

# CONSTRUÇÃO DO MODELO CONCEITUAL DO SITE COM TOMADA DE DECISÃO EM CAMPO UTILIZANDO FERRAMENTAS DE INVESTIGAÇÃO GEOAMBIENTAL DE ALTA RESOLUÇÃO (HRSC)

Marcos Tanaka Riyis<sup>1</sup>; Heraldo Luiz Giacheti<sup>2</sup>; Rafael Muraro Derrite<sup>3</sup>; Mauro Tanaka Riyis<sup>4</sup>

## RESUMO

Em geral, os estudos geoambientais no Brasil não estabelecem um Modelo Conceitual do Site (MCS) adequado. As investigações são, em sua maioria, inadequadas e há um desconhecimento muito grande sobre o meio físico, gerando dados inconsistentes que vão nortear avaliações de risco e projetos de remediação com muitas incertezas, causando demora no encerramento dos casos, remediações ineficientes e custos globais mais altos. Para se elaborar um adequado MCS, é preciso que seja dada prioridade à etapa de coleta de dados, e isso requer o uso de ferramentas mais eficazes que as tradicionais e que, preferencialmente, as decisões sejam tomadas em campo. O presente estudo relata duas investigações geoambientais com tomada de decisão em campo e com uso de ferramentas de alta definição e de ferramentas tradicionais com recursos adicionais, que proporcionaram uma economia significativa de tempo, permitiram a detecção das heterogeneidades e um entendimento adequado do meio físico, e geraram a elaboração de um MCS sólido e em tempo real. Esse MCS vai subsidiar projetos de remediação baseados em dados mais confiáveis que os que seriam obtidos em investigações tradicionais, preocupadas somente em seguir as regras.

## ABSTRACT

The Brazilian geo-environmental studies usually do not provide a suitable Conceptual Site Model (CSM). Site assessments are inappropriate and there is a lack of knowledge about subsurface environment, generated inconsistent data that will guide risk analyses and remediation projects full of uncertainties, causing delay on closing cases, inefficient remediation and high global projects costs. To develop a suitable CSM, the step of data collection must have high priority, and this demand tools more effective than the traditional and, preferably, decisions-making have to be in the field. The present study shows two geo-environmental site characterization, with decision-making was in the field. The geo-environmental investigations were performed with high resolution site characterization (HRSC) and traditional tools with additional resources. These tools provided a significant savings of time, allowed the detection of heterogeneities, a proper understanding of the subsurface environmental, and have generated the development of a solid CSM at real time. This CSM will subsidize remediation projects based on more reliable data than those that would be obtained in traditional site assessments, concerned only in follow the rules.

**Palavras-chave:** Investigação geoambiental, modelo conceitual, TRIAD Approach, investigação de alta resolução, tomada de decisão

---

<sup>1</sup> ECD Sondagens Ambientais Ltda – (15) 3222-0522 – marcos@ecdambiental.com.br

<sup>2</sup> Faculdade de Engenharia de Bauru (FEB)/UNESP – (14) 3103-6000 – giacheti@feb.unesp.br

<sup>3</sup> ECD Sondagens Ambientais Ltda / UNESP-Sorocaba – (15) 3222-0522 – rafael@ecdambiental.com.br

<sup>4</sup> ECD Sondagens Ambientais Ltda – (15) 3222-0522 – mauro@ecdambiental.com.br

## 1. Introdução

Como regra geral, os estudos geoambientais, no Brasil, não estabelecem um Modelo Conceitual do *Site* (MCS) adequado, com as incertezas gerenciáveis. Os estudos não possuem a qualidade necessária, pois consideram um MCS único para todas as áreas, as plumas não são corretamente mapeadas (muitas sequer são delimitadas) e as fontes e o centro de massa das plumas não são identificados [1]. As investigações, portanto, são inadequadas e há um desconhecimento muito grande sobre o meio físico, gerando dados ruins e inconsistentes que vão nortear avaliações de risco e projetos de remediação baseados nesses dados, causando demora no encerramento dos casos, remediações ineficientes e custos globais mais altos. Estimou-se, através de entrevistas informais, que menos de 1% dos poços de monitoramento são instalados após a elaboração de um modelo conceitual hidrogeológico (com sondagens, ensaios *in situ* ou piezômetros), o que desrespeita a NBR 15.495-1. Ao contrário do que rege a norma, a sondagem para a instalação do poço de monitoramento é, atualmente, a única forma de se obter dados para construir o MCS.

Para que os estudos brasileiros tenham melhor qualidade, é preciso que seja dada prioridade para uma investigação que permita a elaboração de um MCS sólido e com incertezas gerenciáveis. Essa mudança de enfoque tende a diminuir os custos do projeto global, embora aumente o custo da investigação [2]. Dentro dessa prioridade para a investigação, é fundamental que a coleta de dados seja privilegiada dentro do projeto, com o melhor profissional participando dessa etapa, tomando as decisões em campo, refinando o MCS durante os trabalhos e desenvolvendo um entendimento adequado do meio físico. Para que esse novo paradigma tenha sucesso, é fundamental que não se utilize somente as ferramentas consagradas e obrigatórias, mas também as ferramentas para investigação de alta resolução. Somente com essas ferramentas será possível identificar as heterogeneidades presentes em escala adequada e estabelecer as zonas preferenciais de fluxo e armazenamento que são a essência de um MCS sólido.

O presente trabalho mostra dois estudos de caso, um em Bauru-SP, outro em Sorocaba-SP onde a tomada de decisão ocorreu em campo e o MCS foi sendo elaborado em tempo real com o uso de ferramentas de alta resolução, em uma abordagem que se aproxima da “Tríade”, ou *Triad Approach* [3]

## 2. Resultados e Discussão

No município de Bauru-SP, o estudo foi realizado em uma área (que já havia sido alvo de estudos geotécnicos prévios) com o objetivo de se estabelecer um MCS adequado, simulando uma área contaminada. Foram utilizadas ferramentas tradicionais, como amostragem de solo *Direct Push* (DP) e instalação de poços de monitoramento, e ferramentas de alta resolução, como o RCPTu. Inicialmente realizou-se as amostragens DP para se estabelecer um modelo preliminar. Com esses resultados, foram efetuados os ensaios RCPTu, que identificaram, em escala de centímetros, as heterogeneidades hidrogeológicas e permitiram a elaboração dos perfis e seção hidroestratigráfica. Para confirmar essas informações e refinar o MCS, instalou-se dois pares de poços multiníveis e três poços no aquífero livre, todos com a seção filtrante na posição exata determinada pelos ensaios RCPTu de modo a obter os dados hidrogeológicos (carga hidráulica, condutividade hidráulica, entre outros) da camada de interesse, não uma média de muitas camadas diferentes. A seção transversal obtida pode ser vista na Figura 1. Só foi possível elaborar o MCS adequado, com grau reduzido de incertezas pelo uso de ferramentas adequadas e pela abordagem utilizada, que priorizou a tomada de decisão em campo.

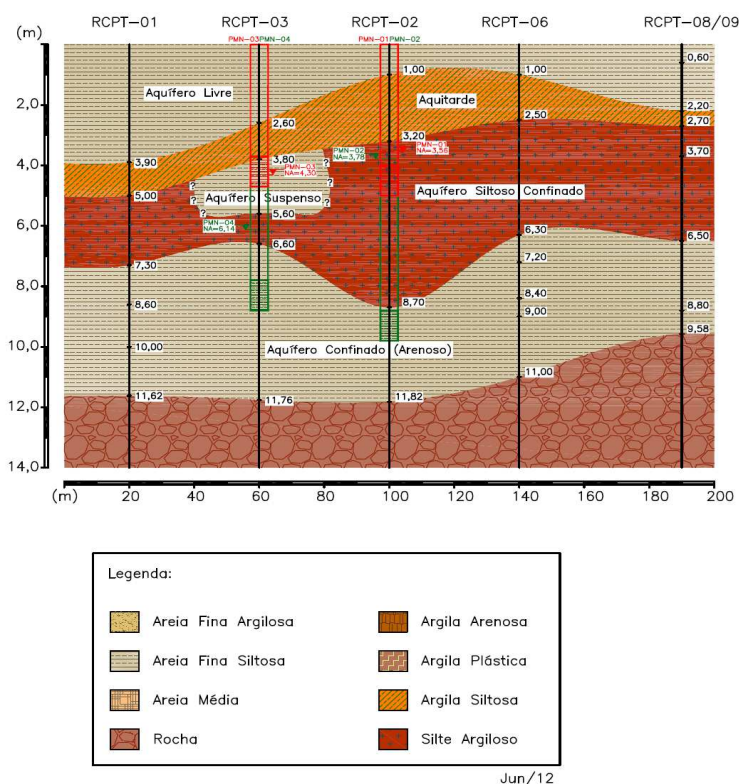


Figura 1 – Seção Hidrogeológica Transversal

No município de Sorocaba-SP, a investigação foi realizada em um *site* contaminado por benzeno em fase dissolvida. A abordagem foi semelhante à Tríade e utilizou ferramentas de alta definição (RCPTu, dissipação de poro pressão) e tradicionais inovadoras (amostragem de solo DP, mas nas modalidades *Dual Tube* e *Piston Sampler*, e *Slug Test* pontual via DP). Partiu-se de um relatório de investigação detalhada tradicional, seguindo os procedimentos da CETESB, mas que não estabelecia claramente o MCS hidrogeológico e deixava muitas incertezas para se efetuar o projeto de remediação. Foram realizadas amostragens de solo em 10 pontos pelo método *Piston Sampler*, 10 ensaios RCPTu, 35 ensaios de dissipação de poro pressão e 5 *slug tests* pontuais em 5 dias de trabalho, que possibilitaram a elaboração de um sólido Modelo Conceitual Hidrogeológico, com as heterogeneidades do meio físico devidamente mapeadas e o mapa de condutividades hidráulicas construído com poucas incertezas, maximizando a eficiência do futuro projeto de remediação.

Em ambos os trabalhos, a investigação geoambiental com tomada de decisão em campo, especialmente com o uso de ferramentas de alta definição e/ou inovadoras, detectou as heterogeneidades e, com isso, possibilitou um entendimento adequado do meio físico, que é a base para a elaboração de um MCS sólido. Essa abordagem permite uma economia significativa de recursos, pois economiza tempo, refina a investigação durante os trabalhos evitando remobilizações, diminui os custos totais do projeto, possibilita a instalação de poços de monitoramento adequadamente posicionados e permite a elaboração de um projeto de remediação mais adequado às condições do site.

### 3. Referências

- [1] AQUINO NETO, Vicente. **Roteiro para Execução de Investigação Detalhada e Plano de Intervenção em Postos e Sistemas Retalhistas de Combustíveis**. Apresentação no Curso de Capacitação para Técnicos das Agências Ambientais do Programa PIA promovido pela Câmara Ambiental do Comércio de Derivados de Petróleo. São Paulo-SP. Nov/2009.
- [2] SINGER, Miguel; FIACCO, Joe. **Abordagen Tríade: Você Consegue Viver sem Ela?** In: VII Seminário Internacional Sobre Revitalização de Áreas Contaminadas. Instituto Ekos. São Paulo. Out/2010.
- [3] CRUMBLING, Deana M. **Summary of Triad Approach**. U.S. Environmental Protection Agency Office of Superfund Remediation and Technology Innovation: Superfund Triad Support Team. 2004. Disponível em <http://www.triadcentral.org/ref/doc/triadsummary.pdf>