhos para verificar a pressão arterial) que utilizam coluna de mercúrio para diagnóstico em saúde foram proibidas em 2019. A medida também incluiu a proibição de uso destes equipamentos em serviços de saúde, que devem realizar o descarte dos resíduos sólidos contendo mercúrio, conforme resolução da ANVISA RDC nº 145/2017. A determinação, aprovada pelo Ministério da Saúde e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), cumpre o compromisso assumido pelo Brasil na Convenção de Minamata, que debateu os riscos do uso do mercúrio para a saúde e para o meio ambiente.

Apesar do uso ter sido proibido, ainda são necessárias orientações sobre a logística de recolhimento e transporte destes equipamentos aos locais apropriados para destinação final adequada. No âmbito do SUS, a Política Nacional de Saúde Bucal

garante assistência na promoção e prevenção em saúde, estabelecendo objetivos nacionais para redução da prevalência de cárie dentária e preconiza uma odontologia que postergue a necessidade de restaurações.

O Brasil, por ser signatário da Convenção de Minamata sobre mercúrio em 2013, no Japão, tem destinado esforços para diminuir o uso dos amálgamas dentários, com foco na promoção, prevenção, identificação de grupos de risco e detecção precoce de agravos bucais.

Os países signatários da Convenção de Minamata sobre Mercúrio devem adotar medidas para a redução do uso dos amálgamas dentários, tendo em conta as circunstâncias nacionais da Parte e orientações internacionais relevantes, e devem incluir duas ou mais medidas dentre as listadas abaixo:

- i. Estabelecer objetivos nacionais visando à prevenção de lesões de cárie e promoção de saúde, minimizando assim a necessidade de restaurações dentárias;
- ii. Estabelecer objetivos nacionais visando a minimizar seu uso;
- iii. Promover o uso de alternativas sem mercúrio com bom custo-benefício e clinicamente eficazes para restaurações dentárias;
- iv. Promover pesquisa e desenvolvimento de materiais de qualidade e livre de mercúrio para restaurações dentárias;
- v. Incentivar organizações representativas de profissionais e escolas de odontologia a educar e qualificar alunos e profissionais odontólogos no uso de restaurações dentárias sem mercúrio e na promoção de melhores práticas de gestão;
- vi. Desencorajar políticas e programas de seguros que favoreçam o uso de amálgamas dentários em vez de alternativas sem mercúrio para restaurações dentárias;
- vii. Incentivar políticas e programas de seguro que favoreçam o uso de alternativas de qualidade para amálgamas dentários em restaurações dentárias;
- viii. Restringir o uso de amálgamas dentários à sua forma encapsulada;
- ix. Promover o uso de melhores práticas ambientais em consultórios odontológicos a fim de reduzir as liberações de mercúrio e compostos de mercúrio na água e no solo.

Além disso, as Partes deverão:

- i. Excluir ou não permitir, tomando medidas apropriadas, o uso de mercúrio a granel por dentistas;
- ii. Excluir ou não permitir, tomando as medidas cabíveis, ou desaconselhar o uso

de amálgama dentária para o tratamento odontológico de dentes decíduos, de pacientes menores de 15 anos e de mulheres grávidas e lactantes, exceto quando considerado necessário pelo dentista com base nas necessidades do paciente.

De acordo com o Ministério da Saúde, o Brasil tem adotado as ações supracitadas em realce para redução do uso desse material no país. É válido ressaltar que o Estado possui um modelo de organização que garante o acesso universal e gratuito às pessoas, famílias e comunidades, pautado na operacionalização de fluoretação de água de abastecimento, obrigatoriedade da fluoretação de dentifrícios e recomenda o uso de outras medidas de uso de fluoretos, bem como a atuação das equipes de Saúde Bucal no contexto da Estratégia de Saúde da Família. Essa atuação é calcada nos atributos da APS que preconizam: acesso de primeiro contato, longitudinalidade e resolutividade, coordenação do cuidado e em três atributos derivados, competência cultural, orientação familiar e comunitária.

O "phase down" (a redução) do amálgama na pesquisa e no ensino já tem sido observado em vários países do mundo e também no Brasil. De forma geral, novas gerações de dentistas não recebem treinamento detalhado para realizar restaurações usando amálgama, havendo foco no ensino, pesquisa e desenvolvimento tecnológico contemporâneos em materiais adesivos, que permitem procedimentos restauradores com menor invasividade.

Uma estratégia para o phase-out do uso do mercúrio em amálgamas será desenvolvido como medida prioritária para a implementação da Convenção.

II. LÂMPADAS FLUORESCENTES (ART. Xº)

As lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista, no momento do descarte, não devem ser destinadas junto ao lixo comum. Os consumidores devem descartar suas lâmpadas nos pontos de recebimento instalados no comércio.

O processo de logística reversa das lâmpadas inclui o gerenciamento das seguintes etapas: coleta, transporte, triagem, consolidação e tratamento na indústria de reciclagem.

De acordo com a Reciclus, em 5 anos, de 2017 a 2021, 20.138.214 unidades de lâmpadas foram recolhidas em 3.043 pontos de coleta.

As medidas estabelecidas visam minimizar os riscos do descarte inadequado de um

grande volume de lâmpadas de mercúrio, que pode gerar a contaminação do solo e da água e causar danos à saúde humana, à fauna e à flora.

O MMA desenvolveu Acordo Setorial para implantação do Sistema de Logística Reversa de Lâmpadas Fluorescentes, de Vapor de Sódio e Mercúrio e de Luz Mista.

O Inmetro é o órgão anuente para operações de importação de lâmpadas, conforme o estabelecido pela resolução Conmetro nº 01/2016.

Uma estratégia para phase-out do uso de lâmpadas de mercúrio, de acordo com os prazos estabelecidos na Convenção de Minamata será desenvolvido no âmbito do GT de Minamata da CONASQ.

III. PROCESSOS DE FABRICAÇÃO (ART. 5º) – CLORO-ÁLCALIS

A Convenção de Minamata estabelece que as plantas de produção de cloro-álcalis, que usam células de mercúrio, substituam essa tecnologia ou cessem sua produção até 2025. Atualmente, três instalações no Brasil ainda utilizam células de mercúrio, possuindo cerca de 230 toneladas desse metal. O país carece de tecnologia para estabilizar e destinar esse mercúrio de forma adequada, apresentando desafios como identificar prestadores de serviços para essa finalidade.

Para lidar com essa questão, será apresentado ao Fundo Global para o Meio Ambiente, um projeto de apoio técnico e financeiro ao Brasil, visando eliminar progressivamente o uso de células de mercúrio na indústria de cloro e álcalis. O projeto também busca gerenciar e descartar o excesso de mercúrio de maneira planejada e transparente. Além disso, pretende-se reduzir as emissões de carbono e economizar energia. A proposta está alinhada com as obrigações da Convenção de Minamata e com as políticas nacionais de combate à poluição, mas ainda precisa ser finalizada para aprovação.

IV. MAPEO (ART. 7º) – MINERAÇÃO ARTESANAL E DE PEQUENA ESCALA

Os garimpos de ouro ocorrem em grande escala na Amazônia brasileira, bioma sensível e de alta biodiversidade, onde se tem demonstrado importantes impactos socioambientais. Nessa região, a atividade concentra-se em Terras Indígenas e Unidades de Conservação e não possuem, assim, Permissão de Lavra Garimpeira (PLG) e são consideradas ilegais. Para lidar com a problemática, é necessário aprofundar o entendimento das liberações de mercúrio a partir da MAPEO (Mineração artesanal em

pequena escala do ouro).

A maior parte da produção de ouro por MAPEO na Amazônia é originado de minério secundário, em que o metal foi erodido da rocha fonte (dito minério primário) e depositado em rios e planícies associadas. O tipo de minério (primário ou secundário) define o tipo de lavra, desmonte e processamento mineral. Todavia, embora o uso de processamento mineral adotado, é comum processo de amalgamação de ouro e mercúrio para seu refino.

Experimentos de balanço de massa de mercúrio, realizados em campo e extrapolados para 1 Kg de ouro produzido mostraram que a proporção média mercúrio/ouro na amalgamação é de 5:1, variando em função do tipo de minério.

Assim, no cenário de produção ilegal de ouro em torno de 8 vezes a produção declarada, considerando os mesmos processos minerais, mas diferindo no percentual de uso de retortas e/ou capelas (que seriam adotadas por apenas 10% da produção), as perdas de Hg para solos e/ou rejeitos atingem 60 toneladas e a emissão diretamente para a atmosfera resulta em 161,5 toneladas, totalizando 221,5 toneladas perdidas para o meio ambiente. Os resultados indicam uma ligação íntima entre a ilegalidade (garimpos sem PLGs) e a maior perda de mercúrio para o meio ambiente (Projeto MIA).

O "Projeto Ouro Sem Mercúrio" é uma iniciativa conjunta do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e do Ministério de Minas e Energia (MME), financiada pelo Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF), para apoiar o Brasil na elaboração de um Plano de Ação Nacional para reduzir e, se possível, eliminar a poluição causada pelo uso de mercúrio na extração de ouro.

Este projeto produzirá informações técnicas e científicas para que o Governo Federal do Brasil tome decisões importantes a respeito do uso de mercúrio na atividade garimpeira. As medidas farão parte de um Plano de Ação Nacional, que deverá conter ações de curto, médio e longo prazo para reduzir a poluição causada por mercúrio na atividade garimpeira.

Dentre as diversas informações que o projeto vai produzir, estão estudos sobre alternativas ao uso de mercúrio e sugestões a respeito de ações que poderiam reduzir a poluição causada pelo uso desse metal tóxico.

O projeto também irá apresentar sugestões que tornem mais fácil para os garimpeiros adotarem práticas menos perigosas para a sua saúde e menos poluentes e, no futuro,

não usar mais mercúrio na atividade garimpeira. Essas sugestões vão incluir, por exemplo, prazos razoáveis para mudanças e medidas de apoio.

As ações para mineração em escala artesanal se dividem em ações para garimpo legal e garimpo ilegal (com e sem PLG's, respectivamente), sendo o primeiro calcado em combate à atividade e o segundo em gestão do uso de Hg, com foco na eliminação/redução da substância.

A) Garimpo legal

- Desenvolvimento de protocolos de saúde para trabalhadores e suas famílias;
- Desenvolvimento de protocolos de saúde para frentes de lavra, laboratórios de beneficiamento, pilha ou bacia de rejeitos, com monitoramento dos níveis de vapor de mercúrio;
- Monitoramento ambiental, relacionado ao relatório de produção anual, e;
- Ações de treinamento, capacitação e educação ambiental.

B) Garimpo ilegal

- Ações de fiscalização e desintrusão de garimpos ilegais em TÍ's e UC's;
- Medição dos teores de mercúrio em amostras biológicas em TÍ's
- Aumento da fiscalização da atividade garimpeira por parte da Agência Nacional de Mineração/MME;
- Aumento das áreas de alerta de garimpo por sensoriamento remoto, com resolução temporal de, no máximo, sete dias, com fortalecimento do Programa Brasil M.A.I.S, da PF;

C) Outros pontos gerais incluem:

- Programa para incentivo e atração de trabalhadores para mineração artesanal em áreas legalizadas, idealmente fora da Amazônia e biomas mais sensíveis;
- Programas para definição da assinatura geoquímica do ouro proveniente das principais jazidas brasileiras, para a rastreabilidade geológica do ouro;
- Definição de um background de contaminação de Hg nas principais bacias hidrográficas brasileiras.

V. OBJETIVOS DA CONVENÇÃO DE MINAMATA

Por fim, a própria Convenção de Minamata estabelece alguns objetivos de gestão relacionados à saúde como, tais como:

- Promover o desenvolvimento e execução de programas que sirvam para

identificar e proteger populações em risco;

- Desenvolver e executar programas educativos e preventivos sobre exposição com base científica.
- Promover serviços de saúde adequados para a prevenção, tratamento e cuidado das populações afetadas pela exposição ao mercúrio;
- Fortalecer a capacidade institucional e dos profissionais de saúde para prevenir, diagnosticar, tratar e monitorar riscos à saúde relacionados à exposição a mercúrio.

Assim, estratégias e medidas prioritárias de curto, médio e longo prazo para implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio foram desenvolvidas a partir da avaliação inicial e do inventário de emissões.

A Comissão Nacional de Segurança Química Conasq será o loco de articulação nacional e implementação das ações previstas na estratégia nacional.

Um Grupo de Trabalho Permanente específico para a implementação da Convenção de Minamata foi estabelecido na Conasq. Dentre as atribuições da Conasq está o aprimoramento normativo e da gestão de substâncias químicas no Brasil, com o objetivo de estruturar amplamente o arcabouço legislativo, administrativo e institucional do país em sintonia com as diretrizes dos tratados e das Convenções internacionais afetas à matéria das quais o Brasil é signatário.

Como medidas prioritárias de curto prazo ficaram definidas as seguintes:

1. Desenvolver estratégias para possibilitar a eliminação progressiva (phase out) dos artigos listados na Parte I do Anexo A.
2. Acompanhar a elaboração do Plano Mineração de ouro artesanal e em pequena escala junto ao MME (Projeto GEF/PNUMA).
3. Desenvolver estratégias para eliminação dos processos de manufatura que utilizam mercúrio ou compostos de mercúrio: Produção de cloro-álcalis.
4. Desenvolver solução para acondicionamento, estabilização e destinação final do mercúrio apreendido em atividades de fiscalização.
5. Desenvolver Rede de Monitoramento Ambiental para Mercúrio nas Terras Indígenas.
6. Promover o desenvolvimento e a implementação de estratégias e programas para identificar e proteger as populações em situação de risco, particularmente as vulneráveis (com foco principal nas terras indígenas), e que possam incluir adoção de diretrizes de saúde, com bases científicas, relativas à exposição ao mercúrio e aos compostos de mercúrio, estabelecimento de metas para a

redução dessa exposição, quando apropriado, e educação pública, com a participação dos setores de saúde pública e outros setores envolvidos.

7. Incrementar fiscalização em atividades em que há uso de mercúrio permitido pela Convenção (para evitar desvio à garimpo ilegal).
8. Ampliar fiscalização para proibir usos ilegais de mercúrio.
9. Desenvolver estratégia para reduzir as emissões de mercúrio na indústria cimenteira.

Como medidas de médio prazo foram definidas:

- Atualização do Inventário de Emissões e Liberações de Mercúrio no Brasil (último ano base 2016).
- Desenvolvimento de sistema de controle de comércio de mercúrio (Decreto nº 97.634/1989).
- Desenvolvimento estratégia do item Amálgama dentário (Parte II do Anexo A).

Entre as medidas de longo prazo destaca-se:

- Implementação de ações para aprimorar o controle das emissões das fontes listadas no Artigo 8 – Anexo D. (BAT/BEP)
 - o Usinas elétricas movidas a carvão mineral;
 - o Caldeiras industriais movidas a carvão mineral;
 - o Processos de fundição utilizados para a produção de metais não ferrosos;

A Tabela a seguir apresenta a compilação das medidas prioritárias, atores responsáveis e prazos estipulados para implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio no Brasil.

Tabela 68. Compilação das medidas prioritárias, atores responsáveis e prazos estipulados para implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio no Brasil.

Medidas Prioritárias	Ações/Atividades para implementação	Responsáveis	Prazos
Medidas Administrativas/Regulatórias para a implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio	Avaliar necessidade de estabelecimento de medidas administrativas/regulatórias com vistas a cumprir os prazos de phase-out estabelecidos na Convenção de Minamata, bem como para internalização de anexos que venham a ser emendados ou acrescentados à Convenção.	GT Minamata Conasq	Conforme prazo da Convenção
	Estabelecer Grupo de Trabalho permanente no âmbito da Comissão Nacional de Segurança Química (Conasq) para acompanhar a implementação da Convenção.	MMA	2024
	Aprimorar Sistema de controle de comércio de mercúrio (Decreto no 97.634/1989), principalmente, no que diz respeito à rastreabilidade das movimentações do mercúrio regular e ao controle de fraudes na produção e comércio.	MMA/Ibama	2025
Ações para reduzir o uso, as emissões e as liberações de mercúrio de produtos adicionados de mercúrio (Art. 4)	Estabelecer estratégia para destinação ambientalmente adequada de resíduos de serviço de saúde que contenham mercúrio	GT Minamata Conasq	2025
	Estabelecer estratégia para phase-out do uso de amálgamas dentárias	MS	A definir
	Estabelecer estratégia para phase-out das lâmpadas fluorescentes que utilizam mercúrio	MMA/MDIC/Ibama/Inmetro	2024/2026
Estabelecer medidas Processos de fabricação (Art. 5) – Cloro-álcali	Estabelecer plano de phase-out/descomissionamento/descontaminação.	Setor Industrial/Oemas	12/2024
	Encerrar o uso de células de mercúrio nos processos de fabricação de cloro-álcali	Abiclor/Setor industrial	12/2025
	Estabelecer e executar estratégia de destinação ambientalmente adequada do excesso de mercúrio, descontaminação das instalações e equipamentos	Projeto GEF/PNUMA/Setor Industrial/MMA/Oemas	2025-2030

Tabela 68. Compilação das medidas prioritárias, atores responsáveis e prazos estipulados para implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio no Brasil (cont.).

Medidas relacionadas à ASGM (Art. 7) – Mineração Artesanal e de Pequena Escala	Elaborar Plano de Ação para eliminação (ou redução) do uso do mercúrio na mineração artesanal.	MME/Projeto GEF/PNUMA	2026
	Executar projeto de monitoramento ambiental em terras indígenas e unidades de conservação.	MMA/Ibama/Icmbio/MPI/Funai/MS	2023-continua
	Executar projeto de monitoramento da saúde humana em terras indígenas afetadas pelo garimpo ilegal.	MS/Fiocruz	2023-continua
	Desenvolver solução para acondicionamento, estabilização e destinação final do mercúrio apreendido em atividades de fiscalização.	MMA/Ibama/PF/PRF/Receita Federal	2024/2026
	Promover o desenvolvimento e a implementação de estratégias e programas para identificar e proteger as populações em situação de risco, particularmente as vulneráveis (com foco principal nas terras indígenas).	MS	
	Intensificar e coordenar ações de fiscalização do garimpo ilegal.	Ibama/PF/OEMAs	
	Realizar operações de desintrusão de garimpos ilegais em terras indígenas.	Ibama/PF	2023/continua
	Estabelecer rede de laboratórios na Amazônia para monitoramento ambiental e da saúde humana permanente	MCTI/ incluir nome	2024/continua

Tabela 68. Compilação das medidas prioritárias, atores responsáveis e prazos estipulados para implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio no Brasil (cont.).

Medidas relacionadas à redução de emissões das fontes listadas no artigo 8 – Anexo D	Atualizar Inventário de Emissões e Liberações de Mercúrio no Brasil (último ano base 2016).	MMA/ GT Minamata	2025
	Desenvolver estratégia para reduzir as emissões de mercúrio na indústria cimenteira.	MMA/MDIC/ Unido	2024-2027
	Implementar ações para aprimorar o controle das emissões das fontes listadas no Artigo 8 – Anexo D. (BAT/BEP) Usinas elétricas movidas a carvão mineral; Caldeiras industriais movidas a carvão mineral; Processos de fundição utilizados para a produção de metais não ferrosos; Instalações para a incineração de resíduos	GT Minamata/MMA/ MDIC/MME	2023-2030
Medidas para capacitação e conscientização, intercâmbio de informações/ sensibilização (artigos 17.º e 18.º).	Desenvolver e executar programas educativos e preventivos sobre exposição ao mercúrio com base científica.	GT Minamata Conasq/MMA/MS	2025
	Promover o desenvolvimento e execução de programas que sirvam para identificar e proteger populações em risco.	MS	2025
	Fortalecer a capacidade institucional e dos profissionais de saúde para prevenir, diagnosticar, tratar e monitorar riscos à saúde relacionados à exposição a mercúrio.	MS	2025

11. BIBLIOGRAFIA

Artaxo, P., Calixto de Campos, R., Fernandes, E.T., Martins, J.V., Xiao, Z., Lindqvist, O., Fernández-Jiménez, M.T., Maenhaut, W. (2000). *Large scale mercury and trace element measurements in the Amazon basin. Atmospheric Environment*, 3(24), pp. 4085-4096.

Cordeiro, R.C., Turcq, B., Ribeiro, M.G., Lacerda, L.D., Capitaneo, J., Oliveira da Silva, A., Sifeddine, A., Turcq, P.M. (2002). *Forest fire indicators and mercury deposition in an intense land use change region in the Brazilian Amazon (Alta Floresta, MT). Science Total Environment*, 293(1-3), pp. 247-256.

World Climate Guide. (2022). *Climate Brazil*. Disponível em: <https://www.climatestotravel.com/climate/brazil#equatorial>.

Worldometer. (2022). *Brazilian population on March 7, 2022*. Disponível em: <https://www.worldometers.info/world-population/brazil-population/>

ABAGRP. (2022). *Use of the land (in Portuguese)*. Disponível em: <https://www.abagrp.org.br/uso-das-terras>

ABIMAQ. (n.d.). Retrieved from <http://www.datamaq.org.br/Areas/Sector/ListOfSectors.aspx>

acid, s. (n.d.). *Sulphuric Acid on the Web*. Retrieved outubro 09, 2018, from sulphuric acid: <http://www.sulphuric-acid.com/Sulphuric-Acid-on-the-Web/Acid%20Plants/Acid-Plant-Database-Zinc.htm>

Agência IBGE Notícias. (2023). *PIB cresce 2,9% em 2022 e fecha o ano em R\$ 9,9 trilhões*. Retrieved from <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/36371-pib-cresce-2-9-em-2022-e-fecha-o-ano-em-r-9-9-trilhoes>

Agência Senado. (2022). *Lula é eleito presidente da República pela terceira vez*. Retrieved from <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2022/10/30/lula-e-eleito-presidente-da-republica-pela-terceira-vez>

BRASIL. Decreto nº 9.470, de 14 de agosto de 2018. Promulga a Convenção de Minamata sobre Mercúrio. Diário Oficial da União, Brasília, 15 ago. 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/KujrwOTZC2Mb/content/id/36849570/do1-2018-08-15-decreto-n-9-470-de-14-de-agosto-de-2018-36849564

Britannica. (2022). *Climate of Brazil*. Retrieved from <https://www.britannica.com/place/Brazil/Language>

IBGE. Panorama do Censo 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>.

Coleção de Mapas. (2013). *Vegetação natural do Brasil*. Retrieved from <https://mapcollection.wordpress.com/2012/09/28/natural-vegetation-of-brazil/amp/>

COMTRADE, U. (2022). *Mercury HS 280540*. Retrieved from <https://comtrade.un.org/data/>

Diversos. (n.d.). Retrieved from https://www.contenco.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=466&Itemid=27; http://www.iopeservice.iope.com.br/iopeservice/p_temp_s.php; <http://www.salcas.com.br/pdf/termometro-de-maxima-e-minima-para-vacina-52013.pdf>; <http://catalogo.salv>

EMBRAPA - Brazilian Agricultural Research Corporation. (2015). *Alternatives to the use of fire in agriculture and the steps for planning a controlled fire (in Portuguese)*. Retrieved from <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2471085/alternativas-ao-uso-do-fogo-na-agricultura-e-as-etapas-para-planejamento-de-uma-queimada-controlada>

EMBRAPA. (2021). *Brazil is the world's fourth largest grain producer and top beef exporter, study shows*. Retrieved from <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brazil-is-the-worlds-fourth-largest-grain-producer-and-top-beef-exporter-study-shows>

Encyclopædia Britannica. (2022). *Brazil*. Acesso em 13 de maio de 2024, disponível em Britannica: <https://www.britannica.com/place/Brazil/Language>

Engie. (2020). *Energy consumption in 2020: what it shows about the country (in Portuguese)*. Retrieved from <https://www.alemdaenergia.engie.com.br/consumo-nacional-de-energia-eletrica-tem-crescimento-de-35-em-novembro/>

EPE – Company of Energy Research. (2021). *Energetic and electric matrix of Brazil (in Portuguese)*. Retrieved from <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>

Ferreira, R., & Appel, L. (1991). *Sources and uses of Mercury in Brazil*. Retrieved from <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/297/1/sed-13.pdf>

Ferreira, R.C.H & Appel, L.E. (1991). *Sources and uses of Mercury in Brazil*. Serie Estudos e Documentos, 13, CETEM – Centro de Tecnologia Mineral. 35 p. (in Portuguese). Retrieved from <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/297/1/sed-13.pdf>

GFW. (n.d.). *Brazil biomes*. Retrieved from GFW – Global Forest Watch: <https://data.globalforestwatch.org/datasets/gfw::brazil-biomes/about>

Global Forest Watch. (2019). *Brazil biomes*. Acesso em 13 de maio de 2024, disponível em: <https://data.globalforestwatch.org/datasets/gfw::brazil-biomes/about>

Gov.br. (2021). *Brazil is a reference in the field of clean and renewable energy (in Portuguese)*. Retrieved from <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/10/brasil-e-referencia-no-campo-da-energia-limpa-e-renovavel>

Guia Viagem. (2022). *Climate in Rio Grande do Sul (in Portuguese)*. Retrieved from <https://www.guiaviagem.org/rio-grande-do-sul-clima/>

Hinton, J., Hinton, B., & Veiga, M. (2006). *Mulheres na mineração artesanal e em pequena escala na África*. Reino Unido: Ashgate Pub.

IBGE. (2022b). Retrieved from Brazilian population: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>

IBGE. (2023a). IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Fonte: Cidades e Estados: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>

Incoterm. (n.d.). *termometro decimal de alta precisão*. Retrieved from <http://www.incoterm.com.br/tecnica/5095+termometro+decimal+de+alta+precisao+-30+50+0+1+c>

INEP – National Institute of Space Research. (2019). *Forest fires - database (in Portuguese)*. Retrieved from <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/aq1km/>

INPE. (2019). *Queimadas*. Retrieved from Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/aq1km/>

Jardim et al. (2010).

Jovel, E., Abramowski, Z., Pakalnis, E., Marshall, B., & Veiga, M. (2018). *Mercury (II) binding activity of vegetable and fruit juices: identifying potential detoxifying juices for the citizens of Portovelo-Zaruma (Vol. 2(1))*. Equador.

Li, L.-H. & Zhang, W.-L. (2000). *Native vegetation and its ecosystem current situation in Brazil*. J. Forest Research 11(2).

Macrotrend. (2022a). *Brazil birth rate 1950-2022*. Retrieved from <https://www.macrotrends.net/countries/BRA/brazil/birth-rate>

Macrotrend. (2022b). *Brazil fertility rate 1950-2022*. Retrieved from <https://www.macrotrends.net/countries/BRA/brazil/fertility-rate>

Macrotrend. (2022c). *Brazil urban population 1960-2022*. Retrieved from <https://www.macrotrends.net/countries/BRA/brazil/urban-population>

Macrotrend. (2022d). *Brazil rural population*. Retrieved from <https://www.macrotrends.net/countries/BRA/brazil/rural-population>

Maioli, O., Sohn, H., & Dias, J. (2017). *Analysis of regulatory frameworks for identification of gaps and reforms necessary regulations for ratification and early implementation of the Minamata Convention in Brazil*. Retrieved from <http://diretorio.pre.mma.gov.br/index.php/category/69-gef-001062-03-01-desenvolvimento-de-avaliacao-inicial-da-convencao-de-minamata-sobre-mercurio-no-brasil?doc=2>

Maioli, O., Sohn, H., & Dias, J. (2017). *Analysis of regulatory frameworks for identification of gaps and reforms necessary regulations for ratification and early implementation of the Minamata Convention in Brazil*. Contract BRA10-34947/2017. Instituto Avaliação, Brasília. Retrieved from <http://diretorio.pre.mma.gov.br/index.php/category/69-gef-001062-03-01-desenvolvimento-de-avaliacao-inicial-da-convencao-de-minamata-sobre-mercurio-no-brasil?doc=2>

Marshall, B., & Veiga, M. (2017). *Formalization of artisanal miners: stop the train, we need to get off! Extractive Industries and Society* (Vol. 4).

McDaniels, J., Chouinard, R., & Veiga, M. (2010). *Appraising the Global Mercury Project: An adaptive management approach to combating mercury pollution in small scale gold mining* (Vol. 41). International Journal of Environment and Pollution.

Metcalf, S., & Veiga, M. (2012). *Using street theatre to increase awareness of and reduce mercury pollution in the artisanal gold mining sector: A case from Zimbabwe* (37 ed.). J. Cleaner Production.

Michelazzo, P.A.M., Fostier, A.H., Magarelli, G., Santos, J.C., Carvalho Jr, J.A. (2010). *Mercury emissions from forest burning in southern Amazon*. Geophysical Research Letters, 37, pp. 1-9.

MMA, M. d. (2017). *Desenvolvimento da Avaliação Inicial da Convenção de Minamata sobre Mercúrio no Brasil*. Retrieved from Ministério do Meio Ambiente.

MME – Ministry of Mines and Energy. (2021). *BEN Synthesis of 2021 (in Portuguese)*. Retrieved from https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN_S%C3%ADntese_2021_PT.pdf

Mundo Belo. (2021). *Brasil*. Retrieved from <https://www.beautifulworld.com/south-america/brazil/>

Nations Online. (2022). *Brasil*. Retrieved from <https://www.nationsonline.org/oneworld/brazil.html>

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. (n.d.). Retrieved from <http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/conven%C3%A7%C3%A3o-minamata/implementa%C3%A7%C3%A3o-da-conven%C3%A7%C3%A3o.html>

PNUMA. (2015). *Convenção Minamata*. Retrieved 05 20, 2019, from Ministério do Meio Ambiente: <http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/conven%C3%A7%C3%A3o-minamata/implementa%C3%A7%C3%A3o-da-conven%C3%A7%C3%A3o.html>

Poder 360. (2020). *Working-age population will fall 5 years ahead of schedule, says researcher (in Portuguese)*. Retrieved from <https://www.poder360.com.br/brasil/populacao-em-idade-ativa-caira-5-anos-antes-do-previsto-diz-pesquisador/>

Portal da Indústria. (2023). *Economia Brasileira: Principais Características*. Retrieved from <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/economia/>

República Federativa do Brasil. (2018). *Diário Oficial da União*. In D. O. União, *Promulga a convenção de Minamata sobre mercúrio* (157 ed., p. 65). República Federativa do Brasil. Retrieved from https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/36849570/do1-2

Ribeiro Neto, A., Paz, A.R., Marengo, J.A., Chou, S.C. (2016). *Hydrological Processes and Climate Change in Hydrographic Regions of Brazil*. *J. Water Resource and Protection*, 8(12), Article ID:71810,25. 10.4236/jwarp.2016.812087.

Rondi. (n.d.). *Rondi*. Retrieved from <http://www.rondi.com.br/>

Santos, V.S. (2022). *Brazilian environmental problems (in Portuguese)*. Retrieved from <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/problemas-ambientais-brasileiros.htm>

Stocklin-Weinberg, R., Veiga, M., & Marshall, B. (2019). *Training Artisanal Miners: A Proposed Framework with Performance Evaluation Indicators*. Science of the Total Environment.
Tromans et al. (1996).

UN COMTRADE. (2022). *Mercury HS 280540*. Retrieved from <https://comtrade.un.org/data/>

UNEP Minamata Convention. (2022). Brazil. Retrieved from <https://www.mercuryconvention.org/en/parties/bra>

Veiga, M., & Fadina, O. (2020). *Uma revisão das tentativas fracassadas de conter o uso de mercúrio na mineração artesanal de ouro e uma solução proposta*. *Indústrias Extrativas e Sociedade* (Vol. 7).

Veiga, M., & Marshall, B. (2017). *Teaching Artisanal Miners about Mercury Pollution Using Songs*. *Extractive Industries and Society* (Vol. 4).

Veiga, M., Agneloci-Santos, G., & Meech, J. (2014a). *Revisão das Barreiras para Reduzir o Uso de Mercúrio na Mineração Artesanal de Ouro*. *As Indústrias Extrativas e a Sociedade* (1(2) ed., Vol. 1(2)).

Veiga, M.M., Meech, J.A., Oñate, N. (1994). *Mercury pollution from deforestation*. *Nature* 368, pp. 816-817.

Veja. (2017). *Votorantim metais agora e nexa uma empresa global de mineração*. Retrieved junho 12, 2018, from Veja: <https://www.veja3m.com.br/2017/11/01/votorantim-metais-agora-e-nexa-uma-empresa-global-de-mineracao/>

Você na Neve. (2022). *Snow in Brazil (in Portuguese)*. Retrieved from <https://www.vocena neve.com.br/neve-no-brasil-conheca-lugares-do-pais-que-costumam-nevar/>

WeAreWater Foundation. (2017). *Brazil, so much water and yet so little*. Retrieved from https://www.wearewater.org/en/brazil-so-much-water-and-yet-so-little_286801

World Bank. (2021). *Visão Geral Brasil*. Retrieved from The World Bank: <https://www.worldbank.org/en/country/brazil/overview#1>

WWF. (n.d). *World water day (in Portuguese)*. Retrieved from <https://www.wwf.org.br/?70322/Dia-Mundial-da-gua>

Yoshimura, A., Suemasu, K., Veiga, M.M. (2021). *Estimation of mercury losses and gold production by artisanal and small-scale gold mining (ASGM) in selected countries*. *J. Sustainable Metallurgy*. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s40831-021-00394-8>



ONU
programa para o
meio ambiente

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE E
MUDANÇA DO CLIMA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO