

Artigo original

Intoxicação coletiva por mercúrio elementar: investigação e ações de controle ambiental e tratamento

Collective elemental mercury intoxication: investigation, environmental control measures and individual treatment

Eduardo Mello De Capitani^[1] ID, Edson Haddad^[2] ID, Miriā Tonus Oliveira^[3] ID, Luisa Sarti^[1] ID, Carla Fernanda Borrasca-Fernandes^[1] ID, Denise Piccirillo B da Veiga^[4] ID, Déborah Fabiana da Rocha^[1] ID, Camila Carbone Prado^[1] ID, Wilson Guarda^[5] ID, Lidiane Raquel Verola Mataveli^[6] ID, Edna Emy Kumagai Arakaki^[6] ID, Jerenice Esdras Ferreira^[7] ID, Janete Alaburda^[6] ID, Farida Conceição Pereira^[8] ID, Ailton Catreus de Freitas^[9] ID, Thiago Salomão de Azevedo^[10] ID, Cristiane Maria Tranquillini Rezende^[11] ID

^[1]Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Médicas, Centro de Informação e Assistência Toxicológica, Campinas, São Paulo, Brasil

^[2]Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil

^[3]Secretaria Municipal de Saúde, Vigilância Epidemiológica, Santa Bárbara d'Oeste, São Paulo, Brasil

^[4]Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, Coordenadoria de Controle de Doenças, Centro de Vigilância Sanitária, São Paulo, São Paulo, Brasil

^[5]Secretaria Municipal de Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde, Santa Bárbara d'Oeste, São Paulo, Brasil

^[6]Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, Coordenadoria de Controle de Doenças, Instituto Adolfo Lutz, Núcleo de Contaminantes Inorgânicos, São Paulo, São Paulo, Brasil

^[7]Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, Coordenadoria de Controle de Doenças, Instituto Adolfo Lutz, Núcleo de Hematologia e Bioquímica, São Paulo, São Paulo, Brasil

^[8]Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, Coordenadoria de Controle de Doenças, Centro de Vigilância Epidemiológica, Divisão de Doenças Ocasionadas pelo Meio Ambiente, Núcleo de Hematologia e Bioquímica, São Paulo, São Paulo, Brasil

^[9]Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, Coordenadoria de Controle de Doenças, Centro de Vigilância Sanitária, Divisão de Vigilância em Saúde do Trabalhador, São Paulo, São Paulo, Brasil

^[10]Secretaria Municipal de Saúde, Direção de Políticas Públicas em Saúde, Santa Bárbara d'Oeste, São Paulo, Brasil

^[11]Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, Coordenadoria de Controle de Doenças, Centro de Vigilância Sanitária, Serviço de Atendimento Médico Ambulatorial, São Paulo, São Paulo, Brasil

Autor para correspondência

Eduardo Mello De Capitani

E-mail: capitani@fcm.unicamp.br

Instituição: Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)

Endereço: Rua Vital Brasil 80, CEP: 13083-888. Campinas, São Paulo, Brasil

Como citar

De Capitani EM, Haddad E, Oliveira MT, Sarti L, Borrasca-Fernandes CF, Veiga DPB et al. Intoxicação coletiva por mercúrio elementar: investigação e ações de controle ambiental e tratamento. BEPA, Bol. epidemiol. paul. 2025; 22: e41654. DOI: <https://doi.org/10.57148/bepa.2025.v.22.41654>

Primeira submissão: 25/06/2025 • Aceito para publicação: 25/09/2025 • Publicação: 20/10/2025

Editora-chefe: Regiane Cardoso de Paula

Resumo

Introdução: Avaliação clínica, epidemiológica e ambiental foram realizadas durante episódio de intoxicação coletiva por mercúrio metálico em Santa Bárbara d'Oeste (São Paulo) envolvendo medidas individuais e ambientais de controle da exposição, tratamentos individuais, e mitigação.

Métodos: Estudo transversal, baseado na definição inicial de grupo de expostos, utilizando critérios de inclusão e exclusão mediante questionário de sintomas e dosagens de mercúrio em urina. **Resultados:** 46 pessoas, entre crianças, adolescentes e adultos sofreram exposição inalatória a mercúrio elementar. O CIATox de Campinas e as Vigilâncias em Saúde do município e do estado foram acionados, e uma equipe multiprofissional e multi-institucional foi formada para que se tomassem medidas de diagnóstico e controle ambiental da contaminação. Dos 46 expostos, 13% tinham entre zero e cinco anos, com cinco crianças apresentando sinais e sintomas moderados e graves de intoxicação e quatro com concentrações elevadas de Hg na urina (3.291,1; 186,8; 330,3; 85,9 µg/gC). Do total de expostos, 28 (60,8%) realizaram tratamento quelante com bons resultados. Quatro residências foram interditadas devido à elevada contaminação, com liberação para reocupação após um ano. **Discussão:** As orientações clínicas e ações de vigilância e controle ambiental desenvolvidas de imediato e de forma coordenada a partir do diagnóstico do caso índice minimizaram os efeitos deletérios do acidente. **Conclusão:** Os CIATox, as Vigilâncias em Saúde e as Agências Ambientais Estaduais devem estar preparados para articular respostas coordenadas e imediatas a esse tipo de acidente, como ocorreu na situação descrita, visando minimizar os efeitos deletérios do acidente, garantir o seguimento clínico das vítimas e supervisionar as medidas de remediação ambientais.

Palavras-chave: mercúrio, intoxicação, monitoramento biológico, monitoramento ambiental, tratamento.

Abstract

introduction: Clinical, epidemiological, and environmental assessment were developed during an episode of collective metallic mercury poisoning in Santa Bárbara d'Oeste (São Paulo), including individual and environmental measures for exposure control, individual treatments, and mitigation. **Methods:** Cross-sectional study based on the initial definition of the exposed group, using inclusion and exclusion criteria based on a symptom questionnaire and urine mercury levels. **Results:** Forty-six people, including children, adolescents, and adults, suffered inhalation of elemental mercury. The CIATox in Campinas and the municipal and state health surveillance agencies were activated, and a multidisciplinary and multi-institutional team was formed to diagnose cases and control environmental contamination. Of the 46 exposed individuals, 13% were between 0 and 5 years of age, with five children presenting moderate to severe signs and symptoms of poisoning, and four, high concentrations of Hg in their urine (3,291.1; 186.8; 330.3; and 85.9 µg/gC). Of the exposed people, 28 (60.8%) underwent chelation treatment with good results. Four homes were closed due to high indoor contamination, with residents allowed to return after one year. **Discussion:** Clinical advice, surveillance and environmental control actions developed immediately based on the diagnosis of the index case minimized the harmful effects of the accident. **Conclusion:** CIATox, Health Surveillance and State Environmental Agencies must be prepared to articulate coordinated and immediate responses to this type of accident, as occurred in this situation, aiming to minimize the harmful effects of the accident, guarantee the clinical follow-up of the victims and supervise environmental remediation measures.

Keywords: mercury, poisoning, biological monitoring, environmental monitoring, treatment.

Introdução

Em julho de 2020, o Centro de Informação e Assistência Toxicológica (CIATox) de Campinas foi acionado para o atendimento de uma criança de dois anos com febre, exantema, sonolência e elevação de creatinina sanguínea, que havia sido exposta a mercúrio metálico no domicílio uma semana antes em Santa Bárbara d'Oeste, na Região Metropolitana de Campinas, São Paulo. A partir desse momento, outros casos sintomáticos foram identificados pela Vigilância Epidemiológica (VE) municipal, que acionou a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) e o Centro de Vigilância Sanitária (CVS) para avaliação intradomiciliar e ambiental e medições de mercúrio no ar. Cerca de 600 mL do metal, recolhidos por um adulto em uma empresa inativa de tecelagem de poliéster em Americana, São Paulo, haviam sido distribuídos entre familiares e vizinhos.

O mercúrio é uma das dez substâncias ou elementos químicos de maior preocupação para a saúde pública;^{1,2} em suas várias formas químicas, apresenta toxicidade para os sistemas nervoso central (SNC) e periférico (SNP), digestivo, respiratório, renal, cutâneo, imunológico e ocular. Mesmo em baixas doses, a exposição aos compostos orgânicos de mercúrio pode alterar o desenvolvimento neurológico da criança no útero e nos primeiros anos de vida.¹

O mercúrio apresenta três formas químicas:¹⁻⁴ mercúrio elementar (Hg^0); compostos de mercúrio orgânico (metil-mercúrio e etil-mercúrio); e sais inorgânicos de Hg, como o cloreto de mercúrio ($HgCl_2$). O Hg^0 , apesar de estar na forma líquida, volatiliza em temperatura ambiente, promovendo altas concentrações na atmosfera, as quais podem ser inaladas.

A concentração de um grama de Hg líquido volatizado no ar ambiente a 20°C é de 14,06 mg/m³; a 30°C ela sobe para 31,4 mg/m³.⁵ A concentração máxima permitida em ambientes residenciais é de 0,1 mg/m³,⁶ e a concentração de referência (RfC) da EPA (Environmental Protection Agency) é 0,3 mg/m³.⁷ A absorção por via inalatória é muito alta, por volta de 70 a 85%.^{4,8,9}

Após ser absorvido, o Hg^0 se distribui para os tecidos, atravessando as membranas celulares e as barreiras, tanto hematoencefálica (BHE) quanto placentária. Em seguida é oxidado a Hg^{2+} pela catalase, favorecendo sua retenção no cérebro e nos rins.³ É excretado pelos rins por filtração glomerular e por secreção tubular. A meia-vida de eliminação da carga corpórea é estimada em 30 a 60 dias.³

Os sintomas podem aparecer em poucas horas após a exposição, destacando-se febre, mal estar, anorexia, mialgia, cefaleia, tonturas, desequilíbrio, tremores de extremidades, distúrbios visuais, prurido, sonolência, insônia, irritabilidade e ansiedade anormais, diminuição do número de micções e volume urinário, diarreia, vômitos, dispneia, tosse seca, dor de garganta, gengivite, sialorreia e disfagia.³ Em crianças destacam-se a ocorrência

de exantema, enantema, e eritrodermia, com acometimento doloroso das mãos e pés, que se apresentam com eritema palmar e plantar associados.^{10,11} Este trabalho apresenta os resultados da avaliação clínica, epidemiológica e ambiental envolvidos no estudo do acidente de intoxicação coletiva por mercúrio metálico em Santa Bárbara d'Oeste, e as medidas de controle da exposição, tratamentos individuais e de mitigação ambiental.

Métodos

Desenho do estudo

Estudo observacional, de tipo transversal, com definição de grupo de expostos baseada em critérios de inclusão e exclusão, segundo questionário padronizado de sintomas e dosagens de mercúrio em urina.

Contexto

Os dados foram coletados basicamente das fichas de atendimento do CIATox (Sistema Datatox™)¹² e secundariamente dos prontuários dos hospitais, Unidades de Pronto-Atendimento (UPA), e Unidades Básicas de Saúde (UBS) envolvidos no atendimento dos indivíduos com sinais e sintomas. Os parâmetros clínicos e laboratoriais foram incluídos em planilha Excel, caso a caso. Avaliaram-se o número e o percentual de diagnósticos de intoxicação, de expostos com carga corpórea excessiva e sem sinais nem sintomas, e a cura e o decréscimo de carga corpórea ao longo do tempo, após afastamento completo da exposição e tratamento quelante, quando necessário.

O estudo foi aprovado e registrado pelo CEP-Unicamp sob o número CAAE 37564620.6.0000.5404, em 14/10/2020.

Participantes

Foram considerados expostos todos os moradores das residências onde houve manipulação de qualquer quantidade de mercúrio metálico, por qualquer período de tempo e que apresentaram $HgU \geq 5 \mu\text{g/gC}$ (dosagem de mercúrio urinário corrigido pela creatinina urinária). O diagnóstico de intoxicação clínica pelo mercúrio elementar foi realizado pelos serviços de saúde de SBO sob orientação e assessoria do CIATox-Campinas, segundo os seguintes critérios:

- a) História de exposição/contato dérmico e inalatório ao/com o mercúrio metálico na forma líquida elementar no ambiente doméstico por qualquer período de tempo.

- b) Presença de ao menos um dos seguintes sintomas, questionados utilizando-se questionário padronizado: febre, mal-estar, fadiga, anorexia, mialgia, cefaleia, tonturas, desequilíbrio, tremores ou dor nas extremidades, distúrbios visuais, prurido, sonolência, insônia, irritabilidade anormal, ansiedade anormal, diminuição do número de micções e do volume urinário, diarreia, vômitos, dor abdominal, dispneia, tosse seca, dor de garganta, gengivite, sialorreia e disfagia.
- c) Presença de ao menos um dos seguintes sinais clínicos e/ou alterações laboratoriais: exantema de mãos e pés, exantema em outras partes do corpo, enantema, eritrodermia, gengivite, febre aferida, taquicardia, arritmias, qualquer alteração no exame neurológico desarmado (SNC e SNP), oligúria, plaquetopenia, linfopenia, elevação de ureia ou creatinina, presença de proteinúria.
- d) A concentração alterada de mercúrio na urina (HgU) foi considerada como corroborativa do diagnóstico para fins de indicação de tratamento quelante, não sendo critério absoluto de definição diagnóstica. HgU dentro dos valores de referência, em amostras colhidas mesmo que na vigência de algum dos sintomas elencados acima, descartaram o diagnóstico de intoxicação.

Foram excluídos da análise aqueles que, apesar de preencherem o critério de provável exposição, apresentaram resultado de dosagem de mercúrio na urina (marcador biológico de exposição) menor que 5 µg/gC. Na ausência de valores de referência de HgU para a população brasileira, foram utilizados os valores norte-americanos publicados em 2016 da NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey).¹¹

Tratamentos quelantes

Os tratamentos, quando necessários, foram feitos com DMSA (ácido 2,3-dimercaptosuccínico) por via oral em ciclos de 19 dias. Inicialmente foram administrados 30 mg/kg por dia, em três doses diárias, por cinco dias, seguidos de 20 mg/kg por dia, em duas doses diárias, por mais 14 dias.^{3,12,13} Foram adotados os seguintes critérios laboratoriais para indicação de tratamento:

- Adultos: HgU ≥ 35 µg/gC.
- Crianças: HgU ≥ 20 µg/gC. Esses valores constam atualmente no Quadro 1 como IBE (índice biológico de exposição), em situação ocupacional, ao mercúrio metálico.¹⁴

Dosagem de mercúrio e controle ambiental

A Cetesb e o CVS (Centro de Vigilância em Saúde) utilizaram dois analisadores portáteis de vapor de mercúrio, modelo EMP-2 da empresa NIC – Nippon Instrument, cuja faixa de medição é de 1 a 999,9 µg/m³, com limite de detecção de 0,1 µg/m³.⁷ A ATSDR

(Agency for Toxic Substances and Disease Registry) sugere como nível aceitável, para exposição humana residencial após um derramamento de Hg metálico, o valor de 1 µg/m³ medido após quatro horas da limpeza e neutralização do Hg, e considera concentrações entre 1 e 10 µg/m³ como definidoras de áreas restritas à circulação de pessoas.²⁷

Variáveis laboratoriais

Foram colhidas amostras de urina da manhã e enviadas para o Núcleo de Contaminantes Inorgânicos do Centro de Contaminantes do Instituto Adolfo Lutz (IAL), Laboratório Central de Saúde Pública do Estado de São Paulo, que possui Sistema de Gestão da Qualidade implantado com o objetivo de atender a norma ABNT NBR/ISO/IEC 17025. O mercúrio total foi quantificado utilizando-se a técnica de Análise Direta de Mercúrio (DMA-80 Tricell, Milestone, Bergamo, Itália), com limite de detecção de 0,2 µg/L e limite de quantificação de 1 µg/L.

Dependendo do valor de Hg urinário, foram colhidas novas amostras com intervalo de tempo de ao menos 15 dias entre si, visando avaliar a curva de evolução de decréscimo da carga corpórea de Hg.

Análises estatísticas

As variáveis contínuas foram apresentadas por média, desvio padrão, mediana, valores mínimos e máximos, e valores interquartis. As frequências foram apresentadas nas formas absolutas e relativas. Os dados foram analisados usando SPSS® (Statistical Package for the Social Sciences) em conjunto com o teste de amostras pareadas de Wilcoxon para dados de distribuição não normal.

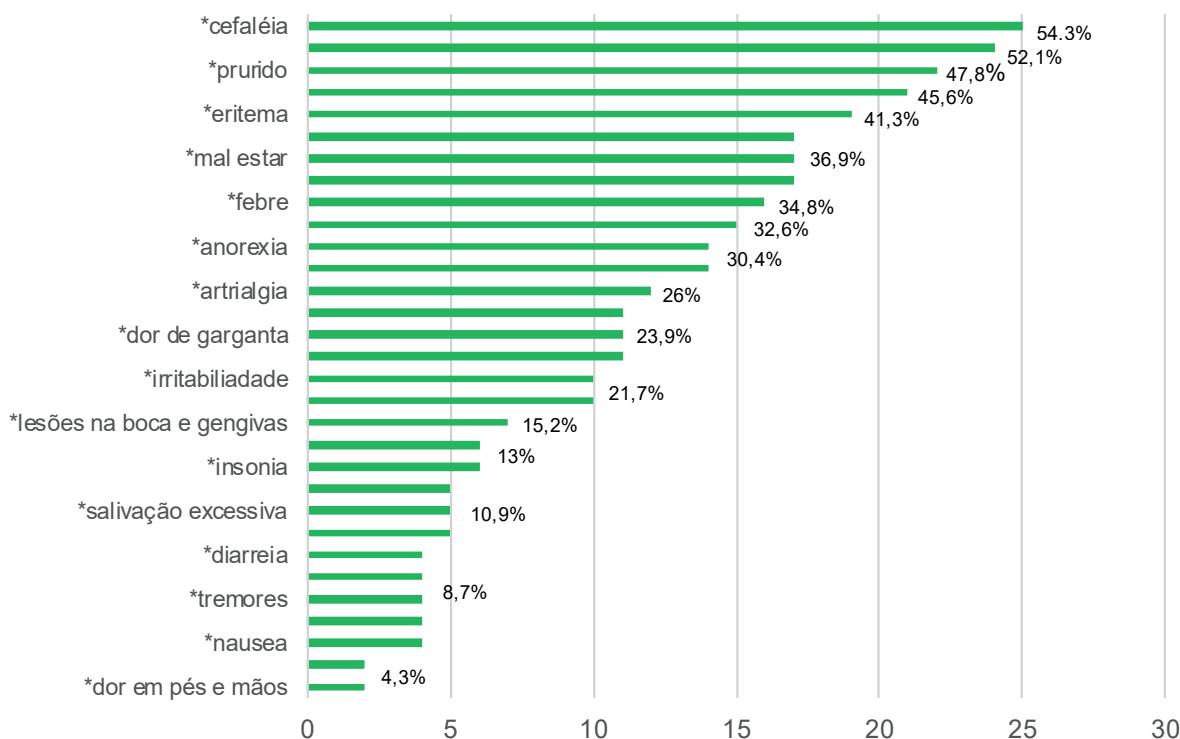
Resultados

Do total das 63 pessoas investigadas, 46 (73%) foram consideradas expostas pelos critérios definidos, 35% tinham acima de 20 anos, 23% entre 16-20 anos, 19% entre 11-15 anos, 9% entre 6-10 anos e (13%) entre 0-5 anos, com cinco delas, nesta última faixa etária, apresentando sinais e sintomas moderados e graves de intoxicação, e quatro com concentrações elevadas de Hg na urina (em µg/gC: 3.291,1; 186,8; 330,3; 85,9).

Dos 46 casos considerados expostos, os pacientes referiram como sintomas mais frequentes cefaleia (54,3%), sonolência (52,1%), prurido (47,8%), fraqueza (45,6%), eritema/exantema (41,3%), fadiga, mal-estar e mialgia (36,9%), febre (34,8%), irritabilidade e oligúria (21,7%). Os sintomas mais característicos de intoxicação aguda por Hg elementar, como estomatites, insônia, sialorreia, tremores, gosto metálico na boca, disartria e dor em mãos

e pés foram referidos em menos de 16% dos expostos, sem correlação direta com níveis de Hg na urina (Gráfico 1).

Gráfico 1. Frequência de sintomas em expostos (N=46 ; HgU ≥ 5)



Fonte: elaborado pelos autores.

As concentrações de Hg da urina coletada nos primeiros dias da investigação (7 a 10 dias pós-exposição) mostram média e mediana altas, com *outliers* elevados, dependendo das condições de exposição domiciliar a que estiveram submetidos os pacientes ([Tabela 1](#)).

Do total de expostos, 28 (60,8%) necessitaram de tratamento quelante com DMSA via oral. Destes, 4 (14,3%) necessitaram de quatro ciclos sequenciais, três (10,7%) de três ciclos, quatro (14,3%) de dois ciclos, dependendo dos valores das concentrações de HgU obtidas após cada ciclo, e 17 (60,7%) realizaram apenas um ciclo. Seis dos pacientes tratados tinham até cinco anos de idade (17 dias, 30 dias, 4 meses, 1 ano, 2 anos e 5 anos). Nesse subgrupo as concentrações de HgU variaram muito, com média de 689,7 µg/gC, mediana de 136,3 µg/gC [IIQ: 22,9-1.120,5] e concentração máxima de 3.491,1 µg/gC na criança de dois anos. Durante o período entre os primeiros tratamentos quelantes e os últimos (cinco meses), as médias de HgU decresceram de 594,2 µg/gC para 19,5 µg/gC. Os valores outliers pré-tratamento (3.491,1; 2.705,5; 2.297; 1.272,7; 1.058,1; e 870,8 µg/gC) correspondem a seis crianças de dois a 13 anos de idade.

Tabela 1. Concentrações iniciais de Hg na urina da população investigada (n=63)

Medidas de distribuição dos valores de Hg na urina ($\mu\text{g/gC}$)	Exposição ao Hg (n)	
	Sim (46)	Não (17)
Média	371,0	2,05
Desvio Padrão	733,8	1,5
Mediana	55,1	2,3
IIQ	22,5 – 354,3	1,4-3,2
Limite superior	821,0	4,2
Limite inferior	5,6	0,1

Fonte: elaborado pelos autores.

A Tabela 2 mostra os resultados de quelação de apenas 17 pacientes que apresentavam todos os resultados necessários ao cálculo de eficácia, compreendendo 27 ciclos de tratamento (quatro pacientes com mais de um ciclo realizado), estratificados por subgrupos de pacientes de acordo com intervalos de HgU inicial (pré-tratamento), medianas de HgU pré-tratamento, estimativa de HgU sem tratamento, HgU pós-tratamento e percentual de decréscimo da meia-vida em função do tratamento.

Tabela 2. Resultados de HgU pré e pós-tratamento com DMSA (27 ciclos de quelação, 17 pacientes) e percentuais de redução de meias-vidas pós-tratamento, de acordo com intervalos pré-fixados de HgU ($\mu\text{g/gC}$) inicial

N	Intervalos de HgU	Medianas de HgU inicial, pré-DMSA	Medianas de HgU pós-DMSA	Medianas (%) de decréscimos de meias-vidas pós-DMSA	p*
6	1.000-3.500	1.784,8	372,5	64,5%	<0,028
5	501-1.000	754,9	132,9	66,8%	<0,043
12	101-500	271,3	96,9	60,0%	<0,003
4	0-100	50,8	18,2	36,4%	<0,003
Total de ciclos: 27	0-3.500	427,7	108,9	56,1%	<0,068

Fonte: elaborado pelos autores.

*Wilcoxon signed rank test.

Na rua da residência do caso índice, foi identificada a presença de mercúrio metálico espalhado pelo pavimento asfáltico, sarjetas, calçadas e boca de lobo da galeria de águas pluviais. Posteriormente foram monitoradas cinco residências. Os técnicos da Cetesb e da Vigilância Epidemiológica municipal utilizaram nível C de proteção, com filtro específico para mercúrio durante as avaliações. O monitoramento foi efetuado no nível do solo, e cerca de 1,50 m de altura do solo. O Quadro 1 apresenta os resultados das medições de mercúrio no ar dos ambientes domiciliares contaminados.

Quatro residências foram interditadas, sendo a última liberação ocorrida um ano após a identificação do caso índice. Foi realizada a estabilização do mercúrio metálico em superfícies utilizando enxofre por reação química, que produz sulfetos de mercúrio insolúveis.¹⁵ Houve remoção e descarte de móveis, eletrodomésticos, pisos, paredes, cortinas, cadeiras, almofadas, travesseiros, sapatos, roupas, roupas de cama, lençóis, cobertores, pias e superfícies metálicas em diversas residências, que resultou em 50 toneladas de resíduos que foram recolhidos por empresa licenciada pela Cetesb para destinação adequada.

Quadro 1. Concentrações de mercúrio no ar dos domicílios avaliados e procedimentos de descontaminação e controle da exposição executados

Residências	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nº de moradores	7	6	2	6	3	3	5	6	7
Coleções visíveis de Hg metálico	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não
Concentração máxima de Hg encontrada no ambiente (mg/m ³)	13 - 07 - 20 0,789	0,502	0,403	0,318	ND	NR	NR	NR	NR
	14 - 07 - 20 NR	NR	NR	NR	NR	0,999	0,9	0,601	NR
	30 - 07 - 20 0,3	0,046	0,135	ND	0,061	0,061	0,999	0,999	NR
	19-10-20 NR	0,7	0,613	0,13	ND	NR	0,3	0,254	ND
Evacuação/Interdição do imóvel	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Não
Descarte definitivo de utensílios pessoais, eletrodoméstico, móveis	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não
Espalhamento de enxofre em pó	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não
Reforma total do imóvel	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Não

Fonte: elaborado pelos autores.

ND: não detectado; NR: não realizada.

Quanto aos recursos hídricos, embora diversas famílias tenham realizado o descarte do mercúrio em redes de esgoto e de águas pluviais, não houve monitoramento dos mananciais receptores. Das 207 análises realizadas pela empresa de abastecimento público e pelas Soluções Alternativas Coletivas (SAC) registradas no Sisagua (Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano) de 2020, 2021 e primeiro semestre 2022, nenhuma apresentou resultado acima do estabelecido pela Portaria MS 888/2021, 197 (94,71%) estiveram menores que o Limite de Quantificação e dez (4,80%) análises apresentaram resultado quantificado abaixo dos Valores Máximos Permitidos.

Discussão

A Vigilância Epidemiológica municipal fez a comunicação entre o CIATox e a Atenção Primária à Saúde, executou assessoria às UBS, busca ativa de todos os expostos, orientação à população, articulação com a vigilância farmacológica, controle de amostras enviadas e resultados obtidos pelo IAL, preenchimento das fichas de notificações T65.9 (Intoxicação Exógena) e envio da notificação ao Ministério da Saúde via Sinan (Sistema de Informação de Agravos de Notificação). Os profissionais de saúde do município receberam orientações quanto aos sinais e sintomas decorrentes da exposição a fim de identificarem novos expostos e entrarem em contato prontamente com o CIATox e com o Grupo de Vigilância Epidemiológica de Campinas (GVE).

Foram estabelecidas reuniões semanais e posteriormente mensais com representantes do Estado (CIAtox; GVS-Campinas; CVS; IAL; e Cetesb Central e de Americana) e do município de SOB, da Atenção Primária à Saúde, das Vigilâncias Sanitária, Epidemiológica e Ambiental, da Assistência Social e do Serviço de Farmácia para discussão da evolução dos casos, ajustes das ações e direcionamento do desenvolvimento da assistência aos expostos.

O caso índice, diagnosticado em uma menina de dois anos devido à exposição uma semana antes ao mercúrio elementar, recebeu tratamento quelante com DMSA via oral em regime de internação, sem o resultado de HgU, com boa evolução. O exantema suscitou a hipótese de sarampo por parte da VE, que se confirmou com sorologia positiva recebida dois meses depois da coleta. Apesar da sobreposição de diagnósticos, a literatura sobre intoxicação por mercúrio em crianças mostra essa semelhança dos exantemas, reforçando a necessidade de alta suspeição de intoxicação por mercúrio.¹² Os outros sintomas e a elevada concentração de Hg na urina (3.491,1 µg/gC) reforçaram o diagnóstico de intoxicação e justificaram o tratamento quelante.

Os tratamentos quelantes se mostraram eficazes na maioria dos casos. A eficácia foi baseada no cálculo de diminuição do tempo da meia vida de eliminação urinária do

mercúrio a partir da meia-vida estimada de 60 dias.^{16,17} Os percentuais medianos de redução das meias-vidas após os 27 tratamentos não se mostraram significativos ($p<0,068$), porém, quando os resultados de eficácia foram analisados por subgrupo de magnitude de HgU pré-quelação, os quatro subgrupos mostraram resultados medianos significativos de redução de tempo de meia-vida ([Tabela 2](#)).

Apesar de não haver consenso científico sobre o uso de quelantes nos quadros de intoxicação por mercúrio elementar devido à ausência de ensaios clínicos controlados, a literatura tem mostrado, em relatos de casos e de série de casos, a eficácia clínica e laboratorial do uso de quelantes em casos moderados e graves de intoxicação.¹⁸ Estudos experimentais, no entanto, sustentam a necessidade de ensaios clínicos com DMSA e DMPS (ácido 2,3-dimercaptopropanil-1-sulfônico), por via oral ou injetável, em casos sintomáticos de intoxicação por mercúrio.¹⁹

Com relação ao enfrentamento imediato da situação de contaminação coletiva, foram acionadas diversas instituições para atuarem nas questões ambiental, laboratorial, social e de assistência à saúde, e as atividades descritas ocorreram de forma concomitante, especialmente durante o primeiro mês de acompanhamento. O estado de São Paulo já havia registrado e manejado episódio semelhante, em Rosana, no extremo oeste, em 2010, porém com número menor de expostos e intoxicados.²⁰

Do ponto de vista ambiental, ocorreu severa contaminação do ar intradomiciliar, devido à facilidade de volatilização do produto. Todas as ações ambientais de avaliação e mitigação seguiram as recomendações da literatura internacional para esse tipo de contaminação.¹⁸

O episódio de exposição a curto prazo a mercúrio elementar inalatório descrito mostrou elevada frequência de sinais e sintomas entre os expostos, além de concentrações de mercúrio urinário extremamente elevadas em vários indivíduos, incluindo crianças abaixo de seis anos de idade, com necessidade de tratamento quelante.

As orientações e ações de vigilância desenvolvidas de imediato e de forma coordenada, a partir do diagnóstico do caso índice, seguramente minimizaram os efeitos deletérios do acidente. A partir da articulação e coordenação do CIATox de Campinas, conseguiu-se diagnosticar rapidamente os casos de intoxicação e indicar o tratamento quelante segundo critérios estabelecidos previamente, diminuindo o risco de efeitos tardios, principalmente neurológicos, nas crianças.

As avaliações ambientais de mercúrio no ar intradomiciliar das residências de alguns dos expostos mostraram concentrações elevadas, levando à interdição de quatro casas e remoção definitiva, com encaminhamento para aterro especial credenciado, de objetos pessoais, eletrodomésticos, roupas, e móveis contaminados. O passivo ambiental resultou

em mais de 50 toneladas de resíduos, os quais foram recolhidos por empresa licenciada pela Cetesb para destinação adequada. Esta ação onerou o município em mais de R\$ 70.000 Reais. As ações de controle ambiental desenvolvidas pela Cetesb junto às Vigilâncias Sanitária e Ambiental, municipal e estadual mostraram-se essenciais no controle da exposição ocorrida nos ambientes internos e na redução da exposição a praticamente zero no período de um ano. Devido à complexidade do evento, o trabalho intersetorial ao longo do processo de identificação dos expostos, tratamento, controle e mitigação proporcionou uma resposta rápida e articulada do controle do risco. Toda essa agilidade foi primordial para mitigar o desastre ambiental ocorrido.

Mesmo considerando a gravidade dos episódios anteriores, como o descobrimento da síndrome de Minamata no Japão, em 1.956,²¹ e o evento ocorrido em Rosana – SP, em 2010,²⁰ o episódio registrado em Santa Bárbara d'Oeste – SP pode ser considerado o de maior magnitude já documentado em território nacional em relação à intoxicação por mercúrio.

Esse caso evidencia de forma contundente a relevância do controle do comércio e do descarte de mercúrio metálico no Brasil, uma vez que esse elemento foi amplamente utilizado na indústria têxtil, principalmente como catalisador e fixador no processo de tingimento e tratamento de fibras, resultando em um passivo ambiental associado à presença de resíduos e estoques抗igos.²²

Apesar de o Brasil ter um arcabouço jurídico bem estruturado para regulamentar o tema,²³⁻²⁶ a efetividade da regulação depende de ações capazes de conciliar segurança operacional, competitividade industrial e proteção ambiental. No setor têxtil, especificamente, ainda persistem riscos ocupacionais relacionados a resíduos históricos e há uma notável ausência de protocolos específicos para descontaminação de efluentes.²⁷ Além disso, a gestão de resíduos industriais contendo mercúrio exige tecnologias complexas e de alto custo, o que pode favorecer o descarte irregular na ausência de fiscalização eficiente ou de incentivos econômicos adequados.²⁸

Esse contexto reforça a necessidade de políticas públicas robustas voltadas à mitigação dos impactos do mercúrio. Tais políticas devem contemplar um conjunto amplo e articulado de eixos estratégicos, que vão desde o monitoramento contínuo e a adoção de protocolos de segurança para a saúde ocupacional de trabalhadores expostos até a implementação de sistemas de rastreabilidade do insumo, capazes de integrar o controle de importação, circulação e destinação final de forma transparente e eficaz.

Assim, embora o marco regulatório brasileiro esteja alinhado às diretrizes globais, a eficácia de sua aplicação ainda requer fortalecimento da fiscalização, incentivos econômicos à inovação tecnológica e investimentos em tecnologias de tratamento de resíduos. O alinhamento da política industrial e ambiental a padrões internacionais mais restritivos

pode reduzir riscos socioambientais e posicionar o Brasil como referência regional em gestão segura do mercúrio.

Limitações do estudo

Trata-se de estudo desenhado em função de se obter informações durante um episódio de ocorrências agudas em andamento durante o pleno desenvolvimento da pandemia de COVID-19, informações estas, clínicas de diagnóstico e de seguimento, baseadas em sua maioria em atendimento telefônico pelo CIATox, com suporte, em alguns casos de atendimento, das unidades básicas do município. Nesse sentido foram tomadas todas as medidas necessárias para a padronização dos questionamentos e coleta dos dados em ficha padronizada do Datatox. Apesar de ter havido seguimento e avaliação de resultados de tratamentos quelantes em um subgrupo dos pacientes, os dados obtidos não foram suficientes para caracterizar o estudo como prospectivo, sendo analisados como estudo de corte transversal, com todas as limitações de inferência deste tipo de estudo.

O seguimento a longo prazo dos indivíduos acometidos não foi incluído no estudo, pois depende de ações locais das unidades de saúde e farão parte de estudo complementar futuro. O uso de grupo controle não foi possível por tratar-se de enfrentamento de surto agudo de intoxicações em situação da pandemia de COVID-19, sem que houvesse, portanto, à época, os recursos necessários para se constituir um grupo controle com algum tipo de pareamento.

Assim, os parâmetros relacionados a sintomas e os resultados de HgU só puderam ser analisados frente a valores de referência em populações historicamente não expostas. Apesar dessas limitações, o estudo tem importância quanto a mostrar dados clínicos e laboratoriais diagnósticos e de seguimento, com e sem tratamento quelante, de uma população exposta agudamente ao mercúrio elementar inalatório, mostrando a sequência de ações tomadas no controle do episódio do ponto de vista da atenção médica e do controle ambiental da exposição, com as medidas de avaliação ambiental iniciais e ao longo do tempo.

Conclusão

Episódios como o descrito podem ocorrer em outras localidades do país, uma vez que o comércio e o transporte de mercúrio metálico elementar na formam líquida não são suficientemente fiscalizados, e a demanda por esse material nas áreas de garimpo legal e ilegal, principalmente nas regiões Centro-Oeste e Norte do país, ainda é bastante significativa.²⁹ Os CIATox, as Vigilâncias em Saúde e as Agências Ambientais Estaduais

devem estar preparados para articular respostas coordenadas e imediatas a esse tipo de acidente, como ocorreu na situação descrita, visando minimizar os efeitos deletérios do acidente, garantir o seguimento clínico das vítimas e supervisionar as medidas de remediação ambientais.

Agradecimentos

Agradecemos a todos os que participaram desta investigação nos diversos trabalhos de campo desenvolvidos para avaliação em tempo real das concentrações de mercúrio no ar e em materiais contaminados, no recolhimento de material contaminado; aos médicos, enfermeiros, técnicos de enfermagem e agentes de saúde em geral, pelo atendimento e seguimento dos pacientes no nível local municipal; e agentes da Defesa Civil e da Secretaria de Assistência Social. Agradecemos em especial aos expostos e pacientes que concordaram livre e esclarecidamente em ceder seus dados demográficos e clínicos para a realização do estudo.

Referências

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for mercury. Atlanta, Georgia: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 1999.
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Children's Exposure to Elemental Mercury: A National Review of Exposure Events. Atlanta, Georgia: Agency for Toxic Substances and Disease Registry and Centers for Disease Control and Prevention, Mercury Workgroup 2009.
3. Sue Y-J. Mercury. In: Hoffman RS, Howland MA, Lewin NA, Nelson L, Goldfrank LR, Flomenbaum N, editors. Goldfrank's Toxicologic Emergencies. 10th ed. New York: McGraw-Hill; 2015. p. 1250-8.
4. Syversen T, Kaur P. The toxicology of mercury and its compounds. J Trace Elem Med Biol. 2012; 26(4):215-26.
5. Habashi F. Mercury, Physical and Chemical Properties. In: Kretsinger RH, Uversky VN, Permyakov EA, editors. Encyclopedia of Metalloproteins. New York: Springer; 2013. p. 1375-7.
6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Action Levels for Elemental Mercury Spills. Atlanta, Georgia 2012.
7. Environmental Protection Agency. National Elemental Mercury Response Guidebook. 2019.
8. Bose-O'Reilly S, McCarty KM, Steckling N, Lettmeyer B. Mercury exposure and children's health. Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care. 2010; 40(8):186-215.

9. World Health Organization. Mercury and health. 2017 [atualizado em 31/03/2017; acessado em 18/07/2020]; Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>.
10. Centers for Disease Control and Prevention. Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. Updated Tables, March 2021. Washington, DC: Centers for Disease Control and Prevention; 2021; Disponível em: https://www.cdc.gov/exposurereport/pdf/FourthReport_UpdatedTables_Volume2_Mar2021-508.pdf.
11. Forman J, Moline J, Cernichiari E, Sayegh S, Torres JC, Landrigan MM, et al. A cluster of pediatric metallic mercury exposure cases treated with meso-2,3-dimercaptosuccinic acid (DMSA). Environ Health Perspect. 2000; 108(6):575-7.
12. Associação Brasileira de Centros de Informação e Assistência Toxicológico. Sistema Datatox. ABRACIT; 2022 [acessado em agosto 2022]; Disponível em: <https://abracit.org.br/datatox/>
13. Howland MA. Succimer (2,3-dimercaptosuccinic acid). In: Hoffman RS, Howland MA, Lewin NA, Nelson L, Goldfrank LR, Flomenbaum N, editors. Goldfrank's Toxicologic Emergencies. 10th ed. New York: McGraw-Hill; 2015. p. 1235-40.
14. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria SEPRT 6.734, de 09 de março de 2020. NR 7 - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional PCMSO. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego. Diário Oficial da União. 13 mar. 2020.; 2020; Disponível em: <https://www.normaslegais.com.br/legislacao/portaria-seprt-6734-2020.htm>
15. Vaudey C-E, Bardy M, Huc C. Stabilization process of metallic mercury by sulphur. International Conference on Environmental Remediation and Radioactive Waste Management 2013; Brussels (Belgium), 8-12 Sep 2013: American Society of Mechanical Engineers; New York, NY, USA; 2013. Disponível em: <https://www.osti.gov/biblio/22535177>.
16. Barregard L, Sallsten G, Schutz A, Attewell R, Skerfving S, Jarvholm B. Kinetics of mercury in blood and urine after brief occupational exposure. Arch Environ Health. 1992; 47(3):176-84.
17. Hursh JB, Cherian MG, Clarkson TW, Vostal JJ, Mallie RV. Clearance of mercury (HG-197, HG-203) vapor inhaled by human subjects. Arch Environ Health. 1976; 31(6):302-9.
18. Caravati EM, Erdman AR, Christianson G, Nelson LS, Woolf AD, Booze LL, et al. Elemental mercury exposure: An evidence-based consensus guideline for out-of-hospital management. Clin Toxicol. 2008; 46(1):1-21.
19. Andersen O. Chelation treatment during acute and chronic metal overexposure - experimental and clinical studies. In: Aaseth J, Cipriani G, Andersen O, editors. Chelation therapy in the treatment of metal intoxication. London, UK; San Diego, CA, USA: Academic Press is an imprint of Elsevier; 2016. p. 85-252.
20. Nery TCS, Pereira F, Leite AP. Epidemiological evaluation of notifications of environmental events in the State of São Paulo, Brazil. Int J Environ Res Public Health. 2014; 11(7):7508-23.
21. Yokoyama H. Mercury pollution in Minamata. Singapore: Springer Open; 2018.
22. Kant R. Textile dyeing industry an environmental hazard. Natural Science. 2012; 4(1):22-6.
23. ANVISA B. Resolução RDC nº 222, de 28 de março de 2018. Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Diário Oficial da União. 29 mar 2018b. 2019.

24. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União. 3 ago 2010. 2010.
25. BRASIL. Decreto nº 9.470, de 14 de agosto de 2018. Promulga a Convenção de Minamata sobre Mercúrio. Diário Oficial da União. 15 ago 2018. 2018.
26. BRASIL. Instrução Normativa nº 26, de 9 de outubro de 2024. Dispõe sobre procedimentos de controle de operações com mercúrio metálico. Diário Oficial da União. 10 out 2024. 2024.
27. Yusuff RO, Sonibare JA. Characterization of Textile Industries' Effluents in Kaduna, Nigeria and Pollution Implications. Global Nest Journal. 2004; 6:211-20.
28. Pirrone N, Cinnirella S, Feng X, Finkelman R, Friedli HR, Leaner J, et al. Global mercury emissions to the atmosphere from anthropogenic and natural sources. Atmospheric Chemistry and Physics Discussions. 2010; 10.
29. Rodrigues L, Giovanelli R. De onde vem tanto mercúrio? São Paulo: Instituto Escolha; 2024 [acessado em: 09 de junho de 2025]; Disponível em: https://escolhas.org/wp-content/uploads/2024/06/SUMARIO_MERCURIO_Final.pdf

Contribuição dos autores

Eduardo Mello De Capitani, Lidiane Raquel Verola Mataveli, Edna Kumagai Arakaki, Edson Haddad, Cristiane Maria Tranquillini Rezende e Denise Piccirillo B. da Veiga participaram da concepção, planejamento, análise e interpretação dos dados, bem como da elaboração do rascunho inicial, divisão dos itens, revisão crítica do conteúdo e redação final do manuscrito. Miriã Oliveira contribuiu para a concepção, planejamento, análise e interpretação dos dados, além de participar da elaboração do rascunho inicial e da divisão dos itens. Carla Fernanda Borrasca-Fernandes, Camila Carbone Prado e Farida Conceição Pereira participaram do planejamento, coleta, análise e interpretação dos dados, colaborando na revisão crítica do conteúdo e na redação final. Luísa Sarti e Déborah Fabiana da Rocha contribuíram para o planejamento, coleta, análise e interpretação dos dados, bem como na elaboração do rascunho inicial. Wilson Guarda participou da concepção, planejamento, análise e interpretação dos dados e da revisão crítica do conteúdo. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Preprint

O manuscrito não foi previamente publicado em servidores preprint.

Aprovação dos autores

Os autores participaram efetivamente do trabalho, aprovam a versão final do manuscrito para publicação e assumem total responsabilidade por todos os seus aspectos, garantindo que as informações sejam precisas e confiáveis.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesse de natureza política, comercial e financeira no manuscrito.

Financiamento

Os autores declaram que não houve fontes de financiamento.