

LIXIVIAÇÃO DE METAIS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DE ELETROELETRÔNICOS EM COLUNAS DE SOLO

Paula DERKSEN MACRUZ, Patrícia CAVANI MARTINS DE MELLO

paulinhamacruz@yahoo.com.br, patricia_cavani@hotmail.com

RESUMO: Observou-se nos últimos anos o aumento da geração de resíduos provenientes de materiais eletrônicos e elétricos que podem vir a trazer risco à saúde humana e ambiental por conta de sua disposição irregular e também ao extensivo uso de materiais tóxicos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de lixiviação de metais tóxicos proveniente de resíduos eletroeletrônicos em colunas de solo. Foram coletados resíduos eletrônicos armazenados pelo Consórcio Intermunicipal do Vale do Paranapanema (CIVAP), provenientes de Assis/SP. Posteriormente foram montadas colunas de lixiviação feitas em PVC, recheadas com solo e os resíduos. Às mesmas foram umedecidas periodicamente com soluções ácidas e água, e o líquido percolado foi recolhido para análise dos metais (Zinco, Ferro, Cobre, Manganês, Chumbo, Cromo e Níquel). O solo foi caracterizado química (pH, CTC, umidade) e granulometricamente. Os resultados obtidos caracterizaram o solo como pouco ácido (6,7) e de textura média. No geral, os solos com resíduos obtiveram percolados com maiores teores de metais pesados, tanto para umedecimento com solução ácida, quanto com água. O percolado proveniente das colunas umedecidas com solução ácida apresentou quantidades maiores de Fe, Pb e Ni e quantidades menores de Zn, Cu, Mn e Cr, quando comparado as colunas umedecidas com água. Pode-se concluir que mesmo com baixa CTC, o solo coletado apresentou capacidade de retenção de metais pesados, sendo necessária uma intensificação dos projetos de coleta seletiva deste tipo de resíduo.

PALAVRAS CHAVE: lixiviação; resíduos eletroeletrônicos; colunas de solo.

ABSTRACT: It was observed in recent years an increase in the generation of waste from electronic and electrical materials that may bring about a risk to human and

environmental health due to its irregular disposition and the extensive use of toxic materials. The objective of this work was to evaluate the leaching potential of toxic metals from electrical and electronic waste in soil columns. The electronic waste was collected by the Intermunicipal Consortium of the Paranapanema Valley (CIVAP), from Assis / SP. Subsequently were built leaching columns made of PVC, filled with soil and waste. They were moistened periodically with acid solutions and water, and the percolated liquid was collected for analysis of metals (Zinc, Iron, Copper, Manganese, Lead, Chromium and Nickel). The soil was characterized chemically (pH, CTC, moisture) and granulometrically. The results obtained were characterized by the low acid (6,7) and medium texture. In general, soils with wastes obtained percolates with higher contents of heavy metals, both for moistening with acid solution or water. The percolated from the columns moistened with acid solution presented higher amounts of Fe, Pb and Ni and smaller amounts of Zn, Cu, Mn and Cr, when compared to the columns moistened with water. It is possible to conclude that even with low CTC, the collected soil showed heavy metal retention capacity, requiring an intensification of the selective collection of this type of waste.

KEYMORDS: leaching; waste electrical and electronic equipment; columns of soil.

1. Introdução

Nos últimos quinze anos tem se observado um incremento da geração de resíduos originados da descartabilidade de bens de consumo duráveis e em especial de produtos eletrônicos e elétricos, tais como equipamentos de informática, eletrodomésticos, vídeo e som, equipamentos de iluminação, equipamentos de telefonia móvel e fixa (RODRIGUES, 2007).

Este constante crescimento do processo de inovação tecnológica mantido pelas empresas de eletroeletrônicos vem criando a necessidade de se implantar uma política que vise uma melhoria na gestão dos resíduos produzidos, utilizados e descartados pelas indústrias, nesse caso, os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (GARCÉS e SILVA, 2010)

Os resíduos sólidos urbanos podem conter elevadas concentrações de contaminantes, pois muitos bens de consumo para serem produzidos, necessitam de substâncias à base de metais e outros componentes tóxicos. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), esses metais são responsáveis por inúmeras enfermidades, desde simples alergia até problemas respiratórios, cancerígenos e em algumas situações que podem levar à morte (NETO et al., 2014).

O excesso de metais pesados no solo aumenta a possibilidade de inserção dos mesmos na cadeia alimentar e, conseqüente, a contaminação dos integrantes bióticos. Além disso, pode haver a lixiviação destes metais com subsequente contaminação do lençol freático (MACHADO et al., 2011).

Embora seja o solo uma barreira natural de proteção dos aquíferos subterrâneos, os fatores que governam a sua capacidade em reter metais são extremamente complexos, o que dificulta sobremaneira seu entendimento sobre as possibilidades de previsões acerca do comportamento desses elementos (OLIVEIRA & MATIAZZO, 2001).

Sabe-se que a maior ou menor mobilidade dos metais será determinada pelos atributos do solo, como teores e tipos de argila, capacidade de troca de cátions, teor de matéria orgânica entre outros, que influenciarão as reações de adsorção/dessorção, precipitação/dissolução, complexação e oxirredução (OLIVEIRA & MATIAZZO, 2001).

Desta maneira, os estudos de lixiviação devem considerar as possíveis áreas de disposição destes resíduos, de forma que as previsões do destino ambiental dos contaminantes sejam estreitamente relacionadas. Sendo assim, o objetivo deste projeto de iniciação científica foi avaliar o potencial de lixiviação de metais tóxicos pelo solo, proveniente de áreas de disposição irregular de resíduos eletroeletrônicos da cidade de Assis/SP.

2. Material e Métodos

2.1 Coleta de resíduos

A coleta dos resíduos eletrônicos foi feita com autorização do CIVAP (Consórcio Intermunicipal do Vale do Paranapanema) no barracão de descarte do município de Assis (SP).

2.2 Montagem das colunas

A montagem das oito colunas de solo foram feitas em canos de PVC com 4 cm de diâmetro por 50 cm de altura. Na tampa da coluna, fizeram-se vários furos para que haja percolação da água. Os canos foram completados com solo peneirado proveniente da FEMA, sendo intercalado com peças quebradas e fios desencapados dos resíduos coletados.

2.3 Umedecimento das colunas

Foi preparado uma solução de água ácida 10^{-5} M de H_2SO_4 e 10^{-5} M de HNO_3 na proporção 1:1 para serem adicionadas semanalmente em 3 colunas de acordo com o que foi proposto em LANGE (2012). Em outras 3 colunas foi adicionado água destilada. Também foi realizada a montagem de duas colunas sem resíduos eletrônicos, no qual uma será regada com a solução ácida e a outra com água destilada.

Os volumes de solução ácida e água destilada adicionada em cada coluna foram calculados de acordo com a média pluviométrica do período de 2006-2016, fornecidos pelo Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas.

2.4 Análises físico-químicas

Para caracterizar o solo coletado, foram feitas as seguintes análises: pH, umidade, cinzas, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions (CTC), granulometria, segundo métodos oficiais de análise de solos (EMBRAPA, 1997).

Também realizou-se as análises para dos seguintes metais Ferro (Fe), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Chumbo (Pb), Cromo (Cr) e Níquel (Ni), nos percolados de solução ácida e água destilada das colunas com resíduo e sem resíduo, que foram conduzidos pelo laboratório AgroLab em Assis/SP.

3. Resultados e discussão

3.1 Caracterização do solo

O resultado da caracterização do solo coletado é apresentado na Tabela 1. As análises foram conduzidas no Laboratório AgroLab e no CEPECI.

Tabela 1. Caracterização físico-química do solo coletado

Amostra	pH	Umidade	Cinzas	M.O.	CTC	Granulometria
Solo	6,7	1,68%	96,21%	4g/dm ³	135,4 mmolc/dm ³	média

Legenda: MO – Matéria Orgânica; CTC – Capacidade de Troca catiônica.

O valor de pH, 6,7, indica que o solo é levemente ácido, sendo considerado uma pequena capacidade de troca catiônica, com sítios ativos possíveis de realizarem trocas e retenção de metais.

O pH exerce forte influência na dinâmica dos íons metálicos catiônicos (Cu²⁺, Zn²⁺, Ni²⁺, Mn²⁺, Fe²⁺, Cr²⁺, Co²⁺, Pb²⁺ e Cd²⁺), sendo estes mais móveis em condições de pH baixo, ou seja, em ambiente de maior acidez, principalmente em solos com elevado grau de intemperização, onde os grupos funcionais de superfície dos componentes coloidais são, na sua maioria, pH-dependentes, especialmente os oxi-hidróxidos de ferro e alumínio (RIEUWERTS et al., 2006).

A capacidade de troca catiônica é função da mineralogia do solo e dos níveis de MOS presentes, tendo em vista que essas partículas apresentam cargas elétricas superficiais

que variam em função do pH, mas de qualquer forma contribuem para a CTC do solo, especialmente de solos tropicais, tipicamente intemperizados (JÚNIOR, 2011).

A baixa capacidade de troca de cátion condicionada pela mineralogia oxídica (óxidos de Fe e Al) ou silicática 1:1 (caulinita) comum nos ambientes tropicais, quando associada a condições de baixo pH favorecem a lixiviação e a disponibilidade dos metais pesados nos solos (CAMPOS, 2010).

Para Tedesco et al (1995), a CTC pode variar desde valores próximos de zero (para solos arenosos) até a 200-300 mmolc/dm³ (para solos férteis). A CTC apresentada pelo solo coletado foi de 135,4 mmolc/dm³, sendo considerada baixa, indicando então a baixa capacidade de reter metais pesados via troca catiônica, apresentando-se menos favorável à retenção de poluentes.

A matéria orgânica do solo também contribui com a capacidade de troca de cátions metálicos no solo, haja vista que os compostos orgânicos têm ação na complexação (metalligante-metal) e ligação superficial com os metais (SCHWAB et al., 2004).

3.2 Análise de metais nos percolados

Os teores de metais obtidos nas análises das soluções lixiviados nas colunas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1. Teores de metais obtidos nos percolados

Metal	Solo + Água (µg/L)	Solo + Solução Ácida (µg/L)	Solo +Água + Resíduo (µg/L)	Solo + Solução Ácida + Resíduo (µg/L)
Zinco	6,29	5,71	17,11	16,10
Ferro	30,86	40,00	1.532,57	1.650,88
Cobre	5,14	4,57	179,80	6,86
Manganês	1,71	2,86	16,57	15,43
Chumbo	18,28	16,57	20,57	21,71
Cromo	7,42	5,14	20,10	14,29
Niquel	8,57	7,43	9,71	10,10

No geral, os solos com resíduos obtiveram percolados com maiores teores de metais pesados, tanto para umedecimento com solução ácida, quanto com água. Observou-se que o metal Ferro (1650,88 µg/L de Fe para colunas de solução ácida) e Cobre (179,80 µg/L de Cu para colunas de água) foram os que apresentaram o maior teor de lixiviação em relação aos teores lixiviados do solo sem resíduos eletrônicos. As colunas que possuem resíduos e foram umedecidas com água apresentaram quantidades maiores de Zn, Cu, Mn e Cr e quantidades menores de Fe, Pb e Ni, quando comparado as colunas umedecidas com solução ácida.

Os resíduos eletrônicos coletados e dispostos nas colunas de solo eram constituídos de placas de telefones, fonte de computador, relé automotivo, baterias e placas de DVD. Santana (2014) encontrou grandes quantidades de Cádmio, Cromo e Chumbo em resíduos eletrônicos, classificando-os como resíduos perigosos, que quando em grandes quantidades dispostas no solo, poderão vir a provocar lixiviação destes metais contaminando o meio ambiente.

Pode-se observar que tanto para a solução ácida quanto para a água destilada na presença de resíduo eletroeletrônico, o metal Cromo e Chumbo apresentaram teores maiores do que o percolado sem os resíduos. Os teores encontrados não são tão superiores quanto o encontrado para o Ferro. Isso pode ser devido a baixa capacidade de retenção dos metais pesados via troca catiônica apresentada pela caracterização deste solo.

4. Conclusão

Com base nos resultados apresentados pode-se concluir que, nas condições do experimento, os materiais coletados mostraram potencial de contaminação dos solos, podendo afetar os seus ciclos naturais.

O despejo irregular de equipamentos eletroeletrônicos mostra ser uma atividade consideravelmente alarmante, pois devido ao intemperismo pela ação da solução ácida ou da água destilada sobre os resíduos, por um período curto de tempo, foi suficiente para ocorrer a retenção dos metais pesados via troca catiônica, contaminando os solos, podendo vir a trazer riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana e a todo o ecossistema.

Sendo assim, é necessário pensar na realização de coletas seletivas deste tipo de resíduos de maneira mais efetiva na sociedade, a fim de evitar a necessidade de ações remediadoras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, M. C. C. Atributos dos solos e riscos de lixiviação de metais pesados em solos tropicais. **Ambiência**, v. 6, n. 3, p.547-565, 2010.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed., Rio de Janeiro, 1997. 212p.

GARCÉS, D.; SILA, U. Guía de contenidos legales para la gestión de los residuos electrónicos. Centro de Derecho Ambiental. Universidad de Chile. 2010. Disponível em: <http://www.lixoeletronico.org/system/files/guia_legal_raee.pdf>. Acesso em: 18 nov., 2014.

JUNIOR, Rubens Silvério de Oliveira. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Editora RS Oliveira, 2011.

LANGE, C. N. **Contaminação do Solo e Mobilidade de As, Cd, Mo, Pb e Zn em colunas de solo franco arenoso com cinza de carvão**. 2012. 165 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, São Paulo, 2012.

MACHADO, Maria Elisabete et al. Análise e avaliação da distribuição de metais pesados em um antigo aterro de resíduos sólidos urbanos “Aterro Invernadinha”. **Evidência**, Joaçaba v. 11 n. 2, p. 69-82, julho/dezembro 2011

NETO, João de Melo Vieira et al. Estudo do comportamento de metais em um lisímetro de resíduos sólidos urbanos. *Revista Ciência e Tecnologia*, vol 17, n.31, p. 54-66, jul./dez. 2014.

OLIVEIRA, F.C., MATTIAZZO, M.E. Mobilidade de metais pesados em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v.58, n.4, p.807-812, out./dez. 2001.

RIEUWERTS J. S.; ASHNORE, M. R.; FARAGO, M. E.; THORNTON, I. The influence of soil characteristics on the extractability of Cd, Pb and Zn in upland and moorland soils. **Science of the total Environment**, v.366, p.64–875, 2006.

RODRIGUES, A.C. **Impactos socioambientais dos equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil**. 2007. 321 p. (Dissertação em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, arquitetura e Urbanismo da Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2007.

SANTANA, A. M. **Análise química de elementos potencialmente tóxicos em baterias e pilhas por FAAS e ICP OES**. 2014. 108 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia da UNESP, Ilha Solteira, São Paulo, 2014.

SCHWAB, A. P.; HE, Y.; BANKS, M. K. The influence of citrate on adsorption of zinc in soils. **Journal of Environment Engineering**, v.130, n. 10, p.1180–1187, 2004.

TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNE, H., VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5).