



USO DA TECNOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS EM ALTA RESOLUÇÃO PARA IDENTIFICAÇÃO DE ZONAS DE ARMAZENAMENTO DE CONTAMINANTES EM SUBSUPERFÍCIE

MATEUS KNABACH EVALD^{1 2}; CESAR MALTA², SANDRO SOUTO², OMAR SOUTO²; RICARDO GIUMELLI MARQUEZAN³

¹Universidade Federal de Pelotas – mateusknabach@gmail.com

²Finkler Ambiental – cesar@finkler.eng.br, sandro@finkler.eng.br, omar@finkler.eng.br

³Universidade Federal de Pelotas – rgmarquezan@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

Tradicionalmente as investigações de áreas contaminadas têm como base o uso de poços de monitoramentos e sondagens para amostragem de solo como principal fonte de informações primárias sobre a mesma, no entanto essa abordagem vem sofrendo alterações. Devido à alta complexidade das características geológicas o uso de novas metodologias para coleta de dados representativos se faz necessário.

Como apontado por RYIS et al. (2013), a grande parte dos erros nos projetos de remediação ocorre por causa da falta de dados representativos sobre as características da área. SUTHERSAN et al. (2015), por outro lado, destaca a 'precisão cirúrgica' que a implementação das tecnologias de alta resolução permite na coleta de dados. Dentro da gama das tecnologias de alta resolução, a tecnologia denominada *Membrane Interface – Hydraulic Profiling Tool* (MiHPT) tem destaque para determinação de compostos voláteis em subsuperfície. Esta foi a ferramenta utilizada neste estudo na área de uma antiga base de distribuição de combustíveis derivados de petróleo sob investigação e remediação por mais de uma década.

2. METODOLOGIA

A área de estudo possui uma quantidade representativa de dados pois vem sendo remediada a mais de 10 anos durante várias campanhas de caracterização e esforços de remediação pela técnica de extração multifásica. Apesar do grande número de dados, os sistemas de remediação foram ineficientes, causando um atraso considerável para a finalização dos processos de remediação.

Para este trabalho foram realizadas 36 sondagens de alta resolução com o uso de uma sonda MiHPT e uma unidade de cravação *Direct Push*, que visaram caracterizar três áreas locais passíveis a contaminação. Uma destas localizada próxima aos de tanques de armazenamento de combustíveis (III), outra na extensão do duto subterrâneo de transporte (II), e a última na região de entrada e descarga de produtos com a passagem do mesmo duto (I), ilustradas pela Figura 1.

A sonda MiHPT é caracterizada pela presença combinada das tecnologias *Membrane Interface Probe* (MIP) e *Hydraulic Profiling Tool* (HPT). O MIP consiste em uma membrana semipermeável no corpo da sonda e uma linha de gás que carrega qualquer composto volátil que entrar pela membrana à um cromatógrafo gasoso que é localizado na superfície que através de seus sensores mede a presença de compostos orgânicos. Foram utilizados neste trabalho os sensores

Photoionization Detector (PID) e *Flame Ionization Detector (FID)*. O sensor PID detecta compostos aromáticos (BTEX) e complexos clorados de eteno. O sensor *Flame Ionization Detector (FID)* detecta hidrocarbonetos e serve também para confirmar altas concentrações de compostos detectados pelo PID. O HPT consiste em uma porta de injeção de um volume constante de água durante a cravação e a pressão necessária para essa injeção é monitorada através de um transdutor de pressão permitindo a caracterização hidroestratigráfica da formação. Além disso, um dipolo para medição da condutividade elétrica (EC) da formação é acoplado para correlacionar com os dados do HPT permitindo uma melhor caracterização da litologia.

Após as sondagens *direct push* foram coletadas amostras de água subterrânea e solo para análises e atualização dos parâmetros hidroquímicos para o local. Os pontos de coleta dessas amostras foram definidos de acordo com as sondagens de alta resolução (MiHPT) visando otimizar os dados coletados.

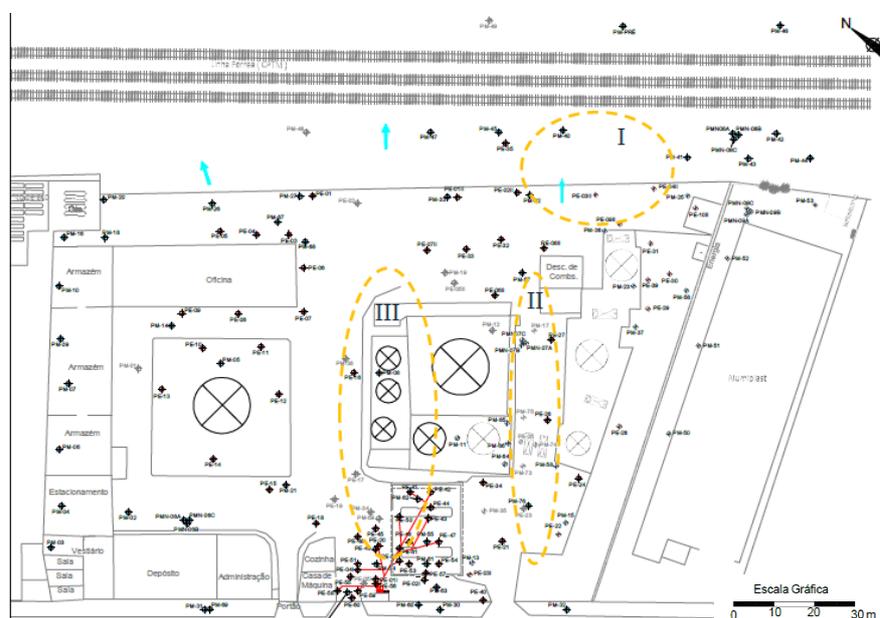


Figura 1: Identificação das Zonas Prováveis de Contaminação

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização das sondagens *Direct push* e amostragem de solo e água subterrânea, os dados foram organizados e avaliados. Foram coletados dados de condutividade elétrica da formação (EC), pressão do HPT, leitura de compostos através dos sensores PID, FID, e análises químicas das amostras de solo e água subterrânea para hidrocarbonetos de benzeno, tolueno, eteno e xilenos (BTEX), hidrocarbonetos poli aromáticos (PAH) e hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH *fingerprint*).

As sondagens MiHPT permitiram a caracterização da litologia através da correlação entre pressão HPT e leituras do EC. Litologicamente a região é caracterizada por uma camada de sedimentos arenosos finos até aproximadamente 1 metro de profundidade sobrepostos a uma camada de sedimentos arenosos médios a grosseiros até profundidades médias de 5 metros onde encontrou-se uma camada de sedimento compactado que marcou o final das sondagens de alta resolução como ilustrado pela Figura 2.

As medições dos compostos medidas a partir dos sensores PID e FID podem ser separados em intervalos de leitura, que se refere ao sinal elétrico máximo apontado pelo cromatógrafo de gás estando relacionado com a sensibilidade do mesmo. A sensibilidade de detecção pode ser ajustada aplicando-se uma atenuação no cromatógrafo ampliando o valor máximo de leitura do mesmo, quanto menor a atenuação do sensor maior a sensibilidade de detecção pois o intervalo de leitura é menor. As duas primeiras atenuações representam contaminações menores, e acima da terceira atenuação indica uma zona de concentração maior de contaminantes, também chamada de zona fonte, ou zona de armazenamento.

As sondagens na área apontaram leituras até a terceira atenuação do cromatógrafo gasoso (leitura de sinal máxima de 50 volts) tornando possível a identificação de zonas armazenadoras de contaminação. A Figura 2 mostra claramente que a zona com maior detecção de contaminantes ocorreu no intervalo entre 1 e 2 metros de profundidade possuindo maior leitura em zonas mais superficiais.

Através dessas detecções confirmou-se a presença de contaminação nas áreas 1 e 2 como esperado e inexistência de contaminação na área 3 que era o local de estocagem de combustíveis.

Seção transversal A-A'

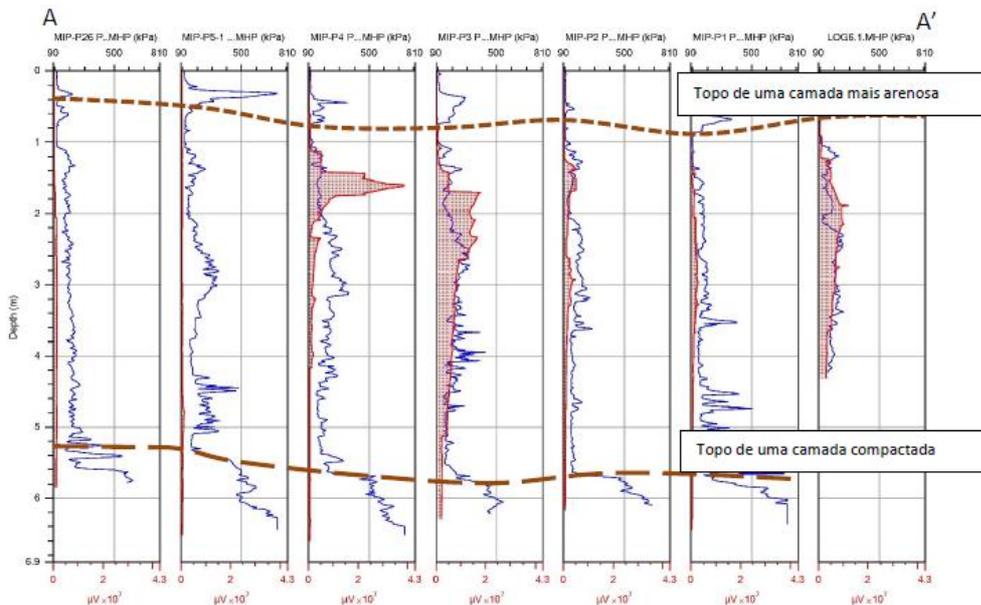


Figura 2: Seção Transversal das Sondagens MiHPT, em azul é representada a resposta do sensor HPT e preenchido em vermelho a detecção do sensor PID

Após a análise dos dados de alta resolução foram realizadas amostragens de solo e água subterrânea nas zonas indicadas pelas sondagens MiHPT. Foram coletadas 88 amostras de água subterrânea nos poços de monitoramento existentes e coletadas 7 amostras de solo para análise de BTEX, PAH e TPH *fingerprint* para solo e BTEX e PAH para água subterrânea. Tendo como base Valores de Intervenção estabelecidas pela CETESB em suas Decisões de Diretoria 256/16 e 10/06, foram detectados os seguintes compostos acima dos valores para água subterrânea: Benzeno, Etilbenzeno, Tolueno, Xilenos e Naftaleno; e os seguintes compostos para solo: Benzeno, Etilbenzeno, Xilenos, Naftaleno e TPH Total.



A detecção desses compostos acima dos Valores de Intervenção adotados deu-se primariamente em extensões das áreas 1 e 2, não havendo detecções em nenhuma outra área do empreendimento.

4. CONCLUSÕES

O uso da caracterização ambiental em alta resolução como fonte primária para a obtenção de informações em uma área com ou sem conhecimento prévio provou ter ótima eficiência e custo benefício. Uma área antes não identificada como possuidora de contaminação foi encontrada e caracterizada detalhadamente.

A habilidade para identificar zonas específicas para coletas de amostras de solo e água subterrânea proporcionadas pelo emprego destas ferramentas de investigação (MiHPT) do subsolo são de grande utilidade uma vez que promovem a otimização de recursos financeiros, pessoais e de cronograma.

O detalhamento necessário que um modelo conceitual da área exige pode ser atingido quando a metodologia tradicional com uso de poços de monitoramento e sondagens tradicionais é utilizada em conjunto às tecnologias de alta resolução. Estas fornecem informações necessárias para uma alocação ótima dos poços e sondagens. Detalhes antes não tangíveis, como por exemplo a identificação da presença de contaminantes em solo em zonas não extensas e, eventualmente zonas de contaminação não detectadas quando situadas em intervalos de amostragem dos poços de monitoramento. Com o uso da abordagem conjunta as amostras podem ser adquiridas e analisadas de maneira inteligente e eficiente.

A principal contribuição da abordagem de alta resolução é a distribuição eficiente de recursos pessoais, de equipamentos e financeiros. Desta forma, o período de execução do projeto, desde a investigação preliminar até a fase de remediação e monitoramento pode ser feito no menor tempo possível com menor custo global do projeto diminuindo as incertezas na caracterização das litologias e características hidrogeológicas da área sob investigação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RYIS, M. T. et al. Investigação de alta resolução para remediação de áreas contaminadas utilizando o piezocone de resistividade (RCPTu). In: **CONGRESSO INTERNACIONAL DO MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO**, 3., 2013, São Paulo. **Anais...**. São Paulo: Abas, 2013. v. 1, p. 1 - 4. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/issue/view/1298>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

SUTHERSAN, S.; QUINNAN, J.; WELTY, N. The New ROI: Return on Investigations by Utilizing Smart Characterization Methods. **Groundwater Monitoring and Remediation**, United States, v.53, n.3. p.25-33, 2015