

# Convenção de Minamata: análise dos impactos socioambientais de uma solução em longo prazo

*Minamata Convention: analysis of the socio-environmental impacts of a long-term solution*

Rafaela Rodrigues da Silva<sup>1</sup>, Jeffer Castelo Branco<sup>2</sup>, Silvia Maria Tagé Thomaz<sup>3</sup>, Augusto Cesar<sup>4</sup>

**RESUMO** O objetivo do presente estudo foi estimar e analisar a magnitude dos impactos socioambientais adversos durante o período de moratória previsto na Convenção de Minamata para duas fontes de emissão de mercúrio: os setores das indústrias de cloro-álcalis e das lâmpadas fluorescentes. A aplicação do modelo conceitual integrado Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR), do estudo de caso e de cálculos a partir de dados setoriais disponíveis encontrou a emissão total estimada de 18.6 mil toneladas de mercúrio, que impactará os diversos compartimentos ambientais e a vida neles inserida. O período de moratória outorgado pela Convenção de Minamata não se justifica, porque já existem tecnologias alternativas que substituem tanto as células eletrolíticas, como as lâmpadas, sem causar poluição de mercúrio.

**PALAVRAS-CHAVE** Intoxicação por mercúrio. Impacto ambiental. Saúde.

**ABSTRACT** *The objective of this study was to estimate and to analyze the extent of the socio-environmental adverse impacts during the moratorium period provided in the Minamata Convention for two mercury emission sources: the industrial sectors of chlor-alkalis and of fluorescent lamps. The application of the conceptual integrated model DPSIR, of the case study and calculations utilizing available sectorial data has found an estimated total emission of 18.6 thousand tons of mercury, which will impact several environmental compartments and life in them. The moratorium period granted by the Minamata Convention is not justified because alternative technologies already exist that replace both electrolytic cells and bulbs without producing mercury pollution.*

**KEYWORDS** *Mercury poisoning. Environmental impact. Health.*

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Núcleo de Estudos, Pesquisas e Extensão em Saúde Socioambiental - Santos (SP), Brasil. raffaellarodrigues@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Núcleo de Estudos, Pesquisas e Extensão em Saúde Socioambiental - Santos (SP), Brasil. jcbranco@unifesp.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Núcleo de Estudos, Pesquisas e Extensão em Saúde Socioambiental - Santos (SP), Brasil. silviamtt@uol.com.br

<sup>4</sup> Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Instituto do Mar - Santos (SP), Brasil. acesar@unifesp.br

## Introdução

O mercúrio é um metal líquido nobre que se apresenta nas espécies metálico elementar, em compostos orgânicos e inorgânicos e nos estados de oxidação Hg<sup>0</sup>, Hg<sup>1</sup> e Hg<sup>2</sup>. O metal é tóxico e vaporiza mesmo a zero grau célsius. É persistente no meio ambiente, sendo ainda muito utilizado na sociedade.

Os efeitos deletérios do mercúrio vêm sendo observados há décadas, sobretudo no ambiente de trabalho. Os ourives e chapeleiros, por exemplo, apresentavam sinais e sintomas de mercurialismo crônico ocupacional, devido ao contato constante com os vapores do mercúrio em sua forma elementar (a expressão ‘chapeleiro maluco’ vem da atividade laboral dos chapeleiros no século XIX). Indo mais longe, no império romano, cristãos e escravos eram obrigados a trabalhar nas minas de mercúrio (ZAVARIZ, 1994).

O despertar da consciência pública para as consequências do mercúrio e de seus compostos se ampliou na década de 1960 com o desastre ambiental no Japão, onde, por mais de vinte anos, uma indústria lançou em seus efluentes líquidos o mercúrio em sua forma orgânica diretamente na baía de Minamata.

A baía, situada no arquipélago sul do País, foi contaminada pelos rejeitos da empresa Chisso, que contaminou a fauna marinha e, por meio da cadeia trófica, alcançou o homem. Além das sequelas no corpo e na mente das vítimas, Minamata também é uma história de luta política da população para o reconhecimento da ‘Doença de Minamata’ ou do ‘Mal de Minamata’.

Apesar da modernidade tecnológica, do avanço das leis de proteção do ambiente de trabalho, o mercúrio e seus compostos ainda são utilizados em processos e produtos em todo o mundo, principalmente em países periféricos. Sendo assim, é de difícil controle a exposição aos vapores do metal no ambiente de trabalho. Apesar de existir naturalmente em quantidades traço na crosta terrestre, as emissões antrópicas de mercúrio são

maiores e, por sua vez, vêm aumentando significativamente desde o início do período industrial (POULIN; GIBB, 2008).

As reações químicas do mercúrio no meio ambiente são complexas, e, uma vez liberado pela ação antrópica, considerando sua volatilidade, seu ciclo biogeoquímico, proporcionando circulação entre solo, ar e água, somados à circulação e aos fenômenos atmosféricos, o mercúrio pode ser encontrado nos locais mais distantes do planeta Terra. O metal mercúrio quando liberado é um poluente que tende a ficar em suspensão de 4 meses até um ano na atmosfera, reagir com outras substâncias ali presentes e sofrer deposição, podendo, nesse ciclo, tornar-se orgânico por fatores bióticos (WATKINS III; KLAASSEN, 2012). Embora a forma orgânica do mercúrio seja considerada a mais tóxica (metilmercúrio), o mercúrio elementar e o mercúrio inorgânico também o são.

Pesquisas recentes mostram que o mercúrio provoca alteração no comportamento sexual de aves (CONDON; CRISTOL, 2009), no entanto, outras espécies que se alimentam de peixes também já apresentam níveis detectáveis de metilmercúrio (FREDERICK; JAYASENA, 2011). Embora mais escassos, ainda há casos de crianças com diagnóstico de contaminação por mercúrio (acrodínia), ressaltando-se que o diagnóstico pode ser confundido com o de outras doenças (KHODASHENAS; AELAMI; BALALI-MOOD, 2015).

O mercúrio é considerado um desregulador endócrino. Estudos indicam que, em sua forma orgânica, pode causar infertilidade masculina (DUARTE, 2008). Foi encontrado mercúrio em maiores concentrações em biópsias dos seios de mulheres com câncer de mama (INCA, 2012). Testes genotóxicos revelam mutações, responsáveis pelo surgimento de cânceres. Há possibilidade de o surgimento do câncer por exposição estar relacionado à capacidade do mercúrio de afetar o sistema imunológico (CARDOSO, 2001).

O comportamento do mercúrio na natureza, com sua característica de reagir e se transformar, aumentando a toxicidade, é uma ameaça às várias formas de vida no meio ambiente, principalmente considerando que não há controle uma vez que ele é emitido. Em 2002, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) declarou que os níveis de mercúrio já se encontram altos tanto em peixes de água doce e salgada quanto em pessoas das quais o pescado faz parte da dieta regular. Esses níveis podem ser responsáveis por efeitos adversos à saúde (UN, 2002).

A partir de evidências de que a saúde pública e coletiva corre sérios riscos com o lançamento desordenado do mercúrio no meio ambiente, iniciaram-se as discussões em âmbito político internacional, que duraram cerca de seis anos, resultando na realização de um tratado internacional juridicamente vinculante que tem o objetivo de proteger a saúde humana e o meio ambiente das emissões antrópicas de mercúrio e seus compostos. Em outubro de 2013, a Convenção de Minamata para o mercúrio teve o texto final aprovado e assinado por 92 países, entre eles, o Brasil. Atualmente, conta com 128 assinaturas e 28 ratificações, lembrando que somente após o 50º país apresentar à secretaria da Convenção o documento de ratificação é que a mesma passa a vigorar formalmente em âmbito internacional.

A Convenção tem por intuito a proteção, principalmente, das populações consideradas mais vulneráveis ao mercúrio, como os fetos, as crianças e as gestantes. O mercúrio orgânico pode ultrapassar a barreira placentária com maior eficiência, sendo possível encontrar a espécie inorgânica no líquido amniótico e também no leite materno (AZEVEDO, 2003). O mercúrio devasta o sistema neurológico no momento que o ser humano ainda se encontra em desenvolvimento, inclusive fetal. Os danos do mercúrio variam, podendo, por exemplo, ir desde o déficit de atenção, cegueira, surdez, atrofia muscular,

retardo mental, até a morte.

Apesar de o tratado internacional ser um avanço para a proteção da saúde humana e do meio ambiente, traz períodos longos de moratória para processos e produtos que contêm mercúrio. Por exemplo: produtos como baterias, computadores, interruptores, lâmpadas fluorescentes, cosméticos, barômetros, higrômetros, manômetros, termômetros, esfigmomanômetros, pesticidas, biocidas e antissépticos terão moratória de uso até 2020; a produção de cloro-álcalis com células de mercúrio, até 2025; e a produção de acetaldeído, até 2018. A Convenção exclui de proibição diversos outros produtos e atividades com mercúrio, tais como os destinados a: proteção civil ou uso militar, produtos para pesquisa, calibração de instrumentos, práticas culturais e religiosas e vacinas com timerosal.

Há outras atividades e outros produtos dos quais a Convenção de Minamata não prevê eliminação, mas sugere controle, tais como: usinas elétricas e caldeiras movidas a carvão mineral, processos de fundição e torrefação utilizados para a produção de metais não ferrosos, instalações de incineração de resíduos, instalações de produção de cimento, mineração de ouro artesanal e em pequena escala, produção de monômeros de cloreto de vinila, metilato ou etilato de sódio ou potássio, produção de poliuretano, usando catalisadores contendo mercúrio, e o amálgama dentário.

Devido à grande variedade de setores e produtos contendo mercúrio cobertos pela Convenção de Minamata e à dificuldade de obtenção de dados para uma análise completa dos impactos gerais, este estudo fez um recorte para avaliar duas atividades críticas consideradas na Convenção de Minamata. A primeira, tendo em vista a disseminação de mercúrio com a comercialização de lâmpadas em todo território nacional e mundial, e a segunda, considerando o uso de volumes expressivos de mercúrio, como na produção de

cloro-álcalis. O cloro é utilizado na fabricação de policloreto de vinila (PVC), solventes e agroquímicos clorados e para fins sanitários. Os álcalis, principalmente a soda cáustica, são utilizados na fabricação de sabões, detergentes e em diversos usos industriais, tais como, nos setores metalúrgico, têxtil, alimento, farmacêutico, entre outros.

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi analisar os impactos do período de moratória desses dois setores, o de lâmpadas fluorescentes, por meio do modelo conceitual integrado DPSIR (Driver-Pressure-State-Impact-Response), e o setor de cloro-álcalis, por meio de estudo de caso e também por meio de cálculos de emissões.

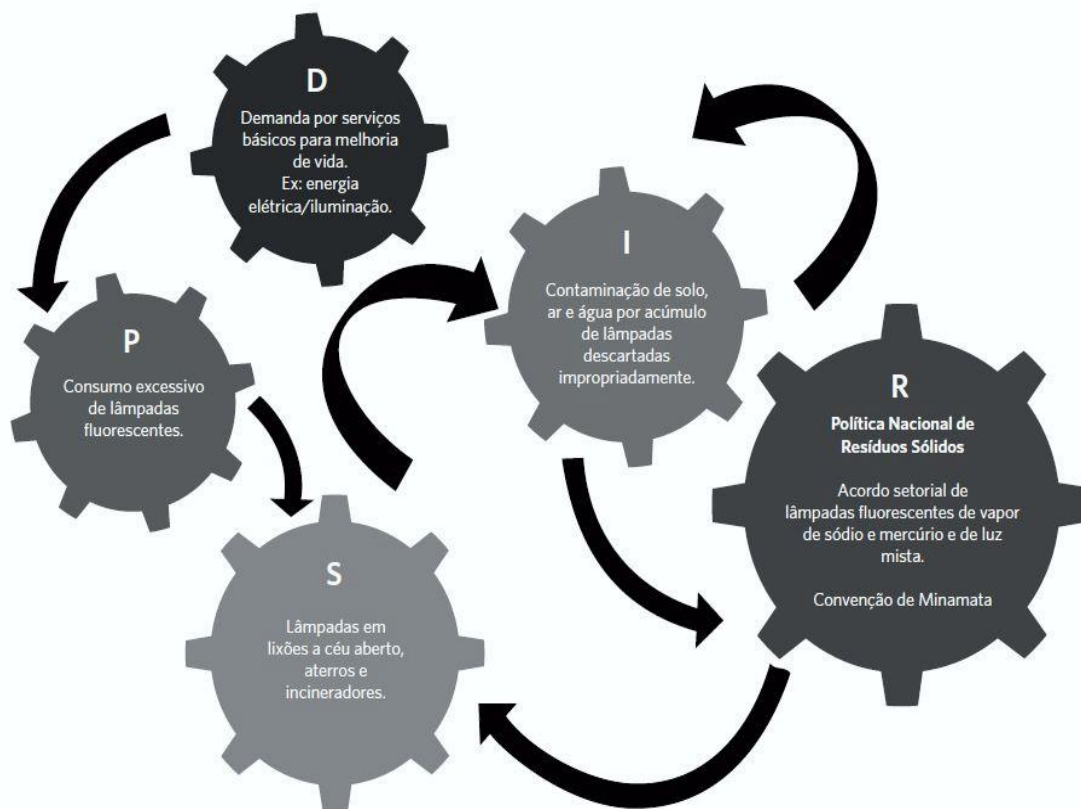
Os totais das emissões nacionais e internacionais desses dois setores produtivos durante o período de moratória proposto no tratado foram calculados a partir de dados coletados de fontes variadas, tais como a Associação Brasileira da Indústria Álcalis, Cloro e Derivados (Abiclor), o Ministério do Meio Ambiente e o World Chlorine Council (WCC) para cloro-álcalis; a Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (Abilux) e a Associação Chinesa da Indústria da Iluminação para o setor de lâmpadas.

## **Análise dos impactos causados pelas lâmpadas de mercúrio através do modelo DPSIR: Driving Forces, Pressures, State, Impact and Response**

O modelo DPSIR, acrônimo que, em português, significa: Força Motriz – Pressão – Estado – Impacto – Resposta, desenvolvido pela European Environmental Agency (EEA), contribui para organizar o pensamento analítico sobre determinado problema ambiental. O modelo possibilita analisar um dado problema desde sua origem, seus desdobramentos, até medidas que visem à mitigação do impacto, considerando a gestão ecossistêmica que busca interação entre meio ambiente, economia e sociedade e o desenvolvimento sustentável.

No DPSIR, as forças motrizes são as necessidades humanas que pressionam o meio ambiente, e o resultado dessas pressões se reflete no estado da condição ambiental, que, por sua vez, afeta as condições sociais e econômicas, tendo por resultado o impacto, que, no que lhe concerne, demanda repostas da sociedade que o engendrou (PEREIRA, 2015) (*figura 1*).

Figura 1. Exemplo de interação dos elementos no modelo analítico DPSIR para lâmpadas fluorescentes



Considerando que a destinação das lâmpadas fluorescentes após a sua vida útil se torna um problema ambiental, na medida em que seu descarte é, na maioria das vezes, realizado em local inapropriado ou de maneira inapropriada e em quantidades massivas, utilizou-se o método DPSIR para analisar esse contexto como condicionante ambiental.

A partir do aumento do consumo da população, geometricamente maior do que o crescimento populacional, mesmo não atingindo a totalidade da sociedade, observa-se como força motriz a demanda por energia elétrica luminosa e, por pressão, o consumo excessivo de lâmpadas fluorescentes, principalmente após a crise energética de 2001 no País. A resposta do governo brasileiro e de setores energéticos foi adotar a política de substituição das lâmpadas incandescentes por fluorescentes, que culmina em 2016 (MONTEIRO; MEIRIÑO, 2015). Como impacto, houve a redução

de 80% do consumo de energia luminosa (CAMBESES POLANCO, 2007), mas não foi utilizada estratégia para adequar o aumento do uso das lâmpadas fluorescentes em função dos riscos inerentes.

As lâmpadas fluorescentes compactas, tubulares e mistas, após o uso, são listadas como resíduos perigosos classe 1, constantes no anexo B da NBR 1004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Por pressão ambiental, temos o armazenamento inadequado das lâmpadas pós-consumo, as quebras de lâmpadas no descarte em aterros e lixões, não havendo controle desses impactos.

Após o fim de sua vida útil, as lâmpadas passam a ser consideradas uma 'externalidade' para os produtores, que não se envolvem no resultado do seu produto após o uso. Não há como se ter precisão da quantidade de mercúrio inserida nas lâmpadas que entram no mercado. E, completando quadro, não há

qualquer esforço para a elevação da consciência pública sobre os riscos ambientais e à saúde, relacionados ao pós-uso das lâmpadas fluorescentes e de outros modelos com mercúrio.

Na esfera dos impactos, durante a elaboração do DPSIR, considerou-se que há pessoas sensíveis à exposição aos raios ultravioletas das lâmpadas e à sua cintilação, envolvendo problemas de pele, olhos, neurológicos e até do sistema imunológico (EUROPEAN COMMISSION, 2012). Outro impacto do setor de lâmpadas vem do setor produtivo, com trabalhadores intoxicados por mercúrio no ambiente de trabalho.

As lâmpadas LED (diodos emissores de luz) possuem maior eficiência energética. Embora possam ser consideradas como resposta, ou seja, uma alternativa às lâmpadas fluorescentes, elas também possuem substâncias nocivas, como chumbo, de modo que seu manuseio pós-uso requer cuidados. Como resposta, também temos em âmbito nacional a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em vigor desde 2010, e, ainda, o acordo setorial de lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio (com mercúrio) e luz mista, assinado em 2014 entre o Ministério de Meio Ambiente e o setor de lâmpadas. A resposta internacional para o problema ambiental das lâmpadas contendo mercúrio é a Convenção de Minamata.

A fim de qualificar melhor os possíveis impactos em saúde ambiental que o período de moratória acarretará, foram coletados dados indiretos junto às

empresas e associações de lâmpadas e realizados cálculos para estimar a quantidade de emissão desse setor no período.

## Estimativa de emissão acumulada da indústria de lâmpadas de mercúrio devido à moratória oferecida na convenção de Minamata

O Brasil importa, em média, 313.000.000 de lâmpadas por ano (BRASIL, 2016). As lâmpadas fluorescentes tubulares possuem, em média, no seu interior, 15 mg/Hg, as compactas 4 mg/Hg, as mistas 17 mg/Hg, as de vapor de mercúrio 32 mg/Hg, as de vapor de sódio 19 mg/Hg e as de vapor metálico 45 mg/Hg (AMBIENSY, 2014).

Em 2014, foram comercializadas 250 milhões de lâmpadas compactas, 100 milhões de tubulares e 11 milhões de sódio/metálico, que também contêm mercúrio (ABILUX, 2015) (tabela 1). E, ainda, 300 milhões de lâmpadas incandescentes. Após a proibição da produção e da comercialização destas, em 2016, outras lâmpadas, como LED, LFC e tubulares (as duas últimas de Hg), passam a ser consumidas no seu lugar. Considerando que essas lâmpadas de mercúrio possuem em seu interior, respectivamente, 4, 15 e 32 mg, chega-se a uma taxa de 8 mg por lâmpada, em média.

Tabela 1. Quantidade média estimada de Hg por lâmpadas

Consumo por Tipo de Lâmpada e Total de Hg - BRASIL		
Quantidade de Lâmpadas	Quantidade de Hg	Total de Hg
250 milhões de compactas	4 mg	1.000.000.000 mg
100 milhões de tubulares	15 mg	1.500.000.000 mg
11 milhões (sódio/metálico)	32 mg	352.000.000 mg
Total	Média de 8 mg/lâmpada	2.852.000.000 mg

A Convenção de Minamata introduziu uma moratória para a produção de lâmpadas até 2020, podendo os países signatários, ainda, com justificativa, estender essa moratória até 2030. Considerando que, no Brasil, usa-se, anualmente, 313.000.000 de lâmpadas, pode-se estimar que essas lâmpadas no final de seu ciclo introduzam no meio ambiente cerca 2.504 kg/Hg/ano.

O período de moratória se estendendo por 17 anos (2013-2030), serão introduzidos no meio ambiente pelo Brasil 42.568 kg

de mercúrio, sem considerar a taxa de 6% de reciclagem. Em âmbito mundial, com uma produção de 6,69 bilhões (BEIGL, 2016) de lâmpadas, considerando uma taxa de 8 mg de mercúrio por lâmpada, teremos a emissão estimada de 909.840 kg de mercúrio, sem considerar os 20% de reciclagem (tabela 2). A tabela 2 abaixo, apresenta os cálculos estimados de mercúrio introduzido no meio ambiente, considerando que o mercúrio reciclado não será liberado no meio ambiente.

Tabela 2. Emissão estimada de Hg pelo total de lâmpadas descartadas

ESTIMATIVA DE EMISSÃO E LIBERAÇÃO DE HG POR DESCARTE DE LÂMPADAS			
Âmbito	Produção de Lâmpadas	Mg/Hg por lâmpada	Totais/Kg/Hg/ano
Brasil	313.000.000 por ano	8	2.504
Mundo (China)	6.690.000.000 por ano	8	53.520
Emissão estimada na pior Hipótese com Produção e Descarte até 2030			
Brasil (17 anos)	42.568 Kg	Mundo (17 anos)	909.840 Kg
Brasil (6% de reciclagem)	40.014 Kg	Mundo (20% de reciclagem)	727.872 Kg

## Estudo de caso de uma indústria de cloro-álcalis que utiliza células eletrolíticas de mercúrio

Através do estudo de caso, analisou-se a questão do impacto ambiental por mercúrio em uma indústria brasileira de cloro e álcalis que ainda utiliza o metal no processo eletrolítico. Um dos argumentos que são utilizados no que se refere à mudança de tecnologia nos processos obsoletos que agridem o meio ambiente é o alto custo da reestruturação, que é uma ameaça à empregabilidade. Dessa maneira, cria-se entre as pessoas um pensamento e um comportamento conservadores de aceitação das práticas nocivas ao meio ambiente, em que se entende que o cuidado com o meio ambiente seria uma forma de

conter o desenvolvimento e o progresso econômicos. Assim, verifica-se na sociedade a massificação de um pensamento linear, imediato, que não considera a finitude dos recursos naturais, tampouco a sua contaminação e degradação, que pressiona os ecossistemas, bem como o bem-estar dos trabalhadores e da população urbana.

A indústria analisada no estudo é líder no mercado de cloro e derivados. Produz cloro líquido, soda cáustica em escama e líquida e derivados da produção, como hipoclorito de sódio, ácido clorídrico e dicloroetano. É fornecedora de matéria-prima para a produção industrial nacional de produtos variados, que vão de alimentos a outros produtos químicos, como os solventes clorados. Os principais produtos da empresa, como o cloro, são utilizados nas ações de saneamento. A Companhia tem em torno de 700

funcionários, entre fixos e terceirizados, e está localizada em uma cidade que possui um dos maiores parques industriais do País.

Apesar da grande riqueza produzida pelo conjunto industrial da região metropolitana, do qual a indústria do estudo faz parte, a distribuição é deficiente, uma vez que o município que abriga essa indústria possui um dos índices de pobreza, violência e criminalidade mais altos da região (homicídio doloso, furto e roubo de veículos), além da carência de sistema de esgoto adequado, entre outros indicativos precários de saúde. É oriundo do pacote desenvolvimentista ditatorial o crescimento sem os devidos planejamentos urbano, socioeconômico e ambiental do território da cidade que abriga essa indústria de cloro-álcalis, devido à expansão industrial.

Desde os anos 1960, essa produtora de cloro e derivados atua no polo industrial e, entre as sete indústrias do ramo de adubos e petroquímicos estudadas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) na década de 1970, foi a que mais contribuiu para a poluição por mercúrio do rio de importante uso para a região onde está situada (HORTELANNI, 2003). Na década de 1975, chegou a consumir 440 gramas de mercúrio por tonelada de cloro produzido, com perda estimada em 40 toneladas/ano. Assim como as demais do mesmo segmento, a indústria desenvolve projetos de responsabilidade social e ambiental e, dessa forma, explora o marketing verde com a imagem de empresa amiga do meio ambiente, preocupada com a saúde e a qualidade de vida da população local, apesar de manter a atividade poluidora.

A empresa de cloro-álcalis está localizada na margem esquerda do rio Perequê, na confluência com o rio Cubatão, onde lança seus 'efluentes tratados', sendo que na margem direita do rio Cubatão, a cerca de 300 metros, existem cinco bairros residenciais. Pesquisa com crianças que se alimentaram de peixes do rio Cubatão mostrou diferenças na concentração de mercúrio no sangue, comparada à concentração encontrada em

crianças do mesmo local que não consumiam nenhum tipo de peixe (SANTOS FILHO ET AL., 1993).

A indústria tem causado impactos ambientais relacionados ao mercúrio e a outros poluentes e, desde 2003, está na relação de áreas contaminadas do órgão ambiental do estado em que se encontra. Nesses documentos, constam fontes diversas de contaminação: armazenagem, descarte, disposição, produção, infiltração, manutenção. Os meios impactados são as águas superficiais, o solo superficial e o subsolo (dentro da propriedade), as águas subterrâneas e os sedimentos (fora da propriedade). Devido a esses apontamentos, a empresa se encontra em recuperação ambiental (SÃO PAULO, 2015).

A indústria estudada foi autuada por não realizar exames complementares nos trabalhadores expostos ao Hg. Houve casos de intoxicação de trabalhadores por Hg metálico, porém, a indústria não permitiu a realização de testes aprofundados, como, por exemplo, a bateria de exames neuropsicológicos para detecção de sintomas e sinais de hidrargirismo em pessoas cujo exame de urina se apresentava entre 5 e 35 ug de Hg/g.

Em 2013, análises de emissões atmosféricas das indústrias de cloro-álcalis mostraram que há emissões de mercúrio atmosférico, inclusive a do estudo de caso, que apresentou emissão constante e maior do que as demais indústrias analisadas (CASTELO BRANCO, 2013). O que se verifica é a ausência de avaliação atmosférica rigorosa e constante (transparente, pública e esclarecida) junto às indústrias que lançam, através de vapor, efluente e resíduo, poluentes de comportamento complexo como o Hg.

Essa tendência se repete em várias regiões do mundo, em que os dados são escassos e dispersos. Para se obter um cálculo estimado, tanto em âmbito nacional como mundial, das emissões no período de moratória da atividade de cloro-álcalis no Brasil e no mundo, o presente estudo completou e comparou os dados obtidos no País com os de fontes internacionais.



## Estimativa de emissão acumulada da indústria de cloro-álcalis devido à moratória oferecida na Convenção de Minamata

Apesar de não haver transparência na totalidade das informações sobre quantidade, uso, descarte e perda de mercúrio nas indústrias de cloro álcalis, estima-se uma emissão de

127 gr. de mercúrio por tonelada de cloro produzido (BRASIL, 2013). Utilizando esse dado e multiplicando-o pela produção brasileira de cloro, que é de 217.000 toneladas/ano, pode-se inferir uma perda de 27.559 kg/ano de mercúrio. Multiplicando 127 gr. pela produção mundial de células de mercúrio, atualmente, em torno de 6,4 milhões de toneladas de cloro (UN, 2011), chega-se a uma perda anual de 812.800 kg de mercúrio pelas indústrias de cloro-álcalis (tabela 3).

Tabela 3. Emissão estimada de Hg por células de cloro-álcalis

ESTIMATIVA DE EMISSÃO E LIBERAÇÃO DE Hg POR CÉLULAS ELETROLÍTICAS			
Âmbito	Produção de Cl <sub>2</sub>	GrHg/TonCl <sub>2</sub>	Totais / ano
Brasil	217.000 Ton./ano	127	27.559 Kg
Mundo	6.400.000 Ton./ano	127	812.800 Kg
Emissão estimada na pior Hipótese com Produção até 2035			
Brasil (22 anos)	606.298 Kg	Mundo (22 anos)	17.881.600 Kg

Para as indústrias de cloro-álcalis que utilizam células de mercúrio, a Convenção de Minamata introduziu uma moratória até 2025, possibilitando aos países signatários, por meio de justificativa, solicitar isenção por cinco anos, renovável por mais cinco, podendo, assim, estender essa moratória até 2035. Caso se efetive, a indústria terá um total de 22 anos para continuar poluindo. Considerando essa possibilidade, somente o Brasil emitirá um total de 606.298 kg de mercúrio, e, no âmbito global, esses números chegarão a 17.881.600 kg.

## Discussão

Não se deve ignorar a potencialidade tóxica que há no Hg e nos seus compostos, pois, uma vez que o mercúrio é lançado, perde-se o controle, e suas consequências

podem aparecer de várias formas, algumas ainda não totalmente compreendidas, com a permanência de seus efeitos por longos períodos. O lançamento desordenado de mercúrio pela ação antrópica é um risco para a humanidade.

O lançamento do mercúrio e de seus compostos, no Brasil, assim como sua entrada ilegal no País, para atividades como o garimpo, ou até mesmo legal, mas sequer considerada, através de produtos que contêm o mercúrio, como os eletroeletrônicos, ainda não são devidamente controlados, o que dificulta detalhar a mensuração de impactos.

A Convenção de Minamata traz prazos largos para o término de atividades e produtos que já possuem tecnologias substitutivas. O que mostra que ainda há a dependência da sociedade de substâncias nocivas, principalmente a resistência desses setores empresariais em atuar na vanguarda da proteção ambiental.

Há várias fontes pontuais de emissão de mercúrio oriunda de atividades e produtos que já possuem alternativas sem mercúrio, mas que ainda estão em circulação, como as citadas no anexo 'A' da Convenção de Minamata. Ainda se tem em circulação as vacinas multidoses (que são mais econômicas para governos), fumos de mercúrio no garimpo a céu aberto, termômetros e lâmpadas cujos vapores, em caso de quebra nos lares, não podem ser considerados inofensivos.

A célula eletrolítica de membrana é uma tecnologia sem mercúrio que está disponível no mercado há mais de 20 anos. Inclusive, as indústrias de cloro-álcalis que utilizam as células de mercúrio já adotaram a tecnologia substitutiva, mas resistem em banir a atividade obsoleta. Embora busquem, por um lado, 'vender' a imagem de empresa amiga do meio ambiente e da sociedade, são umas das fontes contínuas de poluição do mercúrio, principalmente do mercúrio em forma elementar metálica, que é muito volátil. Sendo assim, os vapores de mercúrio dessa atividade podem alcançar longas distâncias, e seus resíduos e efluentes poluírem rios e solos.

Apesar de serem um resíduo perigoso após o uso, as lâmpadas mercuriais são normalmente manipuladas sem os devidos cuidados, sendo descartadas nas ruas, calçadas, quintais, terrenos baldios e no lixo comum, onde vão terminar massivamente em aterros e lixões, já que a cultura da reciclagem no País é ineficiente. E, embora tenhamos como referência as leis de abrangência nacional, como a PNRS e o acordo setorial de lâmpadas, elas ainda são de pouco efeito no problema global do mercúrio para esse setor, pois estão em fase inicial e precisam de vontade política para sua efetivação.

Os dados apresentados representam apenas dois setores selecionados para estudo, entre os diversos abrangidos pela Convenção de Minamata, e consideraram 10 anos além do período de moratória, estabelecido pela Convenção, ou seja, 2030 para lâmpadas e 2035 para cloro-álcalis, uma vez que as partes

podem solicitar 5 anos de isenção, prorrogáveis por mais 5 anos, conforme parágrafos 5 e 6 do artigo 6 da Convenção de Minamata.

Ainda que os países não façam pedido de isenção ao ratificar o tratado, as emissões de mercúrio na atmosfera permanecerão, o meio ambiente de trabalho permanecerá insalubre, os rios, por sua vez, seguirão recebendo água com doses significativas de mercúrio, populações tradicionais, como ribeirinhas e indígenas, apresentarão teor de mercúrio nos seus corpos.

Se a adoção de valores de tolerância para o lançamento de efluentes com mercúrio permanecer, a continuidade da sua entrada no ambiente pode fazê-lo se acumular e torná-lo orgânico nos organismos aquáticos. Assim, observa-se que a permanência das condições atuais implica a continuidade e o agravamento dos impactos do mercúrio no ambiente e na saúde humana.

## Conclusões

A Convenção de Minamata reconhece o impacto do mercúrio e de seus compostos à saúde pública e coletiva, principalmente sobre as populações mais vulneráveis. Estudos vêm, paulatinamente, evidenciando efeitos deletérios no organismo, tais como nos sistemas neurológico, endócrino e reprodutivo.

O mercúrio ainda é muito utilizado em produtos e processos. Hodiernamente, há muitas atividades que dependem do mercúrio, e aspectos políticos e econômicos fazem com que o mercúrio permaneça em várias atividades, como, por exemplo, no amálgama dentário, apesar de existirem alternativas.

Considerando a dimensão das emissões, a Convenção deveria ser mais rígida com fontes conhecidas e causadoras de diversos impactos ambientais, de saúde e sociais. Apenas os setores de lâmpadas e cloro-álcalis serão responsáveis por uma emissão total possível de até 18,6 mil toneladas de

mercúrio durante o período total de moratória. Sobre essas atividades, como também sobre as atividades de amálgamas dentários, vacinas e garimpo, há um compromisso histórico do País com a sociedade na mitigação dos impactos decorrentes.

Assim, o presente trabalho considera que não se justifica plenamente a extensão de prazos concedidos pela Convenção de Minamata, sobretudo para atividades que já possuem tecnologias alternativas, tais como células eletrolíticas, lâmpadas, vacinas, amálgama, garimpo, entre outras.

## Colaboradores

Rafaela Rodrigues da Silva é autora do estudo que originou o artigo. Jeffer Castelo Branco contribuiu para análise, interpretação dos dados, elaboração do texto e aprovação da versão final. Sílvia Maria Tagé Thomaz contribuiu para a revisão crítica do texto e participou da aprovação da versão final. Augusto Cesar é orientador do estudo que originou o artigo, contribuiu para a revisão crítica do conteúdo e participou da aprovação da versão final do manuscrito. ■

## Referências

- AMBIENSYS. *Alternativa eficiente e segura para destinação de lâmpadas fluorescentes*. 2014. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/codena/processos/0E732C8D/ApresBULBOX%20RLAmbiensysAlexandre\\_11nov09.pdf](http://www.mma.gov.br/port/codena/processos/0E732C8D/ApresBULBOX%20RLAmbiensysAlexandre_11nov09.pdf)>. Acesso: 10 jan. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO (ABILUX). *Projetos*. 2015. Disponível em: <<http://www.abilux.com.br/portal/institucional/3/projetos>>. Acesso em: 28 nov. 2016.
- AZEVEDO, F. A. *Toxicologia do mercúrio*. Rima: São Carlos, 2003.
- BEIGL, P. *China Fluorescent Lamps collection and treatment demonstration project (Project CFL)*. Vienna: University of Natural Resources and Life Sciences, 2016. Disponível em: <[https://forschung.boku.ac.at/fis/suchen.projekt\\_uebersicht?sprache\\_in=en&menue\\_id\\_in=300&id\\_in=9925](https://forschung.boku.ac.at/fis/suchen.projekt_uebersicht?sprache_in=en&menue_id_in=300&id_in=9925)>. Acesso em: 20 jan. 2016.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. *Sistema AliceWeb*. Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br>>. Acesso em: 2 maio 2016.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. *Diagnóstico Preliminar sobre o Mercúrio no Brasil*. Perfil do Gerenciamento de Mercúrio no Brasil, incluindo seus Resíduos. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/imagens/arquivo/80037/Mercurio/Diagnostico%20preliminar%20do%20mercúrio%20no%20Brasil\\_FINAL%20\\_2013.pdf](http://www.mma.gov.br/imagens/arquivo/80037/Mercurio/Diagnostico%20preliminar%20do%20mercúrio%20no%20Brasil_FINAL%20_2013.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2016.
- CAMBESES POLANCO, S. L. *A situação da destinação pós-consumo de lâmpadas de mercúrio no Brasil*. 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia

de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário, Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2007.

CARDOSO, P. C. S. *et al.* Efeitos biológicos do mercúrio e seus derivados em seres humanos: uma revisão bibliográfica. *Rev. Paranaense. Med.*, Curitiba, v. 15, n. 4, p. 51-58, 2001.

CASTELO BRANCO, J. *Emissões Atmosféricas de Mercúrio da Indústria de Cloro-Álcalis no Brasil*. 2013. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80037/Mercurio/RELATORIO%20LUMEX%20CLORO-ALCALIS%20FINAL%202013.pdf>>. Acesso em: 25 dez. 2015.

CONDON, A. M.; CRISTOL, D. A. Feather growth influences blood mercury level of Young songbirds. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Nova York, v. 28, n. 2, p. 395-401, 2009.

DUARTE, P. A. F. *Novos poluentes: principais impactos de compostos desreguladores endócrinos na saúde pública*. 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2008.

EUROPEAN COMMISSION. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks: SCENIHR. *Health Effects of Artificial Light*. European Union, 2012. Disponível em: <[https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/emerging/docs/scenihr\\_o\\_035.pdf](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_035.pdf)>. Acesso em: 3 maio 2017.

FREDERICK, P.; JAYASENA, N. Altered pairing behavior and reproductive success in white ibises exposed to environmentally relevant concentrations of methylmercury. *Proceedings of the Royal Society*, Londres, v. 278, n. 1713, p. 1851-1857, 2011.

HORTELANNI, M. A. *Avaliação da contaminação por mercúrio dos sedimentos do estuário Santos: São Vicente, no período de 1996-2000*. 2003. 137 f. Dissertação (Mestrado em ciências) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER (INCA). *Diretrizes para a vigilância do câncer relacionado ao trabalho*. Rio de Janeiro: INCA, 2012.

KHODASHENAS, E.; AELAMI, M.; BALALI-MOOD, M. Mercury poisoning in two 13-year-old twin sisters. *Journal of Research in Medical Sciences*, Isfahan, v. 20, n. 3, p. 308-311, 2015.

MONTEIRO, F. T.; MEIRIÑO, M. J. Análise comparativa de programas nacionais de eficiência energética na eliminação das lâmpadas incandescentes no mercado sul americano. In: CONGRESSO NACIONAL EM EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 11., INOVARSE, 3., Rio de Janeiro, 2015. *Anais...* Rio de Janeiro: Firjan, 2015.

PEREIRA, C. D. S. *et al.* Metrópole e meio ambiente: aplicação do modelo DPSIR na RMBS. In: BRANDAO, M. V. M.; MORELL, M. G. G.; SANTOS, A. R. (Org.). *Baixada Santista: transformações na ordem urbana*. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrópoles, 2015. p. 355-373. Disponível em: <[http://web.observatoriodasmetrolopes.net/new/images/abook\\_file/serie\\_ordemurbana\\_baixadasantista.pdf](http://web.observatoriodasmetrolopes.net/new/images/abook_file/serie_ordemurbana_baixadasantista.pdf)>. Acesso em: 3 maio 2017.

POULIN, J.; GIBB, H. *Mercurio: Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local*. Geneva: Prüss-Üstün, 2008. (Serie Carga de Morbilidad Ambiental, n. 16).

SANTOS FILHO, E. *et al.* Concentrações sanguíneas de metais pesados e praguicidas organoclorados em crianças de 1 a 10 anos. *Rev. Saúde Pública*, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 59-67, 1993.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb). *Relação de áreas Contaminadas*. 2015. Disponível em: <<http://areascontaminadas.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2013/11/ordem-alfab%C3%A9tica-1.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2016.

UNITED NATIONS (UN). United Nations Environment Programme. *Chloral Li Partnership Area. International Conference on Mercury as a Global Pollutant*. 2011. Disponível em: <<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Chloralkali/>>

Mercury-Poster-Chlor-Alkali.pdf>. Acesso em: 2 maio 2016.

\_\_\_\_\_. United Nations Environment Programme. *Global Mercury Assessment*. Genebra: UNEP Chemicals, 2002. p. 258.

WATKINS III, J. B; KLAASSEN, C. D. *Fundamentos em toxicologia de Casaret e Doull*. 2. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.

ZAVARIZ, C. *Avaliação da utilização industrial de mercúrio metálico no estado de São Paulo e aplicação de metodologia de intervenção nas condições de trabalho*. 1994. 200 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

---

Recebido para publicação em agosto de 2016

Versão final em dezembro de 2017

Conflito de interesses: inexistente

Suporte financeiro: não houve