

TRANSPORTE DE CONTAMINANTES ORGÂNICOS NA FRANJA CAPILAR: IMPLICAÇÕES PARA A INVESTIGAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

Juliana Gardenalli de Freitas¹; James F. Barker²

Resumo – O transporte de contaminantes orgânicos na franja capilar foi verificado em testes de laboratório e experimentos de campo. Em um experimento de campo, foi verificada a formação de plumas dissolvidas na franja capilar com pelo menos 6m de extensão após derramamentos de gasolina e etanol. Poços de monitoramento convencionais se mostraram inadequados para a caracterização dessas plumas, sendo incapazes de captar a água da franja capilar. Assim, considera-se fundamental que a franja capilar seja incluída nos modelos conceituais de contaminação por LNAPLs. Além disso, deve-se considerar o uso de outros métodos de amostragem, que permitam inferir a concentração na franja capilar.

Abstract – The transport of organic compounds in the capillary fringe was verified in laboratory and field tests. Following controlled releases of gasoline and ethanol, the formation of dissolved plumes at least 6m long were observed. Conventional monitoring wells were unable to draw water from the capillary fringe, and therefore were considered inadequate for characterizing the contaminants distribution. Suction lysimeters were demonstrated to be adequate. Conceptual models for sites impacted by LNAPLs must consider the possibility of transport in the capillary fringe and better monitoring techniques should also be considered.

Palavras-Chave – Franja capilar, transporte, amostragem.

¹ Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) – Campus Diadema, Depto de Ciências Biológicas. Rua Prof. Artur Riedel, 275, Jd. Eldorado, Diadema – SP, Cep 09972-270. fone: (5511) 3319-3300, fax: (5511) 4043-6428, e-mail: jgfreitas@unifesp.com.br

² University of Waterloo, Dept. of Earth and Environmental Sciences – 200 University Avenue West, Waterloo, ON, Canada, N2L 3G1. e-mail: jfbarker@uwaterloo.ca

INTRODUÇÃO

A franja capilar é a região virtualmente saturada localizada acima do nível d'água, e portanto com pressão efetiva menor que zero. A existência de fluxo horizontal de água subterrânea na franja capilar é conhecida há décadas. Em 1932 Wickoff et al. (1932) publicaram o resultado de um estudo de laboratório onde foi verificado que a franja capilar não era uma “zona morta”, mas contribuía significativamente para o fluxo. Em um estudo recente (Berg and Gillham, 2010), a velocidade do fluxo na franja capilar foi medida em campo e foi verificado que a velocidade na franja capilar é similar à velocidade abaixo do nível d'água. Da mesma forma, o transporte de solutos na franja capilar também já foi confirmado em uma série de estudos em laboratório (Silliman et al. 2002; Henry and Smith 2003; Berkowitz et al. 2004).

Apesar disso, nas investigações de áreas contaminadas por compostos orgânicos, em geral não se dá atenção ao transporte na franja capilar. No entanto, no caso de contaminações por compostos orgânicos, grande parte da massa pode ser transportada na franja capilar, principalmente nos casos de contaminação por compostos mais leves que a água (LNAPL), como gasolina e etanol. Nesses casos, o LNAPL se acumula na franja capilar, e uma pluma dissolvida pode se formar na franja capilar. No entanto, as técnicas de amostragem comumente utilizadas para a investigação de áreas contaminadas por LNAPLs não foram concebidas visando a amostragem de água da franja capilar.

Assim, há a necessidade de incluir nos modelos conceituais o transporte na franja capilar. Além disso, as técnicas de monitoramento utilizadas para amostragem precisam ser avaliadas em relação às suas capacidades para monitorar a franja e adaptadas se necessário.

EVIDÊNCIAS DA OCORRÊNCIA DE TRANSPORTE NA FRANJA CAPILAR

A ocorrência de transporte na franja capilar pode ser visualizado em experimentos de laboratório. Por exemplo, o transporte de etanol na franja foi demonstrado em uma caixa 2D preenchida com esferas de vidro, onde o etanol foi tingido com fluoresceína (Yu et al., 2009).

O transporte na franja capilar também foi avaliado em um experimento de campo em condições controladas. Dois derramamentos foram realizados na área experimental de Borden, no Canadá: o primeiro em 2008 de gasolina com 10% de etanol, e o segundo em

2009 de 95% etanol e 5% de hidrocarbonetos. Para realizar os derramamentos, foi escavada uma trincheira de 20 cm de profundidade, 150 cm de largura (direção transversal ao fluxo) e 80 cm de comprimento. As concentrações na água subterrânea foram monitoradas usando poços de monitoramento construídos com cápsulas porosas para permitir a coleta de amostras acima e abaixo do nível d'água (Freitas e Barker, 2008), e amostras de solo foram utilizadas para estimar concentrações na água na área da fonte.

Foi verificado um transporte significativo de compostos orgânicos acima do nível d'água, em distâncias de até 6m da área fonte (Figura 1). As plumas de alguns compostos, como o etanol, se localizavam exclusivamente acima do nível d'água.

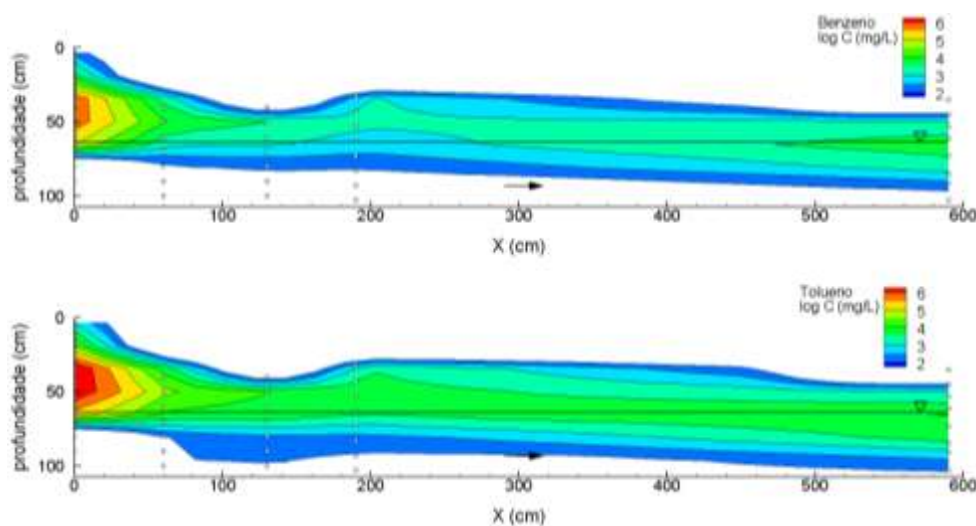


Figura 1: Concentração de etanol, benzeno e tolueno em seção transversal, na direção do fluxo. O nível d'água está indicado pela linha horizontal preta, e os quadrados em branco representam pontos de amostragem. A área onde foi feito o derramamento está na coordenada X=0. (Adaptado de Freitas e Barker, 2011).

IMPLICAÇÕES PARA A AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Para o monitoramento de áreas impactadas por gasolina e outros combustíveis líquidos, é comum o uso de poços de monitoramento convencional, com filtros de até 3m de comprimento, posicionados interceptando o nível d'água. Quando se obtém amostras de água de poços com essa configuração, a amostra vai ser uma média das concentrações presentes na zona saturada abaixo do nível d'água. Esse potencial de diluição das concentrações é uma das limitações dos poços de monitoramento convencionais, e é a motivação para que se recomende o uso de filtros curtos.

No entanto, além da diluição, esse tipo de poço de monitoramento não é capaz de captar a água presente na franja capilar. Resultados de amostras coletadas em poço de monitoramento convencional, com filtro de 1m de extensão, foram comparados com o resultados de amostras coletadas em poço multinível localizado a aproximadamente 20 cm. Foi verificado que quando a pluma está localizada na franja capilar, a amostra coletada no poço não indicava a presença de contaminação (Freitas e Barker, 2011).

Duas opções para a amostragem da água na franja capilar foram avaliadas: amostradores cerâmicos porosos e amostragem de solo. as duas técnicas apresentaram resultados semelhantes e foram consideradas adequadas.

CONCLUSÕES

Testes de laboratório e de campo comprovaram que o transporte de compostos orgânicos na franja capilar pode ser significativo. Após derramamento de gasolina e etanol, compostos dissolvidos foram encontrados na franja capilar a pelo menos 6m da área fonte. O monitoramento utilizando poços convencionais foi avaliado e considerado incapaz de avaliar a presença de contaminação na franja. Assim, sugere-se que outras técnicas de monitoramento sejam empregadas para avaliar a presença de contaminação e o transporte na franja capilar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERG, S.J., e Gillham, R.W., 2010. Studies of water velocity in the capillary fringe: The point velocity probe. *Ground Water* 48, no. 1: 59–67.

FREITAS, J.G., e Barker, J.F., 2008. Sampling VOCs with porous suction samplers in the presence of ethanol: how much are we losing? *Ground Water Monitoring & Remediation* 28, no. 3: 83–92.

FREITAS, J.G. e Barker, J.F., 2011. Monitoring Lateral Transport of Ethanol and Dissolved Gasoline Compounds in the Capillary Fringe, *Ground Water Monitoring and Remediation*, doi 10.1111/j1745–6592.2011.01338.x.

WICKOFF, R.D., Botset, H.G. e Muskat, M., 1932. Flow of liquids through porous media under the action of gravity. *Physics* 3, no. 2: 90–113.

YU, S., Freitas, J.G., Unger, A.J.A., Barker, J.F., and Chatzis, J., 2009. Simulating the evolution of an ethanol and gasoline source zone within the capillary fringe. *Journal of Contaminant Hydrology* 105, no. 1–2: 1–17.