



Geofísica Rasa em Solos Tropicais Amazônico

Soares*, Mauricio J.S. (Brain Tecnologia Ltda), Biazzzi, Erica (Brain Quintão), Sergio L. S. (Petrobras S.A.), Ribamar, José S. S. (Petro

brasil Ltda), Silva Junior, Gerson C. (Petrobras S.A.), RJ),

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no III Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 26 a 28 de novembro de 2008. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do III SimBGF, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Abstract

This work reflect on the application of electrical method for geological research in subsurface. The purpose is the characterization of the geological framework and structural constraints, which determine the dynamics of the contaminants products.

Introdução

Investigações de cunho ambiental realizadas na região amazônica contam com dificuldades extras que vão desde as constantes intempéries, passando ao deslocamento de equipes, doenças endêmicas, à sazonalidade hídrica do rio Amazonas.

O local de estudo encontra-se localizada às margens do Rio Negro, a altitude média de 22,0 metros relativa ao nível do mar e a uma altura de 1,5 metros relativa ao nível base local (rio Negro). Insere-se na Unidade de Estruturação Urbana (UES) Mauzinho, no distrito industrial da cidade de Manaus, AM (Figura 1).



Figura 1 – Localização da Área de Estudo

Dentre as diversas técnicas de investigação atualmente aplicadas à áreas impactadas por resíduos oleosos, este

objetivo demonstrar o uso da metodologia de sondagem elétrica, aqui denominada de Sondagem Elétrica Multi-eletrodos (SEVME) em solos lacustre (igarapé) amazônico.

Investigação/ Metodologia

O objetivo de um duto de transporte de gás natural ocasionado devido a uma ruptura proporcionou o vazamento de gás (baixa fluidez), no final do mês de março de 2008. A consequência decorrente deste derramamento foi comunicada pelos ribeirinhos locais e imediatamente comunicado. Ações corretivas foram tomadas para conter o vazamento.

As investigações geofísicas visou avaliar a integridade do arcabouço geológico da área (sistemas de falhas, fraturas diversas, etc.). Para isso, foram realizadas sondagens elétricas, principalmente, inferiu sobre o comportamento do solo e a dinâmica da água subterrânea.

A metodologia de sondagem elétrica foi utilizada, sendo estas:

1. Sondagem elétrica de aquisição e realizada disposta em linha, em intervalos de 10 metros, conectados por um cabo multicondutores. Foi realizada injetando correntes elétricas em dois pontos de diferentes possibilidades de configurações de eletrodos e protocolos de aquisição. Um exemplo de uma sequência de aquisição conta com 41 eletrodos em pontos, dependendo do arranjo empregado (Figura 2).

2. Sondagem elétrica do solo (SEVME) foi realizada, mesmo se a aquisição foi realizada em linha. A distância lateral entre os eletrodos da mesma ordem da profundidade de SEMVE 2D indica a resistividade do solo caso ele for homogêneo. Às vezes essa suposição é válida, mas quando existem

heterogeneidades, tanto na direção de aquisição, quanto nas suas ortogonais, qualquer imageamento 2D não conseguirá representar com acuidade a subsuperfície investigada. Nesses casos faz-se necessário realizar tanto a aquisição quanto o processamento em 3 dimensões.

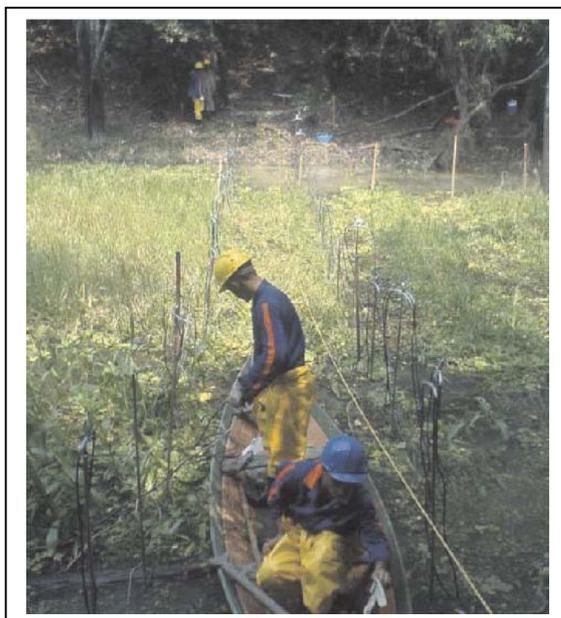


Figura 2 – Aquisição de SEVME

O processamento das seções de SEVME foi realizado com a utilização do software RES2DINV. O modelo 2D utilizado para discretizar a subsuperfície consiste de blocos retangulares arranjados de acordo com a posição dos pontos, onde a resistividade aparente é calculada (inversão por mínimos-quadrados).

A distribuição e tamanho dos blocos foram automaticamente gerados pelo programa, de acordo com a posição dos pontos onde foram medidos os valores da resistividade aparente. Uma subrotina de modelamento, utilizando as técnicas das diferenças finitas e dos elementos finitos, foi usada para calcular valores de resistividade aparente, sendo utilizada também uma técnica de otimização não linear, pelo método dos mínimos quadrados. Na rotina de processamento destacam-se a utilização dos seguintes passos:

- Eliminação de pontos com valores claramente errados de resistividade aparente;
- Reversão da posição para que seções tenham mesmo começo e fim;
- Mudança na localização do primeiro eletrodo, para que a contagem da distância entre os eletrodos comece de uma mesma origem, que normalmente é o zero;

- Mudança dos parâmetros de estabilidade e de convergência, diminuindo o número de iterações no processo de inversão.

A análise dos resultados para os testes adquiridos indicou como melhor protocolo o Gradientes Múltiplos. O arranjo Wenner (Figura 2, Quadro 1) apresentou a maior força de sinal, porém uma quantidade de dados e resolução das medidas insuficiente. O arranjo dipolo-dipolo produz uma quantidade maior de dados e com resolução superior, mas a força do sinal medido fica até 216 vezes mais fraca do que o Wenner.

Para este caso, o arranjo Gradientes Múltiplos (Figura 3, Quadro 2) é o que tem fornecido os melhores resultados em aquisições SEVME multicanal. A resolução é compatível com o arranjo dipolo-dipolo, mas o sinal não é tão fraco. Em investigações profundas e em solos muito resistivos o ruído é naturalmente alto e, portanto faz-se necessário utilizar um arranjo com um sinal forte.

A interpretação dos blocos de SEVME-3D foi executada tendo os dados de GPR e as descrições das sondagem como métodos balizadores. Em geral a área possui valores anômalos de resistividade em superfície, ora resistivos, ora condutivos, influenciados fortemente pelas características hídricas, geológicas e do resíduo ali presente.

Como primeiro resultado da interpretação dos blocos de SEVME-3D, observa-se o nítido contraste entre a porção saturada (planície de inundação) da porção insaturada, ou menos saturada, composta pelas vertentes que delimitam esta planície (Figura 4). O contraste entre estas unidades pode ser mensurado através dos valores normalizados de resistividade aparente. Estes valores situam-se na faixa de 7000 Ohm.m para as porções insaturadas e de 50–100 Ohm.m para as unidades saturadas do sistema avaliado.

O imageamento elétrico obteve resultados significativos até a profundidade máxima de 5,9 metros. A partir desta configuração foram realizados *slices* (cortes) em profundidade, totalizando 07 cortes de espessura média de 0,8 metros.

A interpretação destas seções indica, conforme descrito no parágrafo anterior, um forte contraste entre porções saturadas e insaturadas. Esta configuração pode ser observada na Figura 5, onde a faixa central composta pelos sedimentos colúvio-aluvionares inconsolidados (porção saturada) apresenta uma nítida mudança nos seus valores de resistividade aparente.

Esta mudança, observada nos demais *slices* que os procedem, atribui-se à transição entre a unidade sedimentar recente e o topo dos sedimentos clásticos da formação Alter do Chão (Figura 6).

Outro produto geofísico foi o mapeamento e avaliação de áreas impactadas por resíduos oleosos. Procurou-se avaliar o contraste entre feições de resistividade aparente

e associá-las à existência de áreas impactadas pela presença de resíduos oleosos. A primeira e marcante feição é a grande amplitude de resistividade, variando desde 2 a 7524 ohm.m. Esta amplitude associa-se ao contraste de materiais (sedimentos argilosos, arenosos, raízes) e do seu grau de saturação.

Conhecendo-se a resistividade natural da água (média de 55 ohm.m) e de sedimentos saturados (média de 100 ohm.m), nota-se em todas as seções valores de resistividade inferiores às classes acima citadas (abaixo de 10 ohm.m). Este padrão foi atribuído à intensa atividade microbiana, que por sua vez associa-se à provável presença de resíduos oleosos que venha a sofrer processos de biorremediação.

Desta forma foram selecionadas áreas (ou zonas anômalas) de baixa resistividade, provavelmente associadas à intensa atividade microbiana, que no processo de biodegradação das moléculas de hidrocarbonetos geram gás carbônico e água, consumindo oxigênio e, na falta deste, outros aceptores de elétrons.

É importante frisar que os pontos de baixa resistividade não podem ser totalmente associados à existência de espessos pacotes de resíduos oleosos. Feições características da existência de resíduos oleosos (geralmente) são resistivas. Porém, devido ao grande contraste entre materiais, às condições de saturação dos mesmos e elevada amplitude no valor da resistividade relativa, esta associação não pôde ser feita de forma definitiva.

Discussão e Conclusões

O método de sondagens elétricas multi-eletrodo (SEVME) demonstrou-se como importante ferramenta para o mapeamento geológico de subsuperfície. Traz correlações estratigráficas entre unidades sedimentares distintas, tais como os sedimentos colúvio-aluvionares recentes e os sedimentos clásticos do Alter do Chão.

Como subproduto da interpretação geofísica pôde-se inferir a respeito de possíveis áreas impactadas, a partir dos valores de resistividade aparente. Verificou-se sua distribuição espacial, incluindo valores em profundidade, realizando um mapeamento tridimensional da área impactada.

Nota-se que os resíduos oleosos não apresentam (em quase toda sua totalidade) feições resistivas associadas à sua presença. Estas feições foram associadas às características geológicas e físicas do material estudado. As feições de baixa resistividade foram associadas (com ressalvas) a ações biodegradativas atuantes nos compostos orgânicos presentes nos resíduos oleosos avaliados e, naturais ao sistema.

Agradecimentos

À Brain Tecnologia Ltda. pelo apoio e incentivo e à PETROBRAS pela gentileza na liberação dos dados.

Referências

CETESB, 1999, Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, CETESB-GTZ, 2.ed, São Paulo, 389p.

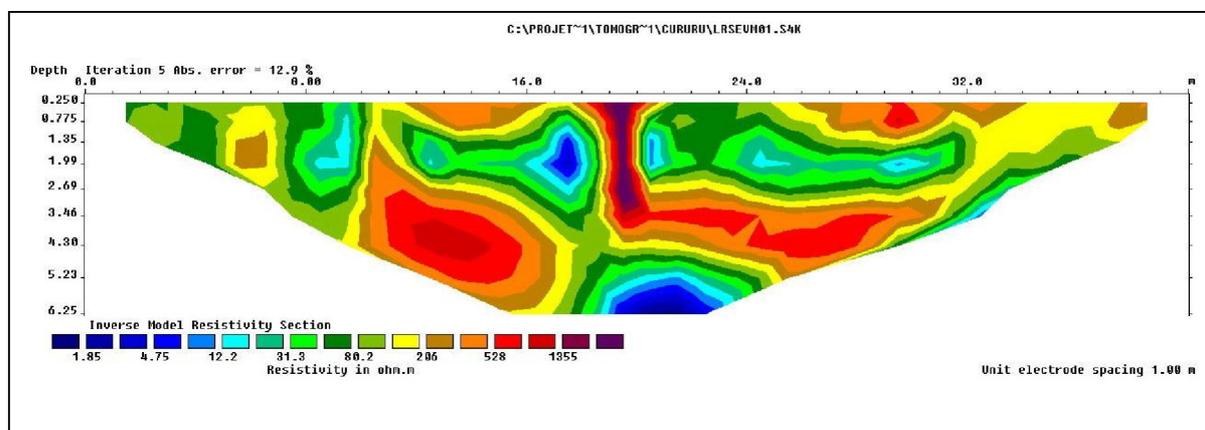
Pimenta, V. B., Soares, M. J. S., 2006, Mapeamento em subsuperfície da presença do catalisador gasto e da lixiviação de metais para o solo, utilizando a SEVME como ferramenta de prospecção geofísica – Estudo de Caso, II Simpósio Brasileiro da SBGF, Natal, Brasil. 4p

Soares, M. J. S., Takayama, P., 2006, Integração de Ferramentas Geofísicas para o Diagnóstico GeoAmbiental, II Simpósio Brasileiro da SBGF, Natal, Brasil. 6p

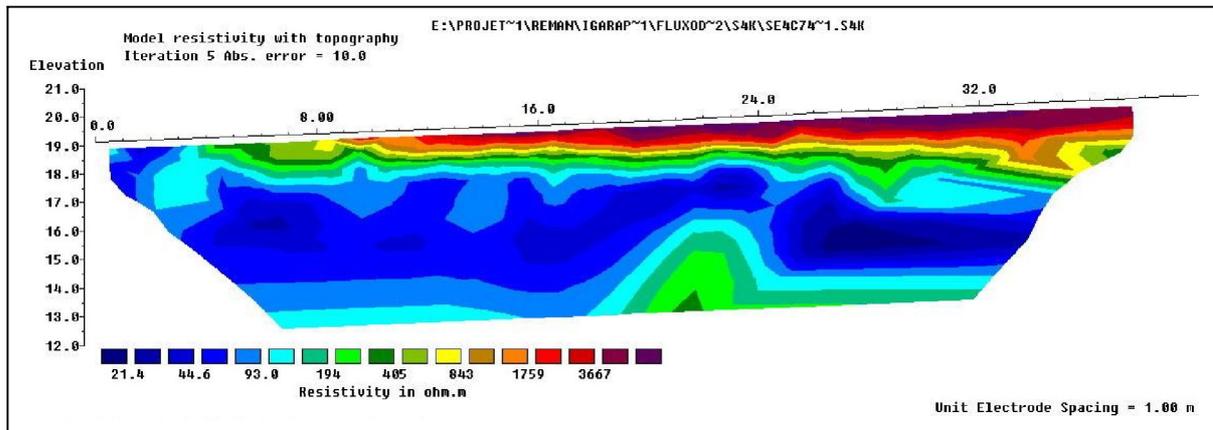
Soares, M. J. S., 2007, Aplicação de Ferramentas Geofísicas no Diagnóstico Geoambiental, Tenth International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Rio de Janeiro, Brasil. 6p.

Soares, M. J. S., 2007, Diagnóstico Geoambiental e Avaliação de Risco – RBCA, GPR 2D e 3D, Sondagem Elétrica Vertical Multieletrodos, Hidrogeologia, Geoquímica e Hidroquímica, Brain Tecnologia Ltda, 559p.

Figura 2 - SEVME-01 (2D8) Área 8



Quadro 1 - SEVME-01 (2D8) Área 8	
Equipamento:	ABEM SAS-4000
Arranjo:	Wenner Alpha
Aquisição:	2D-Pardão
Modelo Un. Controle:	ES-1064
Arranjo protocolo:	wen32sx
Tipo de aquisição:	2 cabos
Comprimento Previsto:	40.00 m
Comprimento Medido:	38.89 m
Nº Eletrodos	41
Espaçamento	1m



Quadro 2 - SEVME-177 (2D8) Área 8

Equipamento:	ABEM SAS-4000
Arranjo:	Gradiente Múltiplos
Aquisição:	2D-Pardão
Modelo Un.Controle:	ES-1064
Arranjo Protocolo:	Grad
Tipo de Aquisição:	2 cabos
Comprimento Previsto:	40.00 m
Comprimento Medido:	38.89 m
Nº Eletrodos	41
Espaçamento	1m

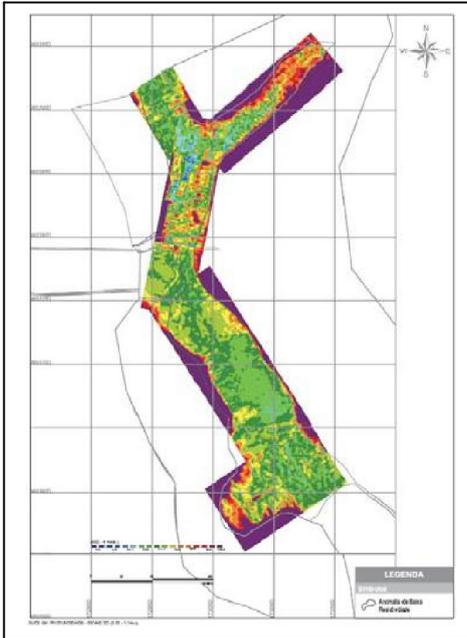


Figura 4 - Slice em SEVME 3D – Profundidade de 0,53 a 1,14 metros

Figura 5 - Slice em SEVME 3D – Profundidade de 2,66 a 3,59 metros

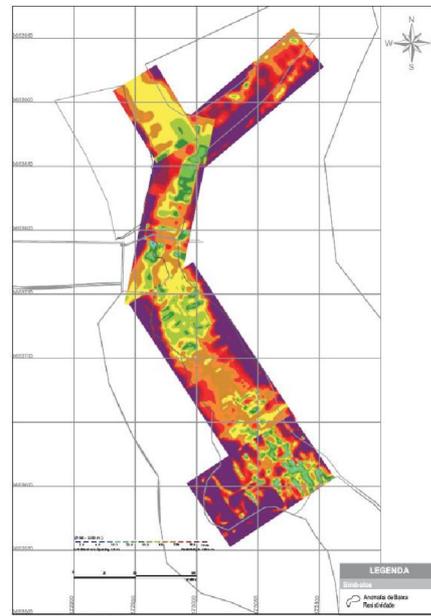
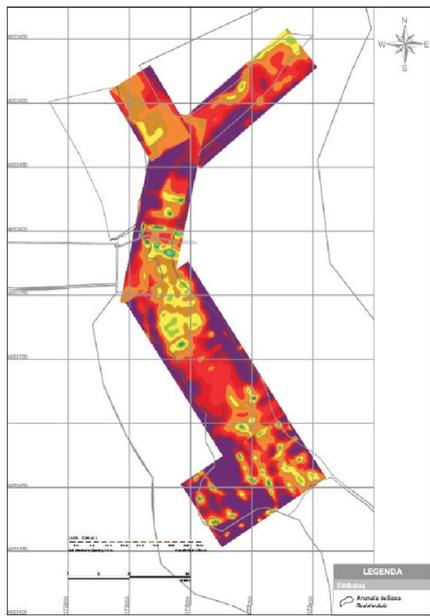


Figura 6 - Slice em SEVME 3D – Profundidade de 4,66 a 5,89 metros