

Artigo

Intoxicação por metais pesados na região Norte do Brasil

Heavy metal poisoning in the Northern region of Brazil

Tiago Martinelli de Jesus Santana^{1*}, Elisabete Lourdes do Nascimento²

¹ Universidade Federal de Rondônia/Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Ji-Paraná, ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0000-6278-1218>, tiagosant2018@gmail.com

² Universidade Federal de Rondônia/Departamento de Engenharia Ambiental, Ji-Paraná, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2157-6415>

* Correspondência: tiagosant2018@gmail.com

Citação: Santana, T. M. de J.; Nascimento, E. L. do. O Intoxicação por metais pesados na região Norte do Brasil. *RBCA* 2024, 13, 3. p.68-76.

Editor de Seção: Dra. Karen Janones da Rocha

Recebido: 11/07/2024

Aceito: 15/08/2024

Publicado: 02/09/2024

Nota do editor: A RBCA permanece neutra em relação às reivindicações jurisdicionais em sites publicados e afiliadas institucionais.



Copyright: © 2024 pelos autores. Enviado para possível publicação em acesso aberto sob os termos e condições da licença Creative Commons Attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: Heavy metals are elements that can lead to intoxication of an organism, being able to bioaccumulate and biomagnify along the trophic chain, as Hg (Mercury). Some are essential for biological functions when present in adequate quantities, and can be harmful to health in elevated amounts; others are toxic and can be carcinogenic, such as arsenic and cadmium. The objective of this study was to assess intoxications by heavy metals in the northern region, comparing it with the national scenario from 2008 to 2022. The study was conducted based on quantitative data annually made available by the Notifiable Diseases Information System (SINAN). From the total number of exogenous intoxications by heavy metals, the Northern Region accounted for 5.54% of the total recorded in the country, with emphasis on the state of Roraima, which registered the highest percentage of cases in the region, representing 62% of these cases in 2016. The circumstances that most commonly led to intoxication by heavy metals in the Northern Region were environmental and accidental, with higher occurrences in women (62%) and children (36.8%). The adverse effects caused by these metals are related to the type of exposure, including the ingestion of contaminated water and food, with a maximum limit for the presence of different types of heavy metals being established by the Ministry of Health. The importance of greater control and monitoring of these elements is emphasized, as well as raising awareness and educating the population to reduce cases of accidental intoxication and improper disposal of these metals in the environment.

Keywords: Mercury; Organism; Contamination; Anthropic.

Resumo: Os metais pesados são elementos que podem levar à intoxicação de um organismo, podendo se bioacumular e biomagnificar ao longo da cadeia trófica, como é o caso do Hg. Alguns são essenciais para funções biológicas quando presentes em quantidades adequadas, mas podem ser prejudiciais à saúde em quantidades elevadas; outros são tóxicos e podem ser carcinogênicos, como o arsênio e o cádmio. O objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação das intoxicações por metais pesados na região norte, comparando com o cenário nacional no período de 2008 a 2022. O estudo foi realizado com base nos dados quantitativos disponibilizados anualmente pelo Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). Do número de intoxicações exógenas por metais pesados, a Região Norte apresentou 5,54% do total registrado no país, com destaque para o estado de Roraima, que registrou o maior percentual de casos da região, representando 62% desses casos no ano de 2016. As circunstâncias que mais levaram à intoxicação por metais pesados na Região Norte foram as ambientais e acidentais, com maiores ocorrências em mulheres (62%) e crianças (36,8%). Os efeitos adversos causados por esses metais se relacionam com o tipo de exposição, incluindo a ingestão de água e alimentos contaminados, sendo estabelecido um limite máximo para a

presença de diferentes tipos de metais pesados pelo Ministério da Saúde. Destaca-se a importância de um maior controle e monitoramento desses elementos, além da conscientização e educação da população para reduzir os casos de intoxicação de forma acidental, bem como a redução da destinação inadequada desses metais no meio ambiente.

Palavras-chave: Mercúrio; Organismo; Contaminação; Antrópico.

1. Introdução

A poluição do solo e de sistemas aquáticos por metais pesados é um fator que afeta a qualidade do meio ambiente e constitui risco iminente de intoxicação para o ser humano (Muniz & Oliveira-Filho, 2006). O termo "metais pesados" é empregado para elementos metálicos com uma densidade superior a 5 g/cm³ (Adriano, 1986 apud Bovenschulte, 2022). Esses metais representam elementos quimicamente reativos, que podem causar processos de bioacumulação e toxicidade ao organismo, uma vez que este se torna incapaz de eliminar tais substâncias (Cruz et al., 2021).

Na classificação de metais pesados estão o mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cádmio (Cd), níquel (Ni), cobalto (Co), ferro (Fe), zinco (Zn), cromo (Cr), arsênio (As), prata (Ag), entre outros (Gonçalves Junior, 2002). Devido às suas propriedades bioacumulativas e não biodegradáveis, observou-se um aumento significativo no risco de exposição humana a esses metais tóxicos (Obregón et al., 2021), elevando, assim, a possibilidade de intoxicações e agravamento da saúde das populações expostas.

Alguns desses metais são importantes para o funcionamento dos sistemas orgânicos e podem ser classificados quanto à sua função biológica, sendo os metais essenciais aqueles necessários para o funcionamento e a manutenção dos organismos, como ferro e zinco (INCA, 2021). Embora tenham um importante papel biológico, doses de metais acima dos níveis fisiológicos podem provocar efeitos prejudiciais, alterando várias funções celulares, estruturas moleculares e teciduais, afetando e comprometendo todo o organismo (Moschem & Gonçalves, 2020).

No que diz respeito à natureza e à gravidade inerentes à toxicidade, elas diferem dependendo do metal pesado, assim como dos níveis de exposição química e estados de valência desses metais, além do modo como ocorre essa exposição, seja aguda ou crônica, juntamente com outros fatores, como a idade da pessoa e o tempo de exposição (Sharma et al., 2014).

Dentre as fontes potenciais de exposição a esses metais estão incluídas as fontes naturais, como as águas subterrâneas e minérios metálicos, além de produtos comerciais, medicamentos, alimentos contaminados e insumos dos processos industriais (Zendron, 2015; Peixoto & Asmus, 2020). Segundo Moschem & Gonçalves (2020), em virtude da intensa atividade extrativista e industrial das últimas décadas, tem havido um crescimento gradual nos registros de desastres e de práticas que elevam os teores de metais pesados no ambiente. As principais causas de contaminação são aquelas provocadas por desastres ambientais e em decorrência de acidentes, constituindo uma grande parte das notificações de contaminação no Brasil (Aguilar et al., 2002).

Com base nisso, o objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação das intoxicações por metais pesados na região norte, comparando-as com o cenário nacional.

2. Materiais e Métodos

O estudo foi realizado com base nos dados quantitativos disponibilizados anualmente pelo Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) a partir do ano de 2007 até o ano de 2022 (<https://datasus.saude.gov.br>). Para a pesquisa, o filtro utilizado no sistema foi: Intoxicação Exógena - Tipo de Exposição - Metal. Foram obtidos dados de todos os estados brasileiros, entretanto, será dada maior ênfase na discussão sobre os estados da região norte (Figura 01).

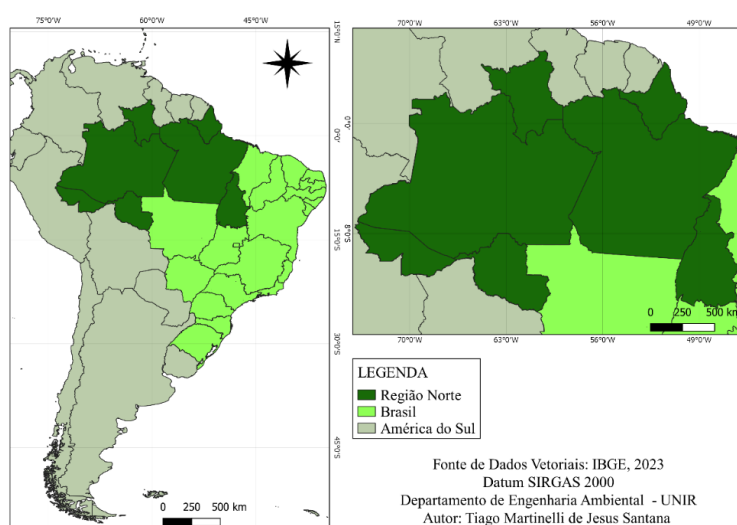


Figura 1. Mapa de localização da região de estudo. Fonte: Autores (2023).

A Região Norte do Brasil possui uma população residente de 17.349.619 habitantes (IBGE, 2022), sendo o Pará o estado mais populoso e Roraima o estado com menor população (Tabela 1). A região apresenta uma área territorial de 3.850.593,104 km² (IBGE, 2022) e seu setor industrial se destaca pela exportação de produtos oriundos do extrativismo vegetal e mineral (Ferreira & Botelho, 2014).

Tabela 1. População por estado da Região Norte.

Estado	População
Pará	8.116.132
Amazonas	3.941.175
Rondônia	1.581.016
Tocantins	1.511.459
Acre	830.026
Amapá	733.508
Roraima	636.303
Região Norte	17.349.619

Fonte: IBGE, (2022).

3. Resultados e Discussão

A intoxicação exógena por metais pesados é um processo patológico que gera sinais e sintomas, geralmente reversíveis, como consequência de uma exposição a esses metais ou compostos que os contenham em quantidades maiores que a tolerância fisiológica do organismo (Júnior et al., 2020).

Entre os anos de 2007 e 2022, foram registrados no Brasil 3.343 casos de intoxicação exógena por metais pesados, sendo 2011 o ano com o maior número de notificações (489 casos), conforme pode ser observado na Figura 2.

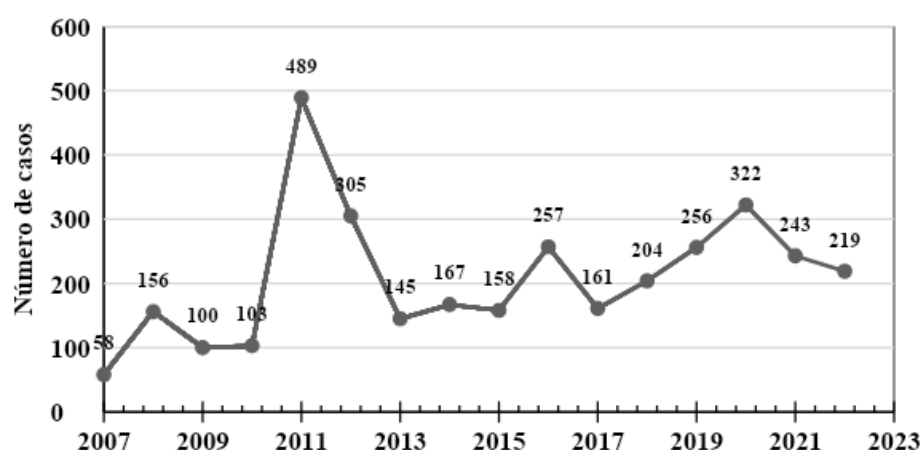


Figura 2. Casos de intoxicações por metais pesados no Brasil por ano de notificação.

Fonte: Ministério da Saúde/SVS – Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan Net).

A intoxicação por metais pesados pode ocorrer pelas vias digestivas, respiratórias ou dérmicas (INCA, 2021). Diferentes indústrias liberam metais pesados em seus processos produtivos, incluindo a mineração e o refinamento, bem como nas fases de transporte de minérios, fundição, acabamento e reciclagem (Souza et al., 2018). A mineração pode ser realizada com o objetivo de extrair metais considerados valiosos, liberando metais pesados durante o processo, como o mercúrio utilizado no garimpo do ouro, que pode ser liberado no ambiente em forma de vapor ou rejeitos. O mercúrio metálico lançado no meio ambiente volátil, ser oxidado e metilado para a forma mais tóxica, o metil-mercúrio, que é incorporado aos organismos vivos pela cadeia alimentar (De-Paula et al., 2006). Além disso, outros metais pesados também podem se dispersar no ambiente por meio de atividades garimpeiras, como o cádmio e o cromo (Lima et al., 2015), tornando-se um problema para as comunidades indígenas e ribeirinhas expostas a espécimes, solos e/ou águas contaminadas.

Entre as circunstâncias que levaram aos casos de intoxicação por metais pesados no Brasil (Figura 3), destacam-se os casos que ocorreram de forma acidental, com 1.102 casos, seguido de tentativa de suicídio, com 794 registros, e os de origem ambiental, com 791 intoxicações registradas. Esses números equivalem a mais de 80% de todos os casos registrados entre os anos de 2007 e 2022 e quando adicionados os casos relacionados ao uso habitual desses metais (208 casos), esse índice passa a representar mais de 86% do total nesse período.

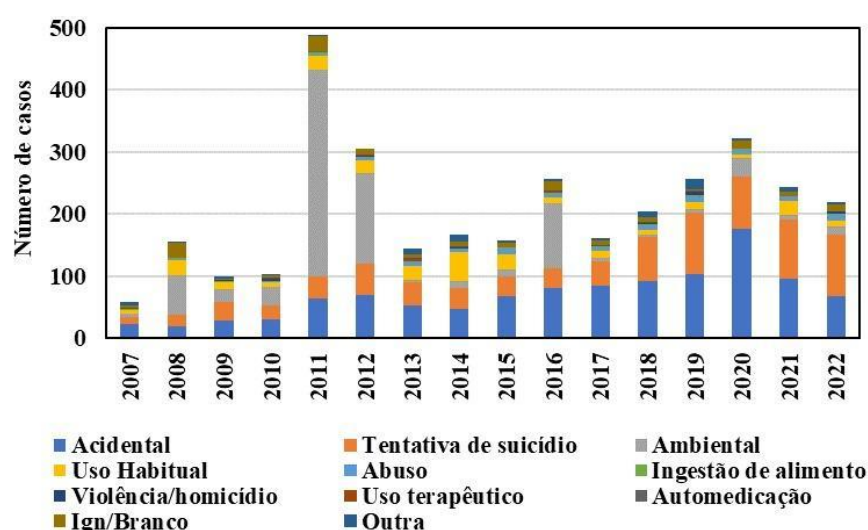


Figura 3. Casos de intoxicações por metais pesados no Brasil por circunstâncias e ano de notificação. Fonte: Ministério da Saúde/SVS – Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan Net)

A principal fonte de exposição da população em geral é por meio de alimentos contaminados, enquanto nos ambientes de trabalho a exposição ocorre principalmente por meio de inalação acidental (Goyer & Clarkson, 2008).

Na Região Norte do país, foram registrados pelo SINAN um total de 182 casos de intoxicação exógena por metais pesados entre os anos de 2008 e 2022, entretanto, não houve registros no ano de 2007 na região. Esses casos correspondem a 5,54% dos casos registrados no país durante esse período, com cerca de 62% dos casos ocorrendo somente no ano de 2016.

No estado de Roraima foi registrado o maior número de casos de intoxicações, com 108 casos no total, sendo 104 somente no ano de 2016, como é possível observar na Tabela 2.

Tabela 2. Casos de Intoxicações por Metais Pesados na Região Norte do Brasil por ano de notificação e UF de notificação.

Ano de Circunstância	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	Total Norte	Total Nacional	Relação cenário nacional (%)
2008	0	0	0	0	0	0	1	1	156	0.64
2009	0	0	0	0	0	0	3	3	100	3.00
2010	0	0	0	0	0	0	1	1	103	0.97
2011	0	0	0	0	0	0	2	2	489	0.41
2012	0	0	0	0	0	0	1	1	305	0.33
2013	0	0	1	0	0	0	4	5	145	3.45
2014	1	0	2	0	2	0	1	6	167	3.59
2015	2	0	0	0	0	0	3	5	158	3.16
2016	0	0	9	104	0	0	0	113	257	43.97
2017	1	0	3	0	0	1	1	6	161	3.73
2018	0	0	0	4	3	0	3	10	204	4.90
2019	1	1	0	0	1	0	2	5	256	1.95
2020	6	0	0	0	1	0	0	7	322	2.17
2021	2	1	1	0	4	0	3	11	243	4.53
2022	1	0	0	0	1	0	4	6	219	2.74
Total	14	2	16	108	12	1	29	182	3285	5.54

Fonte: Ministério da Saúde/SVS – Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan Net).

Em um estudo realizado por Vega et al (2014) sobre a contaminação por mercúrio em indígenas na Terra Yanomami em Roraima, foram apresentados os resultados da concentração de mercúrio em amostras de cabelo de 239 indivíduos de 19 aldeias. Observaram-se diferentes níveis de exposição ao mercúrio na população, sendo mulheres e crianças os principais grupos atingidos, principalmente nas aldeias próximas a locais com histórico de garimpo.

Embora não seja possível verificar especificamente a qual metal a intoxicação esteve relacionada na busca dos dados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), é provável que o número elevado de intoxicações registradas no estado de Roraima no ano de 2016 possa estar relacionado à contaminação de indígenas ou garimpeiros daquela região.

A atividade garimpeira de ouro é uma das mais antigas que se tem conhecimento, tornando-a bastante significativa no caso de contaminação por mercúrio (Muniz & Oliveira-Filho, 2006), por meio de rejeitos que podem contaminar solo e água, afetando as populações expostas, como o ocorrido no caso da população da Terra Indígena Yanomami.

Outro estudo realizado na Região Norte evidenciou a presença de metais pesados em peixes (Lima et al., 2015), encontrando concentrações de Cd e Cr acima dos limites estabelecidos pela legislação em diferentes espécies coletadas na bacia do rio Cassiporé, no norte do Amapá. De acordo com o autor, a principal fonte desses metais é a ação garimpeira e outras atividades antrópicas locais.

Os casos de intoxicação registrados no estado de Roraima tiveram grande contribuição para o total de casos de intoxicação exógena por metais pesados divididos por sexo e circunstância na região norte (Tabela 3), onde os casos do sexo feminino, considerando somente circunstâncias ambientais, representaram 37,9% de todos os casos registrados de intoxicação na região no intervalo de tempo estudado.

Tabela 3. Casos de Intoxicações por Metais Pesados na Região Norte do Brasil por circunstância e sexo.

Circunstância	Masculino	Feminino	Total
Ign/Branco	5	10	15
Uso Habitual	10	4	14
Acidental	15	16	31
Ambiental	34	69	103
Ingestão de alimentos	1	1	2
Tentativa de suicídio	4	12	16
Outra	0	1	1
Total	69	113	182

Fonte: Ministério da Saúde/SVS – Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan Net).

Os casos de intoxicação de forma acidental ocuparam o segundo lugar entre as circunstâncias, como apresentado na Tabela 3. Foram registrados 31 casos durante todo o período dos dados disponibilizados, com destaque ao estado do Tocantins, com 12 casos (Tabela 4). Essas intoxicações acidentais muitas vezes estão relacionadas a acidentes domésticos que envolvem, principalmente, crianças, sendo esta a faixa etária mais comum nos casos relatados.

Tabela 4. Casos de Intoxicações por Metais Pesados na Região Norte do Brasil por circunstância e UF de notificação.

Circunstância	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	Total
Ign/Branco	1	0	2	11	0	0	1	15
Uso Habitual	4	0	0	0	5	0	5	14
Acidental	5	2	6	3	3	0	12	31
Ambiental	0	0	7	93	2	0	1	103
Ingestão de alimentos	1	0	1	0	0	0	0	2
Tentativa de suicídio	3	0	0	1	2	1	9	16
Outra	0	0	0	0	0	0	1	3
Total	14	2	16	108	12	1	29	182

Fonte: Ministério da Saúde/SVS – Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan Net).

Em relação à faixa etária, 50 casos de intoxicação ocorreram em habitantes que apresentavam idade entre 20-39 anos, representando 27,47% dos casos registrados, seguido pelos que se encontravam na faixa de 01-04 e de 05-09 anos, o que equivale a 20,33% e 16,48% dos casos, respectivamente. Com isso, foi possível observar que crianças entre 01 e 09 anos foram os mais atingidos nos casos de intoxicação por metais pesados na região entre 2008 e 2022 (Tabela 5).

Tabela 5. Casos de Intoxicações por Metais Pesados na Região Norte do Brasil por faixa etária e ano de notificação.

Ano Notificação	<1 Ano	01-04	05-09	10-14	15-19	20-39	40-59	60-64	65-69	70-79	Total
2008	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
2009	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3
2010	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
2012	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
2013	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	5
2014	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	6
2015	0	2	0	0	0	1	2	0	0	0	5

2016	2	20	26	13	10	30	11	0	0	1	113
2017	0	1	0	0	2	1	2	0	0	0	6
2018	0	4	1	1	0	4	0	0	0	0	10
2019	0	2	0	0	1	1	1	0	0	0	5
2020	0	2	0	0	0	2	3	0	0	0	7
2021	0	1	0	1	2	3	3	1	0	0	11
2022	0	0	1	0	0	3	2	0	0	0	6
Total	2	37	30	16	17	50	27	1	1	1	182

Fonte: Ministério da Saúde/SVS – Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan Net).

As principais causas da preocupação com a intoxicação por metais pesados se dão devido aos muitos problemas de saúde que podem ser implicados ao indivíduo, seja de forma aguda ou crônica, podendo causar danos aos sistemas renal, hepático, respiratório, cardiovascular, dérmico, gastrointestinal, endócrino, hematológico, neurológico, ósseo e reprodutivo, além da possibilidade de alguns metais serem carcinogênicos (INCA, 2021). Esses metais podem permanecer retidos no organismo, principalmente devido à sua semivida biológica (tempo que o organismo leva para excretar metade da dose tóxica absorvida), o que varia conforme o tecido ou órgão em que o metal está contido, apresentando um grande potencial para processos inflamatórios crônicos (Cruz et al., 2021).

Para os seres humanos, os efeitos adversos causados pela exposição aos metais pesados estão mais relacionados à exposição funcional que com os níveis gerais de metais no ambiente (Muniz & Oliveira-Filho, 2006). Isso se aplica tanto aos trabalhadores do setor de mineração, industrial ou agrícola, quanto às pessoas que utilizam compostos de metais pesados diretamente em suas ocupações (Jeffery, 2001).

No que diz respeito à intoxicação causada pela ingestão de alimentos contaminados, é importante destacar que a presença de metais pesados em água e alimentos destinados ao consumo humano tem limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira, por meio de resoluções específicas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2021) e da Portaria de Consolidação nº 5/2017/MS, alterada pelo Anexo XX da Portaria nº 881/2021/MS, respectivamente. Desta forma, o Ministério da Saúde estabelece, por meio de portarias, valores máximos permitidos na água potável para diversos metais, como mercúrio, arsênio, cádmio, chumbo, entre outros. A ANVISA também estabelece limites específicos para cada tipo de alimento, relacionados a cada um dos metais pesados, buscando garantir a segurança alimentar da população e proteger a saúde dos consumidores contra os danos adversos causados pelos metais.

5. Conclusão

Os metais pesados apresentam grande risco toxicológico a saúde humana. Foi observado que grande parte dos casos de intoxicação na Região Norte do país tem como provável causa mudanças ambientais antrópicas.

Para evitar possíveis casos de intoxicação, é necessário implementar medidas de proteção contra a exposição a essas substâncias. Isso pode ser alcançado por meio de legislação que limite ou proíba o uso desses metais, através de monitoramento para garantir o cumprimento efetivo das normas técnicas voltadas à forma e quantidade correta de uso, ou por meio da conscientização da população, disseminando informações referentes a possíveis fontes e danos ambientais e ocupacionais causados por esses metais, bem como sobre como podem ser administrados de maneira adequada.

O uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) em indústrias que utilizam esses metais em alguma fase de produção, ou na agricultura, devido à presença de alguns metais na composição de agrotóxicos, é uma forma eficaz para evitar casos de intoxicação.

Diante disso, é importante destacar a importância de programas de vigilância e atendimento às vítimas de intoxicação por metais pesados, além de buscar controlar e evitar

possíveis fontes de contaminação nas diferentes regiões do Brasil, e aprimorar a notificação dos casos nos sistemas de consulta pública.

Conflitos de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referência bibliográfica

- Aguiar, M. R. M. P., Novaes, A. C., Guarino, A. W. S. (2002). Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminos silicatos. *Química Nova*, 25(6b), 1145-1154. doi: 10.1590/S0100-40422002000700015
- Adriano D. C., Aboal, A. J. R., Carballeira, A. Giordano, S., Adamo, P., Fernández, J. A. (1986). Trace elements in the terrestrial environment. Moss bag biomonitoring: a methodological review. *Sci. Total Environ*, 432, 143– 158.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA (2021). Segurança Alimentar. Recuperado de <http://portal.anvisa.gov.br/alimentos> (Acessado em: 22/04/2023).
- Bovenschulte, D. (2022). Biorremediação de metais pesados utilizando a microalga *chlorella vulgaris*: uma revisão. Ponta Grossa (UTFPR), 2022. Dissertação (Graduação em Engenharia Química) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2022.
- Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. SINAN NET: Sistema de Informação de Agravos de Notificação. Recuperado de <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinanet/cnv/Intoxbr.def>. Acessado em 16/02/2023).
- Cruz, J. V. B., Santos, E. P., Silva, N. J., Lima, F. L. O., Martinelli, P. P., Neto, J. R. T. V. (2021). Influência dos metais pesados no acometimento do câncer: Uma revisão da literatura. *Research, Society and Development*, 10(6), e45810615992, doi: 10.33448/rsd-v10i6.15992.
- De-Paula, V.G., Lamas-Corrêa, R., Tutunji, V.L. (2006). Garimpo e mercúrio: impactos ambientais e saúde humana. *Universitas: Ciências da Saúde*, 4(1/2), 101-110.
- Fauci, A. S., Kasper, D. L., Hauser, S. L., Longo, D. L., Jameson, J. L. (2016). Intoxicação por metais pesados. *Medicina Interna de Harrison*, 2(19), 2703-2706.
- Ferreira, S. M. P., Botelho, L. (2014). O emprego industrial na Região Norte: o caso do Polo Industrial de Manaus. *Trabalho, Emprego e Renda*, 28(81), 141-154, doi: 10.1590/S0103-40142014000200010.
- Gonçalves Junior, A.C., Pessoa, A.C.S. (2002). Fitodisponibilidade de Cádmio, Chumbo e Crômio, em soja cultivada em argilossolo vermelho eutrófico a partir de adubos comerciais. *Scientia Agrária*, 3(1-2), 19-23.
- Goyer, R. A., Clarkson, T. W. (2008). Toxic effects of metals. *Casarett & Doull's toxicology: the basic Science of poisons*, 23(7), 811-867.
- Instituto Nacional De Câncer. INCA (2021). Ambiente, Trabalho e Câncer: Aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios. Recuperado de <https://www.inca.gov.br/publicacoes/livros/ambiente-trabalho-e-cancer-aspectosepidemiologicos-toxicologicos-e-regulatorios>. (Acessado em: 16/02/2023).
- International Agency For Research On Cancer. IARC (2012). Arsenic, metals, fibres and dusts: a review of human carcinogens. v. 100C. Recuperado de <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100C.pdf>. (Acessado em: 16/02/2023).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE (2022). Censo 2022. Recuperado de: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/mapas.html?localidade=BR&tema=1> (Acessado em: 08/07/2023).
- Jeffery, W. G. (2001). *A world of metals: finding, making and using metals*. 2nd ed., 60 p.
- Júnior, I. M. D., Souza, K. S. A., Góis, L. C. M., Lima, R. S., Pinto, N. B. (2020). Análise epidemiológica da intoxicação por metais na região nordeste do Brasil no período de 2011 a 2015. *Revinter*. 13(1), 36-45. doi: 10.22280/revintervol13ed1.465.
- Lima, D. P., Santos, C., Silva, R. S., Yoshioka, E. T. O., Bezerra, R. M. (2015). Contaminação por metais pesados em peixes e água da bacia do rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil. *Chemistry*, 45(4), 405-414, <https://doi.org/10.1590/1809-4392201403995>.
- Moschem, J. C., Gonçalves, P. R. (2020). Impacto Toxicológico de Metais Pesados: Uma Análise de Efeitos Bioquímicos e Celulares. *Health and Biosciences*, 1(2), 88-100.
- Muniz, D. H. F., Oliveira-Filho, E. C. (2006). Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. *Universitas: Ciências da Saúde*, 4 (1-2), 83-100.
- Obregón P. L., Espinoza-Quñones F. R., Oliveira L. G. O. (2021). Intoxicações de mercúrio e chumbo com maior prevalência em crianças e trabalhadores no Paraná. *Cad. Saúde Colet.*, 29(1), 54-66, doi: 10.1590/1414-462X202129010032.
- Peereboom, J. (1985). General aspects of trace elements and health. *Sci Total Environ*, 42(1-2), 1-27. doi: 10.1016/0048-9697(85)90003-8.
- Peixoto, S. V., Asmus, C. I. R. F. (2020). O desastre de Brumadinho e os possíveis impactos na saúde. *Ciência e Cultura*, 72(2), 43-46.
- Sharma. B., Singh. S., Siddiqi. N. J. (2014). Biomedical implications of heavy metals in ducedim balances in redox systems. *Bio Medre Search international*. ID 640754, <https://doi.org/10.1155/2014/640754>.
- Souza A. K. R., Morassuti, C. Y., Deus, W. B. (2018). Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. *Acta Biomedica Brasiliensia*, 9(3), 95-106.

-
- Vega, C. M. et al. (2018). Human Mercury Exposure in Yanomami Indigenous Villages from the Brazilian Amazon. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(6), 1-13. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061051>.
- Zendron, R. (2015). Mecanismos de neurotoxicidade e doenças neurológicas relacionadas à intoxicação por metais pesados. *Revista Brasileira de Nutrição*, 29(64), 45-51.