

# APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE ALTA RESOLUÇÃO NO ESTUDO DO EFEITO DE *BACK-DIFFUSION*

Victor Vanin Sewaybricker<sup>1</sup>; Henrieth Viviane Borgo de Oliveira<sup>2</sup>;  
Mychelle Nunes de Paula<sup>3</sup>; Marcel Muller<sup>4</sup>; Thiago Araujo<sup>5</sup>

## Resumo

O trabalho aborda uma área contaminada por Tetracloroetileno (PCE), alvo de diferentes técnicas de remediação, com remoção de 5,5t de PCE e seus subprodutos. Devido à presença de teores residuais, optou-se pelo uso combinado de uma ferramenta de alta resolução (MIP/HPT) e sondagens *Direct Push*, para detalhar a distribuição de permeabilidades e da massa de contaminantes. Os resultados apontaram as maiores concentrações, retidas em porções de baixa permeabilidade, com cenário provável de armazenamento de 20 kg e potencial fluxo mássico de 1g/dia, em direção às porções mais permeáveis. Por conta de uma anomalia com significativos teores, na camada mais permeável, recomenda-se ataque pontual seguido de monitoramento, a fim de aferir a intensidade do fenômeno de *back-diffusion*.

Palavras-chave: contaminação, águas subterrâneas, *back-diffusion*

## Abstract

The work regards an area contaminated by Tetrachloroethylene (PCE), target of various remediation techniques, which enabled the removal of 5,5t of PCE and its by-products. Due to the presence of residual levels, the combination of a high-resolution tool (MIP/HPT) and Direct Push drillings was chosen, aiming to detail the distribution of permeabilities and mass contaminants. The results showed higher concentrations, trapped in low permeability portions, with a likely storage scenario of 20 kg and potential mass flux of 1 g/day, toward the permeable layer. Due to an anomaly with a significant concentration in the more permeable layer, it is recommended to carry out a punctual attack followed by monitoring, in order to measure the intensity of the back-diffusion phenomenon.

Keywords: contamination, groundwater, back-diffusion

## 1 - INTRODUÇÃO

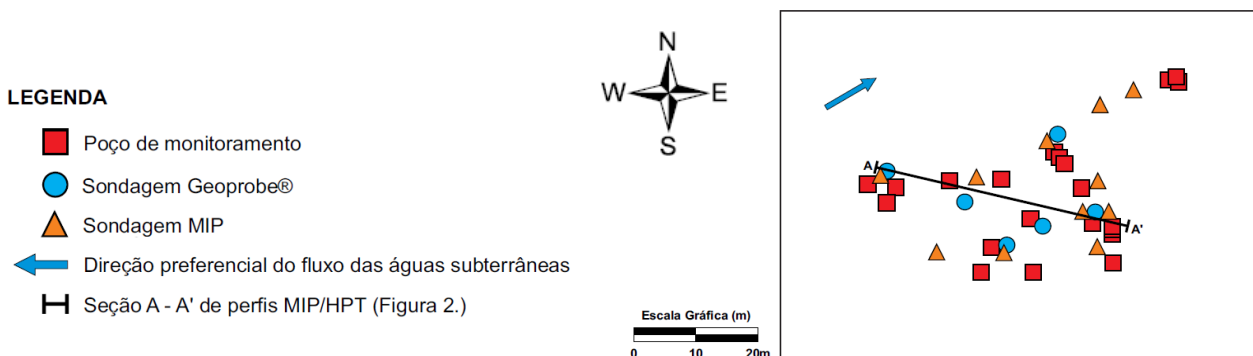
A área de estudos tem aproximadamente 40.000 m<sup>2</sup> e devido ao manuseio de PCE, entre 1960 e 1990, houve contaminação do aquífero freático, caracterizado por intercalações areno/argilosas.

Desde 2007, a combinação de diferentes técnicas de remediação removeu mais de 5,5 t de PCE e seus subprodutos (Compostos Orgânicos Voláteis - VOCs). Nos últimos dois anos, as taxas de extração foram substancialmente reduzidas, embora persistam teores residuais em uma área de 4.400 m<sup>2</sup> em horizontes de maior transmissividade, focos de monitoramento e alvo da atual investigação.

Pesquisas recentes (Hadley, P.W, Newell, C., 2014) reforçam que camadas de baixa permeabilidade podem alimentar o efeito rebote, via difusão. Para avaliar a aplicabilidade desta hipótese, utilizou-se abordagem de alta resolução a fim de detalhar a distribuição de permeabilidades e massa de contaminantes (W. McCall, *et al.*, 2014). Os resultados obtidos permitiram a modelagem do efeito de *back-diffusion* e sua influência.

## 2 - MÉTODOS

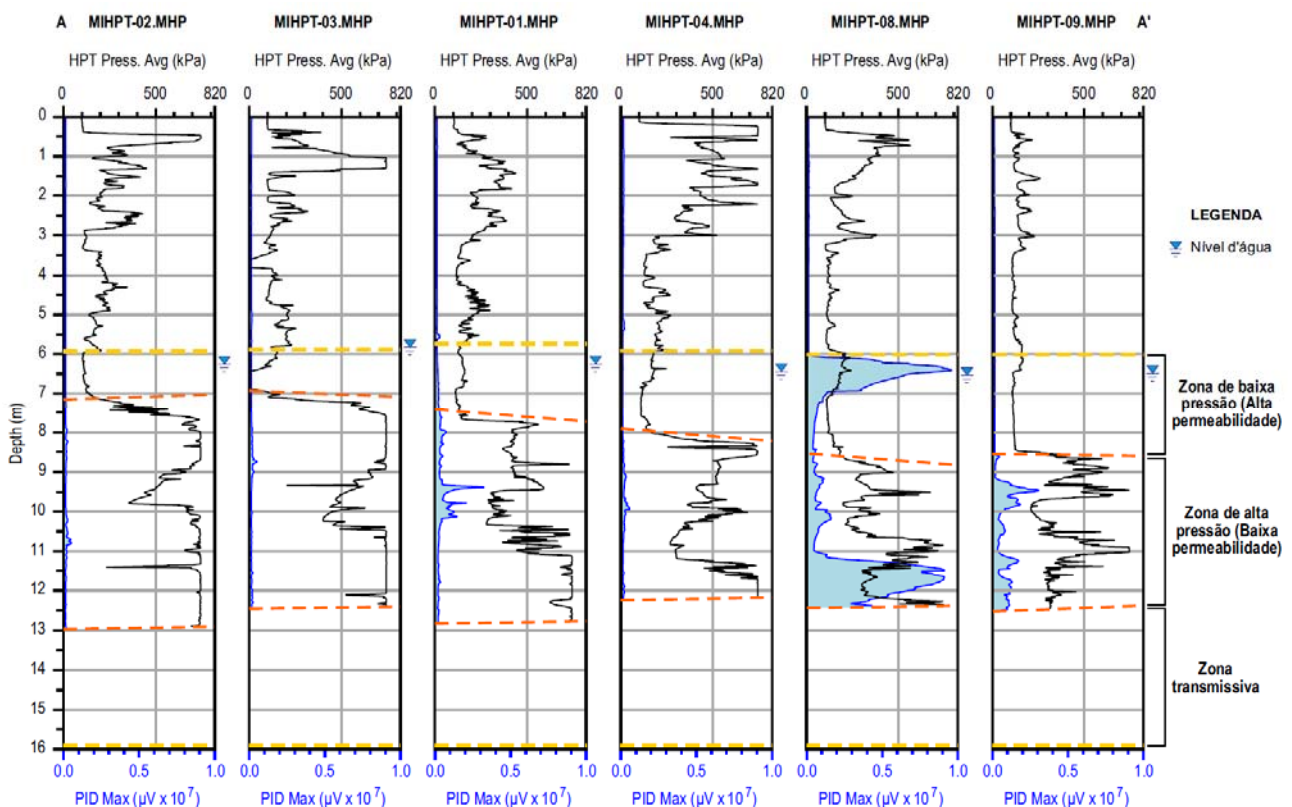
Os sistemas de mapeamento em alta resolução: *Membrane Interface Probe* (MIP), *Hydraulic Profiling Tool* (HPT) e *Electrical Conductivity* (EC) foram fornecidos e operados pela empresa ARAGON/COLUMBIA e empregados via 11 sondagens *Direct Push* (DP). Posteriormente, a GEOKLOCK realizou 06 perfurações DP para testemunhagem do solo. Poços de monitoramento pré-existent (21) foram aproveitados para interpretação das informações (ver **Figura 1**). Os dados foram interpolados tridimensionalmente no programa SGeMS (Remy, N., *et al.*, 2009) e incorporados à planilha *Matrix Diffusion Toolkit* (Farhat, S. K., *et al.*, 2012) para modelagem do efeito de *back-diffusion*.



**Figura 1:** Pontos de investigação.

### 3 – RESULTADOS

Como previsto no modelo conceitual pré-existente, as sondagens HPT indicaram a ocorrência de zona de alto fluxo de águas subterrâneas (baixa pressão), entre 6,0 e 8,0 m de profundidade, constituída principalmente por areias e cascalhos (condutividades hidráulicas da ordem de  $10^{-3}$  a  $10^{-2}$  cm/s). Pressões mais elevadas foram percebidas, entre 8,0 e 12,0 m (ver **Figura 2**), onde passam a predominar argilas, como confirmado pelas perfurações DP (condutividades hidráulicas da ordem de  $10^{-6}$  a  $10^{-5}$  cm/s).



**Figura 2:** Perfis de PID e Pressão, provenientes da ferramenta MIP/HPT.

Os resultados dos sensores *Halogen Specific Detector* (XSD) e *Photo Ionization Detector* (PID) foram, com clara predominância, mais elevados nas zonas de baixo fluxo das águas subterrâneas, indicando a retenção de massa de contaminantes em porções de baixa permeabilidade (concentração média para soma de VOCs de 24 ppm). Uma anomalia foi percebida no furo MIP/HPT-08 (ver **Figura 2**), onde sinais significativos também foram verificados em zona transmissiva mais rasa (entre 6,0 e 7,0m de profundidade, com concentração média para soma de VOCs de 1,5 ppm) corroborando dados de poço de monitoramento próximo (concentração da soma de VOCs de 190 ppm).

Os resultados alimentaram a planilha *Matrix Diffusion Toolkit*, cujo cenário mais provável indicou um armazenamento de cerca de 20 kg de contaminantes nas argilas, com potencial fluxo mássico de 1g/dia, em direção aos estratos permeáveis. Segundo o modelo, este aporte seria capaz de gerar concentrações pontuais de aproximadamente 5 mg/L em fase dissolvida, valor coerente com algumas das análises feitas no local.

#### **4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O mapeamento de alta resolução foi coerente com o modelo conceitual pré-existente e confirmou a estocagem de massa de contaminantes em camadas de baixa permeabilidade. Este fato evidencia que a remediação conduzida foi efetiva nas porções mais transmissivas do aquífero freático, mas que o efeito de *back-diffusion* pode lentamente contribuir para o rebote de concentrações, como sugerido pela modelagem conduzida.

Como próximo passo, sugere-se atacar a massa de contaminação contida em porção rasa na região do furo MIP/HPT-08. Desta forma, ainda que pontualmente, acredita-se que possa ser criado um gradiente de teores que permitirá, por meio de monitoramentos, aferir a intensidade do fenômeno de *back-diffusion* no local.

#### **5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Farhat, S. K., Newell, C.J., Seyedabbasi, M. A., McDade, J.M., Mahler, N.T. Sale, T.C., Dandy, D.S., Wahlberg, J.J. *Matrix Diffusion Toolkit - Version 1.0, ESTCP. 2012*

Hadley, P.W, Newell, C.J., 2014. The New Potential for Understanding. Groundwater Contaminant Transport. *GROUND WATER*, 52 n°2, 2014, p. 174-186

McCall, W.; Christy, T.M.; Pipp, D.; Terkelsen, M.; Christensen, A. Weber, K.; Engelsen P. Field Application of the Combined Membrane-Interface Probe and Hydraulic Profiling Tool (MiHpt). *GROUNDWATER MONITORING & REMEDIATION*, 34, n° 2, 2014. p. 85-95.

Remy, N., Boucher, A., Wu, J., *Applied Geostatistics with SGeMS: A User's Guide*, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2009.