



## Uso do GPR na Cubagem de Resíduos Industriais

Maria Pessoa, Guilherme Castilho, Fábio Miranda (Brain Tecnologia Ltda.)

Copyright 2006, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

*Este texto foi preparado para a apresentação no II Simpósio de Geofísica da Sociedade Brasileira de Geofísica, Natal, 21-23 de setembro de 2006. Seu conteúdo foi revisado pela Comissão Tecno-científica do II SR-SBGF 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.*

### Resumo

Investigações geofísicas foram realizadas sobre uma área de depósitos de rejeitos industriais, localizada próxima à cidade de Belo Horizonte. O objetivo foi caracterizar uma cava de deposição de rejeitos industriais. Foram utilizados Geofísica e Geoquímica de solo. Os métodos geofísicos utilizados foram o método GPR e SEV.

Mapeou-se a cava onde foram depositados rejeitos industriais, a rocha sã e a área aterrada com resíduos industriais. O material da cava está saturado com água.

Palavras-chave – GPR; SEV; estratigrafia; contaminação, água subterrânea.

### Introdução

Métodos geofísicos têm sido muito utilizados para a caracterização de áreas impactadas pela atividade industrial. Entre esses os métodos eletromagnéticos (EM) tem tido posição de destaque, devido a sua efetividade e baixo custo de utilização. Os métodos EM tem aplicação quando ocorrem alterações das propriedades elétricas do meio, a condutividade elétrica e a constante dielétrica. Estas alterações são induzidas pelas alterações das propriedades físico-químicas do meio, causadas por compostos químicos de per si, ou da sua interação com a água subterrânea. Os processos de biodegradação estão incluídos entre os agentes capazes de alterar significativamente as propriedades elétricas do meio.

A vantagem da utilização da geofísica na avaliação da extensão de uma área contaminada reside em limitar-se a quantidade de poços a um mínimo necessário, para ter-se uma noção correta da distribuição, em área e em profundidade. Esta é uma opção válida e segura porque evita a instalação de um número elevado de poços, baseado inteiramente no conhecimento geológico pré-existente. Note-se que a perfuração de poços, embora necessária, é cara e eventualmente danosa, caso cuidados não sejam tomados para evitar a contaminação de outros horizontes de subsuperfície, devido ao seu caráter invasivo.

A utilização de métodos geofísicos para localizar e mapear contaminantes em subsuperfície constitui-se em

uma opção válida e segura para limitar-se a quantidade de poços a um mínimo necessário para ter-se uma noção correta da distribuição das várias fases do contaminante, em área e em profundidade. Como os métodos geofísicos são não-invasivos, a avaliação da subsuperfície passa a ser um processo seguro e relativamente barato, permitindo que o processo de avaliação direta seja condicionado pelas áreas onde são constatadas anomalias geofísicas.

Neste trabalho utilizamos Geofísica e Geoquímica de solo. Os métodos geofísicos utilizados foram o método GPR e SEV. O método GPR é uma técnica de Imageamento eletromagnético reconhecidamente efetiva no estudo da estratigrafia de sedimentos e de áreas contaminadas. Outra característica de destaque desta técnica é a sua enorme versatilidade operacional, que permite a aquisição de grande quantidade de dados num curto intervalo de tempo, viabilizando desta forma uma amostragem espacial bastante detalhada (Fisher et al., 1992). O método SEV é um método muito efetivo para modelar as variações da condutividade elétrica na subsuperfície.

### Área de Estudo

A área de estudo está localizada próximo à divisa dos municípios de Betim e Ibité – MG na região metropolitana de Belo Horizonte. Na área há uma depressão natural que foi utilizada durante 20 anos para o descarte de resíduos industriais.

Do ponto de vista geológico regional área está instalada na porção meridional do Cráton São Francisco, poucos quilômetros a norte do Quadrilátero Ferrífero, uma das áreas clássicas da geologia pré-cambriana do Brasil.

As unidades litoestratigráficas aflorantes no Quadrilátero Ferrífero, da base para o topo, são compostas por complexos metamórficos arqueanos, seqüências supracrustais arqueanas do tipo greenstone belt e metassedimentares proterozóicas, além da ocorrência de coberturas sedimentares de idade cenozóica, como as bacias terciárias de Gandarela e Fonseca.

Na região ocorrem rochas do denominado Complexo Belo Horizonte de idade Arqueana. As rochas metamórficas e, subordinadamente, as rochas ígneas presentes no Quadrilátero Ferrífero são constituídas de gnaisses e migmatitos polideformados, de composição tonalítica-trondhjemítica-granodiorítica (TTG).

### Metodologia

Os métodos utilizados nesse estudo foram técnicas geofísicas GPR 2-D e 3-D e Sondagem Elétrica Vertical

Multieletrodo. Sondagens geoquímicas de solo foram realizadas, condicionadas pelos resultados geofísicos.

Os dados de GPR foram obtidos com equipamento RAMAC, antenas de 100 MHz mantidas fixa a 1 m, janela de tempo de até 520 ns e aquisição estática. Essa janela de tempo permite uma penetração de mais de 10.0 metros de profundidade.

Seções CMP forneceram perfis de velocidade no centro da cava, local de maior concentração de óleo e no limite da cava.

As seções de resistividade elétrica foram adquiridos com arranjos dipolo-dipolo e Wenner (Elis, 1999). As seções dipolo-dipolo foram de 50 m sendo complementadas por seções Wenner, de 100 m, destinadas a mapear os limites da cava.

A figura 1 apresenta a localização das seções ( A, B, C) de GPR e as seções de resistividade elétrica (A,B,C) no mesmo local para comparações dos resultados, e os pontos onde foram realizadas amostragens de solo.



Figura 1. Mapa da área de estudo, mostrando as três linhas geofísicas (A, B e C) e a localização das amostragens de solo.

## Resultados

Os perfis de GPR A, B e C caracterizaram a cava atingindo profundidade de 10 m. Foram mapeados nas seções de GPR 2D e 3D, variações da amplitude da onda EM condicionadas pelas alterações das propriedades físicas do meio. Estas são decorrentes da água de subsuperfície e da ação de compostos químicos como ferro ferroso, nitrato, sulfato e metano. Estes compostos químicos são indicadores de capacidade biodegradativa do meio poroso em relação aos contaminantes dissolvidos e podem fazer com que compostos de hidrocarbonetos, antes resistivos, passem a ser condutivos com decorrer do tempo.

As seções GPR caracterizaram a existência da depressão natural, mapeando-a em área e em profundidade, Figura 2. Apresentaram amplitudes elevadas onde havia maior concentração de óleo. Este, devido a sua densidade, ficava em suspensão na água, tendo o seu caminho condicionado pelo fluxo de água

subterrânea. Isto pode ser visualizado plotando-se apenas as amplitudes máximas, após as ondas diretas, do traço GPR, conforme pode ser visto na Figura 3.

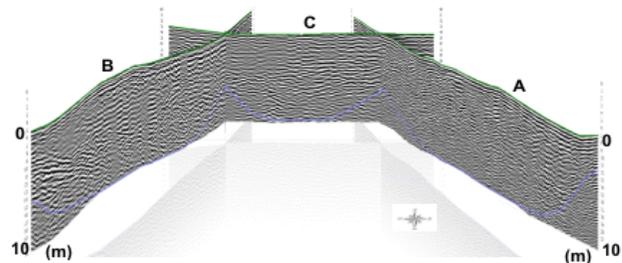


Figura 2. Seções GPR A, B e C.

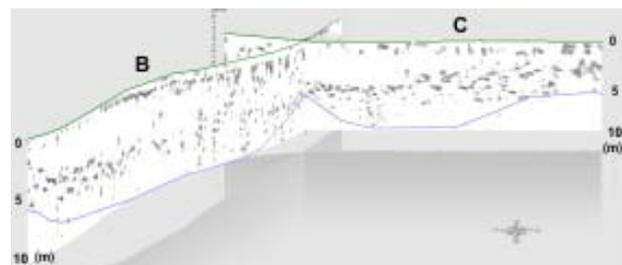


Figura 3. Seções GPR B e C, mostrando apenas as amplitudes máximas. A linha azul delineia o fundo da cava, obtido através de análise da estratigrafia GPR.

As seções de SEVME caracterizaram os locais de concentração de resíduos de hidrocarbonetos como regiões condutivas em função dos produtos de biodegradação dissolvidos na água presente nos poros do aterro e suas encaixantes. A Figura 4 mostra as seções Wenner para os perfis A, B e C, rebatidos no plano de C.

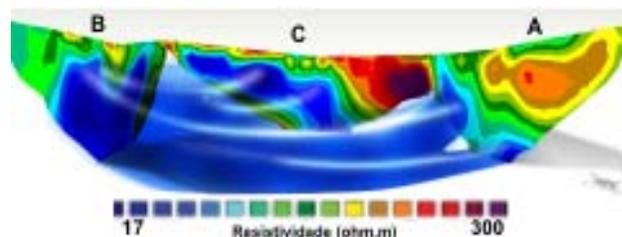


Figura 4. Seções Wenner dos perfis A, B e C interligadas pelas suas intercessões. As seções A e B estão rebatidas no plano da seção C. Vermelho indica alta resistividade (300 ohm.m) e o azul, baixa resistividade (17 ohm.m).

## Conclusões

Este trabalho mostrou que é possível realizar o mapeamento de uma cava onde foram depositados rejeitos industriais, utilizando o contraste de refletores na região da cava, entre a rocha sã e a área aterrada com resíduos industriais. O material da cava está saturado com água. Foi também possível realizar o mapeamento das maiores concentrações do contaminante, utilizando-se as amplitudes elevadas, devido à mudança de permissividade dielétrica do meio. As amplitudes elevadas estão distribuídas em profundidade até 12 m, como resultado da percolação de água e óleo.

As seções SEV foram úteis na complementação dos resultados GPR e na determinação da distribuição da resistividade em subsuperfície. Nos perfis de resistividade os locais onde se encontra a água e o óleo apresentam-se condutivos em relação aos limites da cava de deposição.

A Figura 5 fornece o modelo da cava, construído com os resultados geofísicos, complementados peãs amostras de solo.



**Figura 5.** Modelo da cava, construído com os resultados geofísicos, complementados peãs amostras de solo.

#### Agradecimentos

À Petrobras pela permissão de publicar os resultados. À empresa Brain Tecnologia pela autorização de apresentar os resultados.

#### Referências

Atekwana, E. 2004. Relationship between biodegradation and bulk electrical conductivity. Proceedings of Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems, February 22-26, 2004, Colorado Springs, Colorado. Environmental and Engineering Geophysical Society.

ELIS, V. R., 1999, Avaliação da aplicabilidade de métodos elétricos de prospecção geofísica no estudo de áreas utilizadas para disposição de resíduos. 1999. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999., 264 p.

Fisher, E., McMechan, G. A. & Annan, A. P. 1992, Acquisition and processing of Wideaperture ground-penetrating radar data. Geophysics, 57, 495-504.