Contaminação por Metais Pesados: Impactos, Riscos à Saúde e Abordagens de Tratamento

Autor(res)

Alanna Nascimento Delgado Mota
Esther Lima Bonfim
Kauanna Da Silva Barros

Categoria do Trabalho

Trabalho Acadêmico

Instituição

CENTRO UNIVERSITÁRIO ANHANGUERA

Introdução

Os metais são componentes presentes na natureza que apresentam uma resistência adequada; por esse motivo, metais como o alumínio e o chumbo são muito utilizados nas indústrias. Alguns metais são essenciais para o funcionamento biológico do nosso organismo e, em quantidades adequadas, os metais essenciais podem promover a saúde, melhorando a qualidade de vida. Porém, em quantidades elevadas, tornam-se tóxicos para o organismo (NECHYTAILO, 2023)

O grande infortúnio são os metais não essenciais, que apresentam características bioacumulativas e não biodegradáveis, como o chumbo, que pode contaminar o solo, a água e os alimentos naturais e industriais, tornando-se altamente tóxico para o organismo. A carga tóxica não é degradada, colaborando para o aumento da contaminação por esses metais (INCA, 2024; CRISTINA et al., 2021).

O mecanismo de ação desses metais pesados dentro do organismo se dá por meio da grande afinidade que eles possuem com alguns compostos, como o oxigênio, que, por sua vez, são essenciais para a produção de proteínas no organismo. Devido a esse processo, as proteínas podem sofrer alterações, diminuindo o desempenho de enzimas importantes para o sistema antioxidante celular. Ou seja, os metais pesados atraem as enzimas e as proteínas, impedindo seu funcionamento. Eles também se ligam às paredes celulares, dificultando o transporte das proteínas. Ainda assim, nosso organismo precisa de metais, como o cobre (Cu), que ajuda a absorver a vitamina C (INCA, 2024; XIE et al., 2024).

Em específico, os metais pesados são: alumínio (Al), níquel (Ni), tálio (Tl), chumbo (Pb), cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e berílio (Be). Eles são encontrados na natureza em rochas e minerais, mas não agregam benefícios à nossa saúde. O descarte inadequado de pilhas, baterias e aparelhos eletrônicos é uma grande problemática para a depuração do solo e da água, onde o consumo é inevitável para todos nós. Com isso, todos nós estamos vulneráveis a essa contaminação, pois, como já mencionado, os metais pesados são bioacumulativos e não biodegradáveis; logo, sua tendência é aumentar, tornando assim o solo impróprio para cultivo e a água imprópria para consumo (INCA, 2024; WANG et al., 2024).

Um fator preocupante é que os metais pesados não contaminam apenas o solo e a água, mas o ar também é afetado, principalmente no momento atual em que estamos com um alto percentual de queimadas. Como é impossível não inalar essa fumaça, o organismo se contamina com mais rapidez e facilidade do que o esperado.

Assim como o ar contaminado, o tabagismo também apresenta um alto teor de contaminação, sendo o chumbo e o cádmio os principais metais presentes nos cigarros (WU et al., 2025).
O elemento chumbo, embora considerado um microelemento essencial, pode causar distúrbios significativos no organismo, levando a sérios problemas de saúde e, em casos extremos, até à morte. Sua introdução nos tecidos vivos pode ocorrer por diversas vias, como água, alimentos, respiração e até pela pele. Segundo organismos de saúde, cerca de 90% da ingestão de metais pesados e outros contaminantes se dá pelo consumo de alimentos. Essa preocupação destaca a importância de monitorar a presença de chumbo e outros metais pesados no meio ambiente, especialmente em áreas afetadas pela disposição de resíduos (WU et al., 2024).
Este trabalho tem como objetivo analisar o perfil de acúmulo de metais pesados no solo de fundo de uma célula de aterro, quatorze anos após a disposição inicial dos resíduos. Além disso, são apresentados estudos sobre a condutividade hidráulica do solo, avaliando sua eficácia como agente de impermeabilização. Também são incluídos dados da monitorização de parâmetros físico-químicos do percolado ao longo desse período, contribuindo para uma compreensão abrangente do impacto ambiental gerado pela disposição de resíduos sólidos (SANTANA et al., 2007).

Objetivo

Analisar os impactos da contaminação por metais pesados no ambiente e na saúde humana, destacando as principais fontes de exposição, efeitos tóxicos e estratégias de mitigação. Identificar as principais fontes de contaminação por metais pesados em diferentes ecossistemas (solo, água, ar) e seus mecanismos de dispersão. Assim como analisar o perfil de intoxicação exógenas causadas pelos mesmos.
Avaliar os efeitos toxicológicos dos metais pesados, como chumbo, mercúrio, cádmio e arsênio, no organismo humano, com foco nos sistemas neurológico, renal e cardiovascular, e nas formas de exposição humana aos metais pesados, como via alimentar, ocupacional e ambiental.
Examinar as evidências científicas sobre a bioacumulação de metais pesados em organismos e os impactos na cadeia alimentar e discutir os principais desafios e soluções para a descontaminação de áreas afetadas por metais pesados, incluindo métodos físicos, químicos e biológicos (MAI XURUI, 2016).
Propor estratégias de conscientização para a prevenção da exposição a metais pesados e tratamento para cada pessoa, considerando a idade, grupo de risco e doenças crônicas, pois, como consequência, isso irá reduzir os riscos de intoxicação nas pessoas (ASSES, 2024).

Material e Métodos

A metodologia deste trabalho baseou-se em uma revisão de literatura para realizar um levantamento do perfil de intoxicações por metais pesados disponibilizados virtualmente. A pesquisa foi realizada em bases de dados reconhecidas, como PubMed, Lilacs, Scielo e Google Acadêmico, focando em estudos recentes e relevantes.
Os dados utilizados são de natureza secundária, extraídos de materiais já publicados e disponíveis ao público, incluindo periódicos científicos e bases de dados oficiais. O uso de dados disponibilizados no Data SUS foi crucial para o desenvolvimento deste estudo, pois, por meio dele, foi possível adquirir informações sobre morbidade e fatores de contaminação por metais pesados. Este estudo conta com a utilização de artigos relacionados à contaminação/intoxicação por metais pesados no organismo, o que contribuiu para a veracidade das informações.
A pesquisa foi restrita ao período de 2019 a 2024 para assegurar que as informações fossem atuais e refletissem os avanços mais recentes. Foram consideradas publicações em português, inglês Esse processo possibilitou uma análise aprofundada, oferecendo uma base teórica sólida para discutir os problemas de saúde relacionados a essa temática.

Com isso, este estudo está direcionado à contaminação por metais tóxicos, suas consequências e as possibilidades de desintoxicar o organismo, abordando metais pesados específicos, sendo eles: chumbo, mercúrio, cádmio e arsênio, que estão presentes no dia a dia.

Resultados e Discussão

Os metais pesados possuem uma característica específica (bioacumulativas e não biodegradáveis), são denominados dessa forma por apresentarem uma densidade maior do que os metais essenciais que estão presente em nosso organismo, o mesmo em quantidade mínima prejudica a homeostase das células que colaboram para o funcionamento do organismo (Cruz et al., 2021).

A princípio, todos os dias o meio ambiente está sendo poluído por metais tóxicos e as principais fontes dessa poluição são provenientes dos efluentes industriais, de mineração e das lavouras, logo, é inevitável a contaminação por esses metais o que, consequentemente, a cada dia eles acumulam no organismo, por meio do consumo da água e dos alimentos que provém dessas fontes, lembrando que o ar também é muito poluído (EL-METWALLY, 2024).

Todos os metais não essenciais devem ser considerados maléficos para a saúde, porém, dos metais pesados presentes no organismo, o chumbo, o mercúrio, o cádmio e o arsênio estão comumente presentes em altas concentrações, requerendo uma maior atenção a eles. É necessário entender quais regiões estão propícias a essa contaminação, o mecanismo de ação e os malefícios que cada um causa devido ao desequilíbrio (DE CARVALHO et al., 2017).

O DATASUS assim como o Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas (Sinitox) tem como principal atribuição coordenar a coleta, a compilação, a análise e a divulgação dos casos de intoxicação e envenenamento notificados no país e disponibilizam informações que podem servir para subsidiar análises objetivas da situação sanitária, tomadas de decisão baseadas em evidências e elaboração de programas de ações de saúde. Os dados retirados demonstram que a contaminação acidental por substâncias químicas é a mais prevalente, especialmente em relação ao uso domiciliar de produtos químicos. Isso levanta questões sobre a necessidade de regulamentações mais rigorosas e campanhas de conscientização para o uso seguro de agrotóxicos e produtos químicos (TABNET,2024).

Produtos como água sanitária contêm mercúrio em sua produção devido ao processo de cloro-álcali presente no produto. Durante o uso, esse mercúrio pode causar contaminação, e o problema pode ser amplificado quando combinado com o uso de outro produto. De acordo com a Portaria SDA Nº 448, de 17 de novembro de 2021, os setores produtivos devem adotar medidas de educação sanitária no campo para garantir a implementação das boas práticas agrícolas (LEAL, 2021).

O chumbo é um dos elementos tóxicos mais encontrados no ambiente, devido à alta utilização desse elemento nas indústrias. Consequentemente, todos os seres humanos possuem uma concentração de chumbo no organismo. Por ser um metal não essencial, ele não traz nenhum efeito benéfico; ao contrário, resulta em diversos malefícios ao organismo (NAKRO, V. et al,2024)

A emissão de gases de combustão dos motores dos veículos, assim como fábricas de baterias, tintas, petróleo, entre outras indústrias, libera grande quantidade de chumbo. Quando esse chumbo é exposto, ele pode se agregar ao lodo, que posteriormente poderá ser utilizado como adubo na agricultura, contaminando o solo de cultivo. Isso compromete a segurança dos alimentos, tornando-os inadequados para consumo (PLICAS et.al, 2010) Com isso, entende-se que as vias respiratórias e gastrointestinais são as principais portas de entrada do chumbo no organismo, devido ao ar poluído e ao solo contaminado por dejetos tóxicos. Após o processo de absorção, o chumbo pode ser facilmente encontrado nos tecidos moles (cérebro, rins, pulmões, etc.), no sangue e

nos tecidos mineralizados (MOREIRA & MOREIRA, 2004).

A alta concentração de chumbo pode contribuir para a perda funcional dos órgãos de tecidos moles, o que é alarmante. Um organismo com alto nível de chumbo pode apresentar alterações nos sistemas nervoso, metabólico, hematológico e cardiovascular. O pintor Van Gogh usava tinta a óleo em suas pinturas, que continha altas concentrações de chumbo. Certamente, ele tinha contato frequente com a tinta, e, com o tempo, o chumbo estava afetando o seu sistema nervoso central (MANZINI et al., 2010).

Ainda segundo Manzini (2010), o sangue absorve 50% a mais de chumbo do ar inalado. Na via gastrointestinal, a absorção pode variar de 2% a 16% quando o chumbo é consumido durante as refeições, enquanto em jejum a absorção pode ser de 60% a 80%. As crianças e gestantes absorvem de 45% a 50% de chumbo, e o duodeno é responsável por todo o processo de absorção. O organismo acumula chumbo ao longo de toda a vida; devido à sua afinidade pelo sistema ósseo, ele é mais absorvido do que excretado.

O mercúrio é um metal líquido, denso e inodoro, distribuído na crosta terrestre, e sua reserva é de aproximadamente 30 bilhões de toneladas. Possui afinidade com o enxofre e, em altas temperaturas, se torna um vapor tóxico e corrosivo. Esse metal é oriundo da gaseificação da crosta terrestre, das emissões de vulcões e da evaporação de corpos aquáticos (SANTANA et al., 2007).

De acordo com Pavlogeorgatos (2002), o mecanismo de ação do mercúrio no organismo ocorre devido à sua capacidade de interferir em reações metabólicas enzimáticas. Sua entrada no organismo se dá principalmente pela via respiratória, com 75% de absorção, enquanto na via gastrointestinal é de apenas 0,01%. O mercúrio, em sua forma inorgânica, é distribuído no sangue entre as hemácias e o plasma, não atravessando a barreira hematoencefálica. Já o mercúrio orgânico é absorvido por todas as vias e amplamente distribuído em tecidos lipídicos. O metal, nessa forma orgânica, pode entrar no fígado, e o principal sistema mais afetado pela contaminação por mercúrio é o sistema nervoso central (SNC), seguido pelos sistemas renal e pulmonar (CRUZ e SANTOS et al., 2021).

O metilmercúrio (MeHg) é a principal forma do mercúrio orgânico, produzido pelo processo de metilação do mercúrio através de micróbios em ambientes como sedimentos e solos. O MeHg é uma neurotoxina de alta contaminação, pois está presente no arroz, que faz parte da dieta de muitos brasileiros e de outras nações. Por esse motivo, ele possui uma elevada capacidade de bioacumulação, estando na cadeia alimentar e retrocedendo a saúde pública (JARPU, 2003; MOZAFFARINe RIMM, 2006).

O cádmio está presente em regiões montanhosas e planas e, mesmo em baixas concentrações, é considerado altamente tóxico (HRYNOVA e KRYSHOTP, 2021). Uma vez no solo, o cádmio é absorvido pelo sistema radicular das plantas, em menor grau também através das folhas (ANAS et al., 2020). Ele se acumula nas plantas e pode entrar no corpo de animais e seres humanos por meio das cadeias alimentares.

O teor de cádmio nos solos das regiões não é acidental, uma vez que a ingestão excessiva de metais pesados, em particular o cádmio, se deve à localização de fontes de poluição com esse metal, causadas pelos resíduos das indústrias, atividades agrícolas, utilização de pesticidas e outros fatores poluentes, que se concentram no solo (KRUSHELNYTSK et al., 2021; DAVYDIU et al., 2022).

Esse metal se acumula principalmente nos rins e no fígado, provocando irritações graves no estômago, vômitos, diarreias, enfraquecimento dos ossos e até a morte. Ainda não há estudos que possam demonstrar com clareza os níveis mínimos de cádmio nos alimentos ou na água. De qualquer forma, a Agência Internacional para a Pesquisa do Câncer (IARC) determinou que o cádmio é carcinogênico para os seres humanos (MAZINI et al., 2010).

Segundo Silva e Santos (2016), o arsênio é um dos metais pesados com maior probabilidade de causar problemas no organismo. Destaca-se que o consumo desse metal em grandes quantidades pode contribuir para o desenvolvimento do câncer. Em 2019, foi analisada uma amostra de arroz, e o percentual de detecção de arsênio

contido na amostra era de 86,84%. Os metais pesados geram desequilíbrio devido à diminuição da produção de eritrócitos e leucócitos. Em específico, o arsênio pode contribuir para o desenvolvimento de câncer de pele, linfoma, pulmão e fígado (LEAL, 2021).

A matéria orgânica (MO) tem a capacidade de reduzir significativamente a atividade de metais pesados por meio da formação de complexos entre a matéria orgânica e os metais pesados, além de melhorar as propriedades físico-químicas do solo (adubo) e aumentar a disponibilidade de nutrientes. O processo de reaproveitar os resíduos das áreas de cultivo é uma estratégia conhecida para reciclar esses resíduos e, por ser econômica, torna-se viável a adoção dessa técnica. Estudos indicam que a incorporação da palha de arroz pode elevar o pH do solo e aumentar a ligação de Cd, enquanto reduz sua biodisponibilidade (YULING LIU, 2024).

Esse processo de biossorção não está vinculado apenas ao cádmio, mas a todos os metais pesados. Os materiais biológicos usados na biossorção incluem algas, bactérias, plantas, cascas de frutas, resíduos agrícolas, entre outros. Esses materiais possuem grupos funcionais na superfície, como carboxilas, hidroxilas e aminoácidos, que interagem quimicamente com os metais pesados, facilitando sua captura (AGUIAR et al., 2002).

A desintoxicação de metais no organismo pode ser feita por meio de suplementos e antioxidantes, que contribuem para a redução do estresse oxidativo causado por esses metais. O ácido alfa-lipoico é utilizado para remover metais pesados do cérebro e promove a regeneração; a vitamina C, que é muito comum, reduz os danos causados pelos metais; o selênio atua como um antioxidante, reduzindo os efeitos tóxicos do mercúrio e do cádmio; o zinco exerce uma atividade muito importante, pois compete nos receptores de ligação com os metais pesados, impedindo sua absorção no organismo; e, por último, o uso da clorela, que é uma alga com a capacidade de se ligar aos metais e auxiliar na excreção dos mesmos (SYDNEY, 2022).

Conclusão

A contaminação por metais pesados representa um grave risco à saúde pública e ao meio ambiente. Os metais pesados, como chumbo, mercúrio, cádmio e arsênio, demonstram características bioacumulativas e não biodegradáveis, o que leva à sua persistência e acúmulo em ecossistemas, resultando em consequências prejudiciais tanto para a fauna quanto para a flora, e, principalmente, para os seres humanos.

As fontes de contaminação são variadas, incluindo atividades industriais, agrotóxicos, mineração e a disposição inadequada de resíduos. Além disso, a contaminação do solo e da água por metais pesados se reflete diretamente na cadeia alimentar, elevando os níveis de exposição da população a esses compostos tóxicos. Os efeitos adversos à saúde são amplos, afetando principalmente os sistemas neurológico, renal e cardiovascular, podendo levar a condições crônicas e, em casos extremos, à morte. (INCA, 2024; AGUIAR et al., 2002).

As evidências científicas apontam para a necessidade urgente de estratégias de mitigação, que incluem regulamentações rigorosas, campanhas de conscientização sobre a exposição e o uso seguro de produtos químicos, e métodos eficazes para a descontaminação das áreas afetadas. Adicionalmente, a utilização de técnicas de biossorção e a incorporação de substâncias naturais que auxiliam na desintoxicação, como antioxidantes e suplementos, podem ser abordagens viáveis para reduzir a carga tóxica no organismo humano. (AGUIAR et al., 2002).

É crucial que haja um esforço conjunto entre os setores governamentais, industriais e a sociedade civil para promover práticas sustentáveis e educar a população sobre os riscos associados à exposição a metais pesados. Dessa forma, poderemos não apenas preservar a saúde da população, mas também garantir um ambiente mais seguro e saudável para as futuras gerações. A pesquisa contínua e a vigilância ambiental são essenciais para identificar e mitigar fontes de contaminação, promovendo a saúde e o bem-estar da sociedade.

Anais [...]. Londrina Editora Científica, 2024. ISBN: 978-65-01-19312-0

Referências

AGUIAR, M. R. M. P. DE; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. Química Nova, v. 25, n. 6b, p. 1145–1154, dez. 2002.

COZZOLINO, S. M. F. Biodisponibilidade de minerais. Revista de Nutrição, v. 10, n. 2, p. 87–98, jun. 1997.

CRUZ, Jassica valéria bastos et al. Influência dos metais pesados no acometimento do câncer: Uma revisão da literatura. Influência dos metais pesados no acometimento do câncer: Uma revisão da literatura, BRASIL, p. 1-11, 6 jun. 2021. Câncer

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO Órgão: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária PORTARIA SDA No 448, DE 17 DE NOVEMBRO DE 2021. [s.l: s.nAcesso em: 5 out. 2024.

CRISTINA, C. et al. A presença de metais pesados em cosméticos e malefícios atribuídos aos usuários. Revista de Casos e Consultoria, v. 12, n. 1, p. e24789–e24789, 2021.

EL-METWALLY, M. Heavy metal accumulation and interaction dynamics in Brachidontes pharaonis: a bioindicator study in the Red Sea. Environmental Monitoring and Assessment, v. 196, n. 11, 3 out. 2024.

FERNANDO, F.; BATISTA DE SÁ, K.; MARIA DE ALMEIDA PLICAS, L. METAIS PESADOS: FONTE E AÇÃO TOXICOLÓGICA. [s.l: s.n.]. Acesso em: 27 set. 2023.

FERNANDO; THOMÉ, F. Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos. Engenharia Sanitaria E Ambiental, v. 9, n. 3, p. 211–217, 1 set. 2004.

MAI, X. et al. Research progress on the environmental risk assessment and remediation technologies of heavy metal pollution in agricultural soil. J Environ Sci (China), p. 1–20, 2024.

MINISTÉRIO, D.; SAÚDE. Metais pesados, câncer e os riscos ambientais. [s.l: s.n.]. Disponível em:Acesso em:04/10/2024

MOREIRA, F. R.; MOREIRA, J. C. A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde. Ciência & Saúde Coletiva, v. 9, n. 1, p. 167–181, 2004.

NAKRO, V. et al. Recent advances in applications of animal biowaste-based activated carbon as biosorbents of water pollutants: a mini-review. Environ Monit Assess, p. 974–974, 2024.

NECHYTAILO, L. et al. Dynamics of changes in cadmium levels in environmental objects and its impact on the bio-elemental composition of living organisms. Brazilian Journal of Biology, v. 84, p. e271324, 12 maio 2023.

SANTANA, G. P.; BARRONCAS, P. DE S. R. Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus (AM). Acta Amazonica, v. 37, p. 111–118, 2007.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ DAIANE BOVENSCHULTE BIORREMEDIAÇÃO DE METAIS PESADOS UTILIZANDO A MICROALGA CHLORELLA VULGARIS: UMA REVISÃO PONTA GROSSA 2022. [s.l: s.n.]. Acesso em: 19 set. 2024.

VIRGA, R. H. P.; GERALDO, L. P.; SANTOS, F. H. DOS. Avaliação de contaminação por metais pesados em amostras de siris azuis. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 27, n. 4, p. 779–785, dez. 2007.

WANG, C. et al. Impact of coking plant to heavy metal characteristics in groundwater of surrounding areas: Spatial distribution, source apportionment and risk assessments. Journal of Environmental Sciences/Journal of environmental sciences, 1 fev. 2024.

WANG, X. et al. Mercury contents and potential exposure risk of rice-containing food products. Journal of Environmental Sciences/Journal of environmental sciences, v. 148, p. 683–690, 1 fev. 2025.

WU, Y. et al. Simultaneous immobilization of multiple heavy metal(loid)s in contaminated water and alkaline soil inoculated Fe/Mn oxidizing bacterium. Journal of Environmental Sciences, v. 147, p. 370–381, 1 jan. 2025.

WU, P. et al. Prediction of heavy metal ion distribution and Pb and Zn ion concentrations in the tailing pond area. PLoS ONE, v. 19, n. 9, p. e0308916–e0308916, 26 set. 2024.
XIE, F. et al. Mobilization of heavy metals from floodplain sediments of the Yellow River during redox fluctuations. Journal of Environmental Sciences, v. 150, p. 432–439, 2 abr. 2024.