

# TÉCNICAS DE IMAGEAMENTO ELÉTRICO 2D E 3D NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREA CONTAMINADA POR HIDROCARBONETO

Andresa Oliva<sup>1</sup>; Chang Hung Kiang<sup>2</sup>; Marcus Paulus Martins Baessa<sup>3</sup>

## RESUMO

As contaminações por hidrocarboneto em solo e água subterrânea têm sido alvo de inúmeras pesquisas, principalmente devido à complexidade dos fenômenos químicos e bioquímicos que ocorrem a partir do momento que o contaminante é absorvido pelo solo. Técnicas diretas tradicionais como sondagens mecânicas e coleta de amostras para análise são comumente utilizadas no mapeamento de plumas de contaminação, mas limitadas devido a seu custo e morosidade. Buscando diagnósticos de menor custo e maior agilidade, utilizou-se a técnica de imageamento elétrico 2D e 3D na identificação de possíveis plumas de contaminação, em área onde ocorreram vazamentos de hidrocarbonetos.

## ABSTRACT

Contamination by hydrocarbon in soil and underground water has been the target of a great number of researches, mainly because of the complexity chemical and biochemical phenomena that occurs the moment the contaminant is absorbed by soil. Traditional direct techniques on how usually mechanical sounding and sample collection for analyses have been used, but these techniques are limited because of the high cost and demands a lot of time. Looking for low cost and fastest diagnostic, it was used for this research electrical imaging 2D and 3D to identify the possible contaminated plumes in areas that occurred hydrocarbon spills.

**PALAVRAS CHAVE:** Imageamento Elétrico 2D, Imageamento Elétrico 3D, Hidrocarboneto, Contaminação.

---

<sup>1</sup> Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP, Av. 24 A n.1515 – Bela Vista, CEP:13506-990, Rio Claro – SP, tel. (19) 3532-5119, email: [aoliva@rc.unesp.br](mailto:aoliva@rc.unesp.br)

<sup>2</sup> Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP, Av. 24 A n.1515 Bairro Bela Vista, CEP:13506-990, Rio Claro – SP, tel. (19) 3532-5119, email: [chang@rc.unesp.br](mailto:chang@rc.unesp.br)

<sup>3</sup> Petrobras/Cenpes, Av. Horácio Macedo, n. 950 – Cidade Universitária – Ilha do Fundão, CEP: 21941-915, Rio de Janeiro – RJ, tel. (21) 3865-6973, email: [marcus.baessa@petrobras.br](mailto:marcus.baessa@petrobras.br)

## 1 - INTRODUÇÃO

Um dos problemas de difícil solução na investigação ambiental é a detecção de áreas contaminadas por hidrocarbonetos derivados de petróleo. Isto se deve à composição complexa dos contaminantes, ao processo de biodegradação, que altera as condições físicas e químicas do meio, bem como a outros fatores como sua interação com o fluxo d'água subterrâneo, com materiais argilosos e com matéria orgânica.

Organismos capazes de degradar hidrocarbonetos estão presentes em grande número em solos e rochas. Ridgeway *et al.* [1] identificou mais de 300 tipos de bactérias que degradam hidrocarbonetos em camadas de sedimentos contaminados. Microorganismos em ambiente aeróbico tendem a reagir mais rapidamente com os hidrocarbonetos do que em anaeróbico, onde utilizam elétrons acessíveis, principalmente nitrato, ferro e sulfato para poderem reagir. Essas reações liberam CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, calor e ácidos orgânicos (Borden, [2]); estes últimos são de grande importância em estudos geofísicos, uma vez que conferem alta condutividade a solos/sedimentos contaminados, após determinado período de ocorrência do vazamento.

Deste modo, os métodos geofísicos podem auxiliar consideravelmente na detecção de contaminação. Esses métodos vêm sendo utilizados com êxito nestes casos, graças ao baixo custo e à maior agilidade quando comparados aos métodos diretos de investigação.

Para a avaliação de contaminação por hidrocarbonetos, dois métodos têm sido empregados com maior frequência: o georadar e o de eletrorresistividade. Em virtude de ruídos indesejáveis que prejudicam os ensaios de radar, quando as antenas de aquisição não são blindadas, os métodos de eletrorresistividade têm sido privilegiados nestes estudos.

Dessa forma, utilizou-se aqui o método da eletrorresistividade, por meio das técnicas de imageamento elétrico 2D e 3D, para o mapeamento de pluma de contaminação localizada no município de Cubatão (SP).

## 2 - OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi identificar as possíveis mudanças causadas nas respostas da resistividade, em solo/sedimento contaminados por hidrocarboneto, utilizando técnicas de imageamento elétrico 2D e 3D.

### 3 - AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

As técnicas de imageamento elétrico 2D e 3D foram realizadas em área localizada no município de Cubatão, com a utilização do equipamento **Super Sting R8/IP+28** (Figura 1). Este equipamento possui sistema multieletrodo (56 eletrodos) conectado diretamente ao equipamento ou a uma unidade eletrônica conhecida como *switch box*. Normalmente, o espaço entre os eletrodos no imageamento é constante e determinado a partir do escopo da pesquisa. O espaçamento entre eletrodos, adotado no imageamento 3D, foi de 4 m, abrangendo uma área de 503,7 m<sup>2</sup>; foi utilizada a técnica de *roll along*. Para o imageamento 2D, o espaçamento entre os eletrodos foi de 2 m. A profundidade atingida nos levantamentos foi de aproximadamente 11,6 m (3D) e 10 m (2D); em ambos foi utilizado arranjo Gradiente.

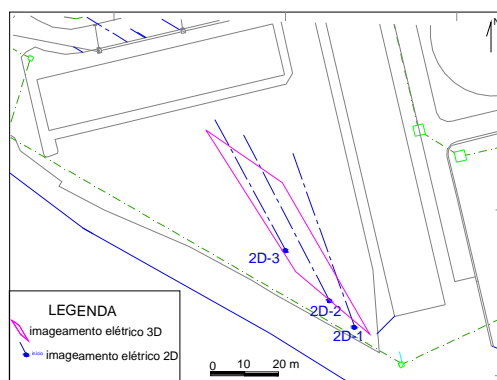


Figura 1. Localização dos ensaios geofísicos.

### 4 - RESULTADOS

A Figura 2 apresenta alguns dos resultados dos levantamentos pelos imageamentos elétricos 2D e 3D, com os dados processados nos programas **EarthImager 2D e 3D**.

A profundidade do nível d'água inserida nas seções modeladas do imageamento elétrico 2D é de aproximadamente 3,5 m.

Com base nas seções modeladas (2D) e nos blocos (3D), observa-se a presença de material condutivo, com resistividades inferiores a 50 ohm.m; o volume total das anomalias é de 3914 m<sup>3</sup>. Este material possivelmente representa contaminação por hidrocarboneto, pois, segundo histórico da área, o vazamento é antigo, propiciando os processos de bioconversão responsáveis pela produção de ácidos orgânicos, redução do pH e, por conseguinte, aumento da condutividade na interface das fases adsorvidas (zona não saturada) e dissolvida (zona saturada). Este fato implica em um contraste condutivo em solos/sedimentos resistivos.

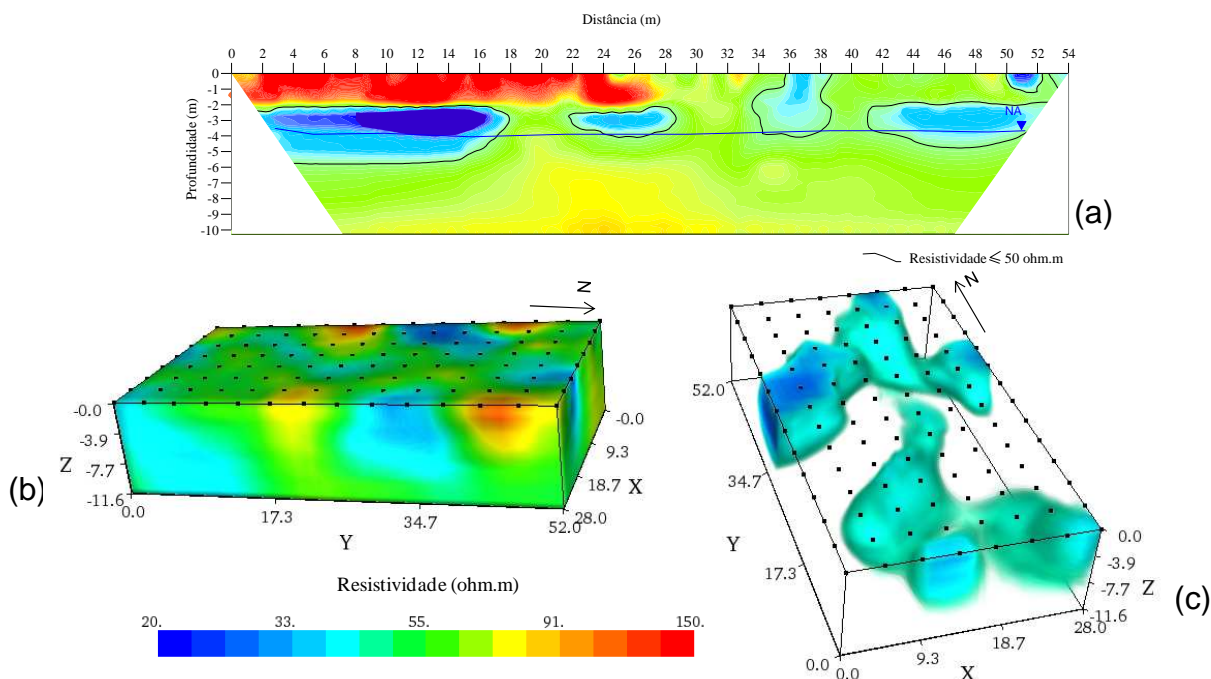


Figura 2. Resultado do imageamento elétrico 2D-1(a), do imageamento elétrico 3D (b) e do imageamento elétrico 3D (c), este último ilustrando apenas os valores de resistividade  $\leq 50$  ohm.m.

## 5 - Discussão e Conclusões

Os resultados apresentados mostram que o método da eletrorresistividade, por meio das técnicas de imageamento elétrico 2D e 3D, constitui ferramenta útil para diagnóstico de áreas contaminadas, uma vez que o método permite discriminar regiões com diferentes características.

Para contaminações antigas, como é o caso estudado, as anomalias geoeletricas condutivas ( $\leq 50$  ohm.m) resultam da biodegradação de hidrocarboneto.

## 6 - Referências

Borden, R. C. Handbook of Biorremediation. CRC Press, Boca Raton. 177-199, 1994.

Ridgeway, H. F., Safarik, J., Phipps, D., Clark, D. Identification and Catabolic Activity of Well-Derived Gasoline Degrading Bacteria from a Contaminated Aquifer. Applied and Environmental Microbiology, 56: 3565-3575, 1990.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem ao Laboratório de Estudo de Bacias (LEBAC) pela cessão do equipamento de geofísica.