

ESTUDO HIDRODINÂMICO DO COMPORTAMENTO DO DIETIL HEXIL FTALATO (DEHP) NA ZONA VADOSA DO SOLO

Layla Nunes Lambiasi^{1*}; Fábio Cunha Lofrano²;
Sílvia Marta Castelo de Moura Carrara³; Dione Mari Morita⁴

RESUMO

Ftalatos são um dos poluentes industriais mais abundantes no meio ambiente. Entre eles o DEHP, um disruptor endócrino, apresenta grandes riscos à humanidade. Observou-se, em testes de infiltração em coluna, que a maior parcela do DEHP introduzido ficou retida na superfície. Tal ensaio, contudo, não permite a visualização do fluxo. A construção de um microdispositivo similar ao solo permitiu a observação da hidrodinâmica do DEHP em meio à infiltração. Verificaram-se que o aprisionamento de DEHP nos poros (devido à sua rápida adsorção), a baixa solubilidade em água e o efeito da molhabilidade (reduzindo sua mobilidade) explicam a recalcitrância do DEHP no solo, mesmo décadas após a contaminação ter se instaurado.

ABSTRACT

Phthalates are one of the most abundant industrial pollutants in the environment. Among them is DEHP, an endocrine disruptor of great risk to humankind. Through column infiltration tests, it was noticed that the largest amount of introduced DEHP was retained on the surface. This experiment, however, does not allow visualization of the flow. The construction of a microdevice similar to the soil allowed the observation of the DEHP hydrodynamics amidst infiltration. It was found that DEHP entrapment in the pores (due to its rapid adsorption), low water solubility and wettability effects (thus reducing its mobility) explain the recalcitrance of DEHP in soil, even decades after contamination took place.

Palavras-chave: dietil hexil ftalato; disruptor endócrino; transporte de contaminantes no solo; zona vadosa.

¹ Bolsista de Iniciação Científica de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da USP. *layla.lambiasi@usp.br

² Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP.

³ Doutora em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela Escola Politécnica da USP.

⁴ Professora Associada do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da USP.

1 - INTRODUÇÃO

Ftalatos, aditivos que melhoram a flexibilidade de materiais poliméricos, são largamente empregados na indústria. Eles estão presentes em cosméticos, brinquedos, artigos hospitalares, entre outros. Um desses compostos, o Dietil Hexil ftalato (DEHP), plastificante por muito tempo empregado pela indústria, é disruptor endócrino, isto é, ameaça à existência humana por causar danos à reprodução. Decorrente do uso e da disposição inadequada, esse ftalato é um dos poluentes industriais mais abundantes no meio ambiente; contamina ar, água e solo e pode ser encontrado até mesmo em alguns tecidos do corpo humano [1].

O transporte de DEHP através do solo envolve diversos aspectos relacionados ao fluxo de contaminantes em meios porosos. Suas elevadas forças de coesão ligam as moléculas entre si e em decorrência da adesão às paredes dos grãos do solo surge uma película de difícil remoção. Nessa interface, ocorre um fenômeno denominado adsorção, que é caracterizado como um processo físico-químico responsável pelo acúmulo de substâncias em superfícies [2].

Os ensaios normalmente empregados – tanto os de campo quanto os de laboratório – apresentam severas limitações quanto à observação direta dos fenômenos que ocorrem no meio subterrâneo, seja por se basearem em medidas indiretas ou por não retratarem de modo fidedigno as heterogeneidades características do solo. O presente trabalho tem por objetivo investigar a infiltração de DEHP em um tradicional ensaio em coluna e em um microcanal, cujas dimensões são representativas dos canais reais do solo.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Teste de infiltração

O reator utilizado para o teste de infiltração foi confeccionado em chapa acrílica de 12 mm, no formato circular, com diâmetro de 0,50 m e altura de 1,20 m. Ele possuía 5 pontos de coleta de amostra ao longo do perfil, dispostos em diagonal, havendo mais um ponto de coleta no fundo do reator. O reator foi coberto com papel alumínio para evitar a fotólise do DEHP.

O solo foi coletado no campo experimental da USP, seco ao ar e peneirado. Mediuse o teor de umidade e obteve-se um valor médio de 3,74%. Ele foi compactado no reator em 9 camadas de 10 cm, totalizando uma altura de 90 cm de solo. No fundo do reator, foi colocado um filtro, constituído de brita e areia fina.

Uma solução com uma concentração de DEHP de 0,4 mg/L foi introduzida na parte superior e após a infiltração, dez litros de água foram adicionados, semanalmente, durante cinco meses. A concentração do DEHP foi determinada através do método EPA 8061A (1996) [3].

2.2 - Ensaio em microcanal

Para se observar em uma geometria microscópica o escoamento na zona vadosa, foi construído um canal de dimensões representativas da realidade. A técnica utilizada está descrita detalhadamente em [4]. A projeção da tortuosidade dos grãos foi obtida a partir de lâminas de solo coletadas na USP.

O arranjo experimental utilizado consistiu em um microscópio com câmera acoplada, e um conjunto de bombas de seringa com volume de 1 mL. Primeiramente o microcanal foi saturado com DEHP, em temperatura ambiente. Em seguida, escoaram-se 0,62 mL de água (correspondente a 200 volumes de poro), com uma vazão de 32 $\mu\text{L/s}$. O ensaio foi registrado em vídeo, do qual foram extraídas as fotos apresentadas nesse artigo.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio do teste de infiltração, foi constatado que praticamente todo o DEHP introduzido ficou retido nos primeiros 2 cm do solo, obtendo-se concentrações menores do que 2,8 $\mu\text{g/L}$ nas amostras de água infiltrada. A Figura 1 mostra o resultado do ensaio em microcanal saturado com DEHP, antes e durante o fluxo de água.

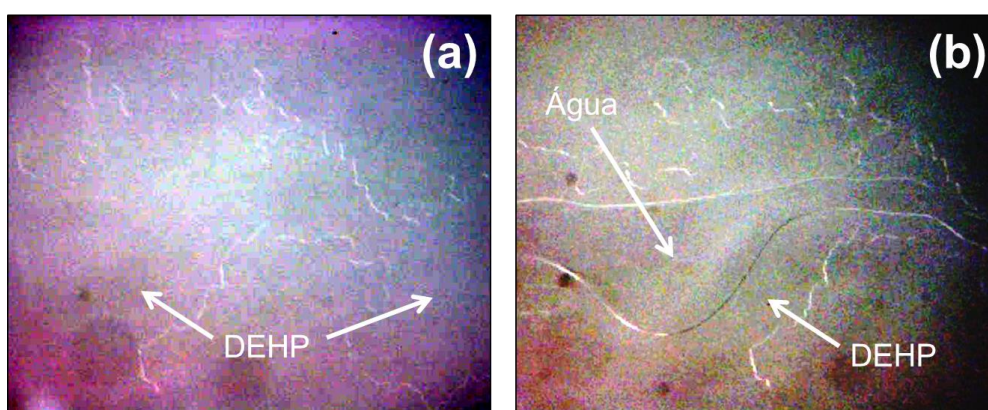


Figura 1. Microcanal saturado com DEHP, (a) antes e (b) durante o fluxo de água.

Na Figura 1(b) é possível perceber que a água estabelece um caminho preferencial de menor energia em meio ao DEHP, fazendo com que os menores espaços de poros não sejam atingidos por seu escoamento.

Os fenômenos observados no microcanal permitiram demonstrar que o aprisionamento do plastificante no solo se deve: a) à capilaridade, que acarreta em encarceramento físico do plastificante nos poros de menor dimensão; b) à pequena mobilidade, decorrente da baixa solubilidade em água e c) o efeito que sua molhabilidade exerce sobre a superfície dos grãos, formando uma película adsorvida. Por estas razões é que o DEHP não caminha profundamente no subsolo, como demonstrado pelo teste de infiltração.

4 - CONCLUSÕES

Os ensaios realizados com o microcanal permitiram fundamentar a discussão levantada pelo teste de infiltração, comprovando que o DEHP fica adsorvido e preso por capilaridade nos canais do solo, o que dificulta a biodegradação. Além disso, não é transportado pela água, o que explica porque ele se encontra na superfície do solo dezenas de anos após a contaminação [5].

5 - AGRADECIMENTOS

Ao PIBIC/CNPq, pela bolsa de iniciação científica concedida a Layla Lambiasi. À CAPES, pela bolsa de mestrado concedida a Fábio Lofrano.

6 - REFERÊNCIAS

- [1] DIGANGI, J. *et al.* **Aggregate Exposures to Phthalates in Humans**. Washington, DC: Health Care Without Harm, 2002. 49 p.
- [2] BOSCOV, M.E.G. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 248 p.
- [3] United States Environmental Protection Agency – USEPA (1996). Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods. SW-846 Manual. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/sw846.htm>>. Acesso em 02 jun. 2013.
- [4] TOLEDO, M.P. **Desenvolvimento de um dispositivo para avaliação do transporte de combustíveis no meio subterrâneo**. 2013. 119 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- [5] FERREIRA, I.D.; MORITA, D.M. Ex-situ bioremediation of Brazilian soil contaminated with plasticizers process wastes. **Braz. J. Chem. Eng.**, São Paulo, v. 29, n. 1, mar. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-66322012000100009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 02 jun. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-66322012000100009>.