



Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44º EDEQ - 4º Profquisul
NOVA PRATA/RS

Metais Pesados e seus Contextos: um Estudo de Revisão na Pesquisa em Química e na Educação Química

Priscila Costa (IC)*, Taise Machado Carvalho (IC), Ticiane Santos dos Santos (IC), Rafael Roehrs (PQ), Tales Leandro Costa Martins (PQ).
priscilacosta.aluno@unipampa.edu.br.

Palavras-Chave: Ensino de química; Contextualização; Cidadania;

Área Temática: Ensino, avaliação e aprendizagem.

Resumo: Este trabalho apresenta uma revisão sistemática de literatura sobre a presença de metais pesados na produção científica brasileira, considerando tanto a área de Química quanto o Ensino de Química, no período de 2015 a 2025. A análise foi organizada em duas etapas: na primeira, foram selecionados artigos da área educacional, publicados em periódicos específicos de ensino de química; na segunda, artigos da área acadêmica, filtrados por meio da plataforma Periódicos CAPES. Na etapa educacional foram encontrados dois artigos, ambos voltados ao solo como compartimento ambiental e a utilização de metodologias ativas. Já na área de Química, Ciências Exatas e da Terra, foram identificados 26 artigos, que contemplam maior diversidade de compartimentos e entre os metais analisados o chumbo (Pb) destaca-se presente em 84,6% dos trabalhos. Os resultados permitiram identificar características e construir um panorama das tendências e lacunas das áreas. Enquanto a pesquisa em Química apresenta produção robusta e diversificada, o Ensino de Química ainda carece de maior inserção do tema, evidenciando a necessidade de aproximação entre as áreas visando fortalecer práticas pedagógicas contextualizadas e críticas.

INTRODUÇÃO

Durante a história da humanidade, há registros de contaminação por metais pesados, como o chumbo, desde o início do desenvolvimento das civilizações. Evidências que foram retiradas do gelo, turfeiras e sedimentos de lagos, demonstram que atividades como a mineração e fundição de metais já eram consideravelmente impactantes para a atmosfera da antiguidade, com registros compatíveis ao período de ascensão do império romano e a revolução industrial (Koutsodendris, 2025).

No contexto brasileiro, o país possui desenvolvimento econômico que o torna um líder na produção de recursos primários, sendo uma grande economia da América do Sul. Possui grandes reservas naturais de diferentes tipos de minérios, sendo um ponto positivo para a economia local, mas prejudicial em questão ambiental (Ellwanger, 2023). A poluição de biomas com metais pesados ocorre por diversos motivos, sendo um deles a mineração ilegal de ouro

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44º EDEQ - 4º Profquisul
NOVA PRATA/RS

utilizando mercúrio, gerando problemas neurotóxicos nas comunidades que vivem próximos a regiões de garimpo (Collyns, 2025).

O impacto ambiental resultante do uso inapropriado de metais pesados representa uma das ameaças contemporâneas, devido à sua persistência no ambiente e capacidade de bioacumulação, já que não se degradam naturalmente, interferindo em ecossistemas aquáticos e terrestres (Manahan, 2010).

Além da contaminação ambiental ocasionada, há também os impactos na saúde de quem entra em contato prolongado com esses materiais. Por possuírem características bioacumulativas, provocam efeitos que alteram a função fisiológica do organismo, comprometendo e promovendo problemas no sistema nervoso, renal, respiratório e cardiovascular (Jomova *et al.*, 2024). A toxicidade desses elementos no organismo, está relacionada à capacidade desses metais de se ligarem a grupos funcionais orgânicos presentes em enzimas e proteínas, interferindo em processos metabólicos e ocasionando efeitos como distúrbios neurológicos e metabólicos (câncer, alterações hepáticas, renais. etc.) (Jomova *et al.*, 2024).

Os metais pesados são definidos como um grupo de elementos químicos metálicos e semimetálicos que possuem uma densidade relativa maior que 5 g/cm³, sendo tóxicos mesmo em baixas doses (UNESP, 2013; Lima, 2013). Embora não exista uma definição consensual na literatura científica, a classificação mais comum inclui os elementos: Arsênio (As); Cádmio (Cd); Cobre (Cu); Chumbo (Pb); Estanho (Sn); Antimônio (Sb); Bismuto (Bi); Prata (Ag); Mercúrio (Hg); Índio (In); Ósmio (Os); Paládio (Pd); Ródio (Rh); Cromo (Cr), Níquel (Ni); e Vanádio (V) (Manahan, 2010). Esses elementos químicos possuem características físico-químicas semelhantes como sua maleabilidade, alta condutividade elétrica e térmica, sendo sólidos em temperatura ambiente, com exceção apenas do Mercúrio (Musadis, 2024).

Considerando o impacto da temática discutida, o estudo sobre metais pesados se torna fundamental do ponto de vista educacional e científico, uma vez que o tema permite a contextualização do ensino de química com questões ambientais, sociais e de saúde pública. Trabalhar esse tema em sala de aula possibilita ao estudante refletir criticamente sobre os impactos das ações humanas no ambiente, promovendo uma formação científica mais integrada e cidadã (Pereira, 2023; Almeida *et al.*, 2022).

Sendo assim, a presença crescente de metais pesados em resíduos industriais e domésticos constitui um risco considerável para a saúde humana e aos ecossistemas, devido à sua toxicidade, persistência e capacidade de bioacumulação ao longo da cadeia alimentar.

Ao entender o impacto da temática, tem-se como objetivo analisar e comparar a produção acadêmica sobre o tema metais pesados em periódicos das áreas de química e de ensino de química, possibilitando um

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





desenvolvimento de uma visão atual e abrangente do tema em ambas as áreas, comparando suas produções a fim de identificar possíveis tendências e possibilidades.

METODOLOGIA

Neste artigo adotou-se uma abordagem de revisão sistemática de literatura (Donato, 2019). A coleta de dados foi dividida em duas etapas (Figura 1) a fim de analisar a produção científica da área de Química e de Ensino de Química, com foco no tema "metais pesados".

Na primeira etapa, a busca foi realizada por meio da plataforma Periódicos CAPES, priorizando periódicos classificados nas áreas das Ciências Exatas. Usando a palavra-chave "metais pesados", no título e/ou nas palavras-chave como critério de inclusão, considerando publicações entre os anos de 2015 a 2025. Os artigos selecionados foram analisados quantitativamente e qualitativamente, classificando de acordo com o contexto ambiental abordado.

A segunda etapa concentrou-se na área de Ensino de Química, com a análise de artigos publicados em quatro revistas científicas específicas: Química Nova na Escola (QNEsc), Revista Brasileira de Ensino de Química (RBEC), Revista Debates em Ensino de Química (REDEQUIM) e Revista Virtual de Química (RVq). A busca, também restrita ao período de 2015 a 2025, teve os mesmos critérios de inclusão citados anteriormente, sendo realizada em todos os volumes das revistas dentro do período. A análise dos conteúdos se deu com base na metodologia de análise de conteúdo de Bardin (2016), permitindo a identificação de categorias emergentes e a construção de um panorama sobre as principais tendências e lacunas no tratamento do tema "metais pesados" nas áreas. Abaixo, há a representação esquemática referente a pesquisa realizada.

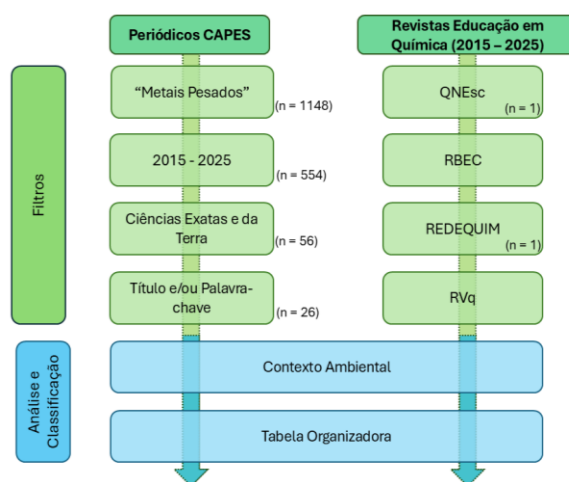


Figura 1: Metodologia e Resultados. Fonte: Autores (2025)



Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

ANÁLISE E DISCUSSÃO DE DADOS

Conforme descrito na metodologia apresentamos a seguir a revisão realizada nas revistas QNEsc, REDEQUIM, RBEC e RVq no período de 2015 à 2025. Analisando os resultados, observa-se que dentro do período estudado de 10 anos e analisadas 4 revistas diferentes, encontrou-se apenas 2 artigos. Os trabalhos estão publicados nos periódicos Química Nova na Escola e na Revista Debates em Ensino de Química, nos anos de 2023 e 2016 respectivamente.

Artigo 1: BARBOSA, A. F. M.; RIBEIRO, J. N.; RIBEIRO, A. V. F. N.; AZEVEDO, L. E. S.; SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G. **Atividade Experimental Problematicada (AEP) e Educação Ambiental (EA):** presença de metais pesados em aterros sanitários – uma proposta didática. *Quím. Nova Esc.*, Vol. 45 (4), p. 283-291, 2023. Disponível em:
<https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc45-4/06-EQF-32-22.pdf>

Artigo 2: KLEIN, S. G.; BRAIBANTE, M. E. F. **Poluição do Solo por Pilhas e Baterias:** Identificação de Metais Pesados em Amostras de Solo Contaminados. *Revista Debates em Ensino de Química*, Vol. 2 (1), p. 83–91, 2016. Disponível em:
<https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/1282>

Ambos os artigos tiveram o uso de metodologias experimentais como propostas de implementação do conteúdo, sendo estas a Atividade Experimental Problematicada (AEP) articulada com Educação Ambiental e Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Ao analisarmos o compartimento ambiental estudado nota-se que, tanto no Artigo 1 como no Artigo 2, implementam suas metodologias utilizando o solo como meio de contexto e análise, no primeiro caso abordando o contexto de aterros sanitários e no segundo caso amostras de solo.

O artigo 1 trata-se de propostas de atividades experimentais desenvolvidas com o intuito de viabilizar a implementação do ensino experimental da Química articulado a uma abordagem ambiental, visando atender demandas do novo Ensino Médio. Trata-se então do desenvolvimento de propostas de atividades experimentais em que não há aplicação no contexto de sala de aula. O artigo 2 desenvolveu uma abordagem através da experimentação, utilizando amostras de solo impregnadas com metais contaminantes, associada a um estudo de caso por resolução de problema, tratando-se de um artigo com relato de experiência da intervenção em sala de aula.

No artigo que utiliza o contexto dos aterros sanitários utilizou-se o cobre, no caso Cu^{2+} , como o metal pesado para ser estudado por meio de um biodigestor e do bioensaio *Allium cepa*. O segundo artigo utilizou amostras de

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

solo impregnadas com contaminantes, inserindo os metais chumbo (Pb^{2+}), manganês (Mn^{2+}), níquel (Ni^{2+}) e zinco (Zn^{2+}) para a realização de análises químicas qualitativas, observando reações com alterações de coloração ou de precipitação. Neste, o relato de experiência enfatiza o posicionamento crítico e a consciência do descarte correto das pilhas e baterias dos alunos envolvidos.

As abordagens são contextualizadas aproximando a química e os conceitos envolvidos, sobre metais pesados, de contextos reais do cotidiano. As metodologias experimentais são acessíveis e de fácil execução, com abordagens problematizadoras e investigativas. A partir da análise de 10 anos em quatro periódicos da área de Educação e Ensino de Química, surpreende como a temática é pouco explorada na área. Além disso, observa-se que os contextos referentes aos demais compartimentos ambientais, atmosfera e hidrosfera, não são alvos de estudos envolvendo o tema.

Após a análise dos artigos no Ensino de Química, a segunda etapa da revisão volta-se para a produção acadêmica na área de Química. Conforme descrito, foram filtrados e selecionados 26 artigos que atenderam aos critérios de inclusão estabelecidos. Na análise dos artigos realizamos a classificação em cinco categorias de análise: a localização geográfica dos estudos; o compartimento ambiental estudado; os metais investigados; o contexto do trabalho e, o alvo principal que foi utilizado para a análise e ou estudo.

Analisando a localização geográfica das pesquisas desenvolvidas, foram identificados artigos de 10 estados brasileiros: Rio Grande do Sul (5), Minas Gerais (4), Bahia (3), Santa Catarina (2), Paraná (2), São Paulo (2), Mato Grosso do Sul (2), Amazonas (1), Sergipe (1) e Ceará (1). A região sul do país (RS, SC e PR) foi a que concentrou o maior número de artigos, com nove (9) publicações. Do total de artigos selecionados, três (3) são artigos de revisão bibliográfica que não foram associados com a localização geográfica dos estudos. Dentro do período investigado nos limites do presente estudo, torna-se relevante ressaltar a participação de pesquisas realizadas na região sul, revelando a importância dada ao tema por pesquisadores no sul.

A partir da leitura e interpretação dos trabalhos, os compartimentos ambientais também foram classificados. Os compartimentos ambientais são as diferentes divisões onde substâncias, elementos e a vida interagem e são transportados, sendo classicamente divididos em meio físico (ar, água e solo), meio biótico (organismos vivos como plantas, animais e microrganismos) e meio antrópico (as construções e dimensões da influência humana) (Braga, 2005).

Foram encontrados seis (6) diferentes compartimentos divididos em: água (8), alimento (6), solo (4), homem (3), planta (3) e atmosfera (2). Observa-se que o tema *água* foi o mais frequente, seguido pelo tema *alimento*. Com relação ao tema *água* há o dobro de trabalhos comparado ao tema *solo*. Quando analisamos compartimentos mais relacionados ao Homem, somando os resultados de *alimento* e *homem*, temos a frequência de nove (9) estudos, o que

representa um maior número de trabalhos voltados e preocupados com esta dimensão ambiental.

Outra categoria de análise foram os metais investigados nas pesquisas. O gráfico a seguir (Figura 2) apresenta a distribuição por frequência dos metais pesados encontrados nas publicações.

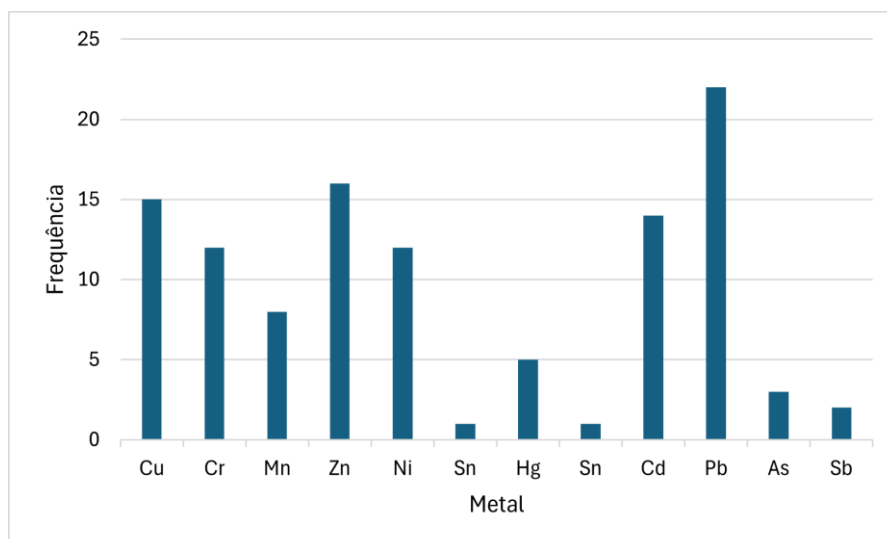


Figura 2: Frequência dos principais metais pesados. Fonte: Autores (2025)

No total foram encontrados 32 metais citados nos artigos, sendo que nem todos se enquadram na categoria de metais pesados. Por esse motivo, apenas aqueles classificados como metais pesados foram considerados no gráfico. O metal que aparece com maior frequência é o chumbo (Pb), identificado em 22 artigos. Destaca-se que todos os trabalhos classificados na categoria *so*lo possuíam o chumbo como analito. O chumbo é um elemento persistente e pouco móvel no solo, o que leva a um acúmulo em camadas superficiais do solo, sedimentos e poeiras, podendo permanecer por décadas. Possui uma grande capacidade de bioacumulação na cadeia alimentar (CECERJ, 2016), o que sugere sua recorrência em estudos ambientais.

Em seguida, o zinco (Zn) foi o segundo metal pesado mais identificado, estando presente em 61,5% dos trabalhos analisados e em terceiro o cobre (Cu) em 57% das pesquisas analisadas. É interessante analisar sobre a associação que esses dois metais possuem no cotidiano, sendo geralmente atribuídos a metais comuns e não como metais pesados, poluidores e tóxicos. Outros metais que possuem características consideravelmente mais tóxicas, como o Mercúrio (Hg) e o Arsênio (As) não são tão trabalhados quando comparados com os três primeiros.

A categoria de análise nomeada de *Contexto* buscou identificar nos artigos os contextos com relação às pesquisas na área. A partir da análise e



Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44º EDEQ - 4º Profquisul
NOVA PRATA/RS

interpretação emergiram quatro (4) categorias principais: *Análises para determinação de concentração* (18); *Revisão bibliográfica* (3); *Desenvolvimento de metodologia* (3) e *Monitoramento* (2). As análises de determinação de concentração são aquelas envolvidas em determinar a concentração do(s) metal(is) pesado(s) em matriz ou alvos específicos de interesse, buscando quantificar o analito. Diferente das atividades de *monitoramento* que visam analisar a quantidade determinada comparativamente aos parâmetros pré-estabelecidos. Cerca de 70% dos trabalhos foram categorizados como sendo de análises, o que sugere muitos cenários ainda possíveis de desenvolvimento de pesquisas associadas ao tema.

Os demais tiveram diferentes focos: três (3) trabalhos desenvolveram *metodologias* para determinação de metais, dois (2) realizaram o *monitoramento* de concentrações na atmosfera e na água, e três (3) consistiram em artigos de *revisões de literatura*. Entre esses últimos, dois foram enquadrados no estudo dos compartimentos na categoria *Homem*, discutindo o uso de medicamentos como forma de mitigar os efeitos da contaminação por metais pesados e a presença de metais no leite materno, associada a fatores como o uso de cosméticos, consumo de tabaco, alimentação inadequada e condições de moradia.

Com o objetivo de mapear os alvos para uso em possíveis metodologias com Temas Geradores no Ensino de Química, realizou-se a análise dos alvos investigados nos artigos da área. Os temas geradores são estratégias metodológicas para um processo de tomada de consciência da realidade vivida nas sociedades (TOZONI-REIS, 2006). No Quadro 1 apresentamos a categoria *compartimentos*, discutida anteriormente, junto aos *alvos* de investigação dos estudos. A diversidade de alvos revela o quanto tais contextos ambientais associados aos metais pesados são complexos em conexões.

Observa-se conexões que vão além do ambiente e recursos naturais, tais como, a produção de alimentos, as conexões entre a biologia e a saúde humana e, contextos de sustentabilidade e o uso responsável dos recursos. Destacamos os alvos relacionados aos contextos *alimentos* e ao *homem* que sugerem conexões com a agricultura, produção de alimentos e saúde humana, colocando o ser humano e as suas questões, imersos no ambiente a ser refletido nas abordagens em sala de aula.

Quadro 1: Análise entre Compartimentos e Alvos

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

Compartimento	Alvo da análise
Água (8)	água, sedimentos, plantas, aquíferos, celulose, macrófitas, hortaliças
Alimento (6)	peixe, mel, suco de uva, cana-de-açúcar, peixe, enlatados
Solo (4)	solos, panelas de barro
Homem (3)	saliva, leite materno, organismo humano
Planta (3)	girassol, alface, algas, medicinais
Atmosfera (2)	ar e deposição em macela

Fonte: Autores (2025)

Os alvos de pesquisa representam contextos mais específicos que podem ser explorados e desenvolvidos no Ensino de Química e Ciências. Os temas, os alvos, também estão relacionados a dimensões mais abrangentes, como a importância da conservação, o uso responsável dos recursos, a saúde humana e a sustentabilidade do planeta. Tais contextos, de alvos e metais pesados, contribuem para o desenvolvimento de propostas voltadas para a Educação em Ciências e a Cidadania, repensando esse binômio e situando-os no mundo concreto (Pinhão e Martins, 2016).

CONCLUSÃO

A revisão realizada neste trabalho permitiu traçar um panorama do que é produzido referente ao tema metais pesados, considerando a perspectiva do Ensino de Química e da área de Química, na última década. Observa-se que a produção acadêmica sobre metais pesados é mais ampla na área de química do que na área de ensino de química, mesmo considerando as limitações de nossa pesquisa na área de educação.

Na área educacional, em quatro periódicos investigados até o momento, foram identificados apenas dois artigos. Ambos contextualizam o compartimento ambiental solo, desenvolvendo atividades experimentais associadas com metodologias ativas. Assim, observa-se limitações quanto ao uso de compartimentos ambientais e de alvos de estudo como possíveis contextualizações.

Na área de química, Ciências Exatas e da Terra, foram identificados 26 trabalhos que exploram uma diversidade maior de compartimentos ambientais, tais como água, alimentos, plantas, material humano, solo e atmosfera. Os resultados obtidos permitiram a identificação de categorias e a construção de um panorama sobre as tendências e possibilidades da produção científica.

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44º EDEQ - 4º Profquisul
NOVA PRATA/RS

Entre essas tendências, têm-se ênfase em metais com uma reconhecida toxicidade, como o chumbo, zinco, cobre e o cádmio. No período estudado observa-se lacunas pelo fato da pouca exploração de outros reservatórios como a atmosfera e a baixa frequência de estudos sobre metais de alta toxicidade, como o mercúrio e arsênio.

As tendências das pesquisas em química visam em sua maioria compartimentos ambientais de contato direto com a população, como água, alimentos, o homem e o solo. Essa predominância pode ser justificada por sua relevância direta com a saúde pública e pelas demandas específicas de cada região, como a agricultura intensiva, atividades de mineradoras e processos industriais.

Sendo assim, é possível considerar que o tema “metais pesados” é muito bem difundido pelo Brasil como objeto de investigação científica, porém o mesmo não ocorre no campo educacional. Dessa forma, destaca-se a importância de promover uma aproximação entre as áreas, podendo abordar a relevância ambiental de tais contaminantes, favorecendo uma formação científica mais crítica associada a diversos cenários ambientais. A Educação em Ciências e a Cidadania podem ser promovidas por meio de propostas que abordem a temática de metais pesados de forma crítica e reflexiva.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. G. *et al.* **Metais pesados: toxicologia, impactos ambientais e metodologias analíticas**. 1. ed. Rio de Janeiro: UERJ, 2022. 156 p.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2016.

BRAGA, B. *et al.* **Engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

COLLYNS, D. What's behind the alarming rise in birth defects in Brazil's illegal gold mining capital? *The Guardian*, London, 28 nov. 2024. Disponível em: <https://www.theguardian.com/global-development/2024/nov/28/rise-birth-defects-inbrazil-para-state-illegal-gold-mining-capital>. Acesso em: 24 jun. 2025.

DONATO, M. Etapas para a realização de uma revisão sistemática. [S. l.], v. 32, n. 3, 2019.

ELLWANGER, J. H.; CHIES, J. A. B. Brazil's heavy metal pollution harms humans and ecosystems. **Science in One Health**, [S. l.], v. 2, art. 100019, 2023.

FREITAS, R. C. da S.; SOUZA, M. A.; MIRANDA, P. R. B.; COSTA, J. G. Contaminação ambiental por metais pesados provenientes do descarte

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44º EDEQ - 4º Profquisul
NOVA PRATA/RS

irregular de resíduos sólidos urbanos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S. l.], v. 12, n. 9, set. 2021.

JOMOVA, K.; ALOMAR, S. Y.; NEPOVIMOVA, E.; KUCA, K.; VALKO, M. *et al.* Heavy metals: toxicity and human health effects. **Archives of Toxicology**, v. 99, p. 153–209, 2025.

KOUTSODENDRIS, A. *et al.* Societal changes in Ancient Greece impacted terrestrial and marine environments. *Communications Earth & Environment*, [S. l.]. **Nature Portfolio** v. 6, art. 21, 30 jan. 2025.

MANAHAN, S. E. **Química Ambiental**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

PEREIRA, J. F. S.; LIMA, I. C.; MIRANDA, P. M. C. Avaliação da concentração de mercúrio em pescado comercializado na cidade de Cáceres - MT. **Revista Pantaneira**, Cáceres - MT, v. 5, n. 2, p. 42–51, 2022.

PINHÃO, F.; MARTINS, I. Cidadania e Ensino de Ciências: Questões para o Debate. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, 18(3), 9-29, 2016.

TOZONI-REIS, M. F. C. Temas ambientais como “temas geradores”: contribuições para uma metodologia educativa ambiental crítica, transformadora e emancipatória. **Educar**. 27, 393-110, 2006.

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química

