



GPR - EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Vicente Luiz Galli *
Luiz Antonio Pereira de Souza *

* Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT

ABSTRACT

Ground Penetrating Radar (GPR) is one technique which has been effectively used in so many applications, mainly because it's a high resolution non-destructive method, very useful for urban area investigations. But to use GPR we must be careful about its real application in order to solve our problem. High conductivity layers, as saturated shales, polluted waters, like Tietê river in São Paulo City, maybe cause many problems in acquiring data. In this article we show some examples in using GPR and we also try to give some advices in order to help you to plan your GPR survey.

INTRODUÇÃO

O radar de penetração, comumente denominado de GPR (Ground penetrating radar), é o termo empregado às técnicas que utilizam ondas de rádio, com frequências entre 1 e 1000 MHz, para mapear estruturas e feições em subsolo ou em construções (estruturas de concreto).

Este método de investigação está estabelecido com base nos princípios de propagação de campos eletromagnéticos no solo. Através de uma, ou várias, antenas transmissoras, o sistema GPR emite para o solo, pulsos curtos de energia eletromagnética. Analogamente à propagação de ondas sísmicas, parte da energia emitida, retorna à superfície ao atingir as interfaces dos materiais com propriedades elétricas distintas, sendo então registradas ao atingir as antenas receptoras, conforme ilustrado na FIGURAS 1 e 2.

A maneira pela qual o campo eletromagnético interage com os materiais naturais controla a forma com que o campo eletromagnético se espalha e é atenuado pelo meio. Variações nas propriedades elétricas do meio (condutividade/resistividade) constituem-se nos principais fatores que condicionam a aplicabilidade deste método de investigação. Meios de alta condutividade inviabilizam a aplicação do GPR.

Na maioria das situações geológicas, as propriedades elétricas tendem a ser o fator dominante que controla as respostas do radar. Em geral as variações magnéticas são desprezíveis.

APLICAÇÕES DO GPR

O aparecimento do GPR no Brasil nesta última década, criou muitas expectativas com relação à sua vasta aplicação, principalmente na investigação geológico-geotécnica rasa, em áreas urbanas. Assim, muitos usuários encontravam no GPR a solução para muitos problemas, ou para maioria deles, e vários trabalhos foram executados com critérios técnicos duvidosos, com relação a viabilidade de aplicação deste método na resolução do problema proposto, levando, não raras vezes, à obtenção de resultados muito aquém das expectativas iniciais.

Experiências recentes do IPT com esta nova ferramenta de investigação, tem mostrado sua grande aplicação, desde que criteriosa, na investigação rasa. Detecção de tubulações, é a mais comum das aplicações do GPR, já que, comumente, as grandes cidades no Brasil, não possuem em seus arquivos, mapas detalhados de localização de antigos dutos pluviais e elétricos. Outra importante aplicação do GPR é no mapeamento detalhado de estruturas de concreto (pontes, vigas, etc.), o que possibilita a detecção precisa das estruturas de ferro, vazios internos no concreto, o que viabiliza o planejamento preciso da recuperação das estruturas em seus pontos frágeis.

Uma recente aplicação do GPR é no estudo de áreas submersas rasas, visando a detecção da espessura de camadas de assoreamento em reservatórios e, em rios, da espessura de depósitos arenosos, de interesse para construção civil. Nesta aplicação este método de investigação pode vir a substituir a sísmica convencional (perfilagem sísmica contínua que utiliza *boomers* e *sparkers*) que, em condições de coluna d'água muito pequena (<5m) não oferece, freqüentemente, resultados satisfatórios. O IPT projetou catamarãs especiais (em fibra de vidro) para transporte das antenas do GPR de até 50MHz, viabilizando a aquisição de dados sobre lâmina d'água.

Assim, este trabalho apresenta alguns exemplos de utilização do GPR pelo IPT em que a utilização do método se mostrou adequada e alguns exemplos em que a aplicação deste método é, pelo menos, discutível.

AQUISIÇÃO DOS DADOS

Os dados foram coletados utilizando-se um radar de penetração GPR/RAMAC fabricado pela empresa sueca MALA GeoScience, com antenas de 50 MHz, 100 MHz e 1 GHz. A escolha das antenas e do espaçamento entre elas e entre as estações de observação, foi determinado a partir dos objetivos de cada um dos ensaios.

Os dados foram tratados fazendo-se uso do software Gradix da Interpex.

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Exemplo 1

Este primeiro exemplo ilustrado na FIGURA 3, mostra, de forma bastante clara, a aplicação deste método na detecção de dutos utilizados na canalização subterrânea para escoamento de águas pluviais e óleo, na área de manutenção de locomotivas da Ferrovia Atlântico Sul em Curitiba. Neste caso antenas de 100MHz mostraram melhor resultados.

Exemplo 2

Neste exemplo o radargrama ilustra dados obtidos com a antena de 1 GHz, no mapeamento de detalhe de estruturas de concreto. Na FIGURA 4, mostra-se, com precisão, a posição das ferragens (a cada 20cm) no interior de uma viga de concreto. A FIGURA 5, mostra, em uma parede no interior de um túnel adutor de uma usina, o contraste entre o setor blindado (camada de concreto sobre estrutura de aço) e o setor sem blindagem e também sem ferragens.

Exemplo 3

No exemplo ilustrado na FIGURA 6 observa-se que a utilização do GPR, através de antenas de 1GHz, permitiu identificação de cavidades em vigas de concreto na estrutura de um prédio em pólo petroquímico da Bahia, em projeto desenvolvido conjuntamente com a Universidade Federal da Bahia - UFBA.

Exemplo 4

O radargrama apresentado na FIGURA 7 ilustra dados obtidos da aplicação do GPR na investigação de áreas submersa, neste caso utilizando antenas de 50MHz. Como pode ser observado no registro, os ensaios realizados propiciaram a identificação da superfície de fundo (analogamente à batimetria) do reservatório, bem como as camadas sedimentares muito rasas.

Exemplo 5

Depois do gelo, areias insaturados constituem-se talvez no melhor meio para propagação das ondas eletromagnéticas. O radargrama apresentado na FIGURA 8, ilustra muito bem este aspecto, mostrando, com detalhes evidentes, toda a estratigrafia rasa de uma área costeira. Este perfil foi obtido em ensaios realizados na região costeira de Cananéia, em projeto desenvolvido conjuntamente com o Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. IO-USP.

Exemplo 6

A FIGURA 9 mostra um radargrama de difícil análise, devido a baixa qualidade. Este perfil foi realizado num avenida de São Paulo, na tentativa de determinar as causas do afundamento do pavimento. O insucesso desta aplicação foi devido as condições do solo na área, composto basicamente de argilas orgânica, o que impossibilitou a penetração das ondas eletromagnéticas.

Exemplo 7

Na tentativa de investigar as causas da infiltração de água no túnel da Av Euricydes de Jesus Zerbini, em São Paulo, utilizou-se o GPR com antenas de 100MHz, cujo resultados estão ilustrados na FIGURA 10. Registros de baixa qualidade foram obtidos tendo em vista a forte interferência das estruturas de concreto adjacentes ao local dos ensaios. Neste caso, antenas blindadas poderiam proporcionar resultados melhores.

CONCLUSÕES

O sucesso na aplicação do GPR na resolução de problemas geológicos-geotécnicos depende de análise criteriosa, e conhecimento prévio, das principais características da área a ser estudada, incluindo as propriedades elétricas. Situações com aterros, ricos em argilas saturadas, áreas submersas com águas poluídas, são situações em que o meio apresenta alta condutividade elétrica, podendo-se prever de antemão, dificuldades de obtenção de dados de boa qualidade.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GPR - Workshop Notes - Sensor & Software.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT, 1998a. Ensaio Geofísico de Radar de Penetração aplicado à engenharia no barracão de manutenção da Ferrovia Atlântico Sul em Curitiba, PR. Relatório IPT 37452.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT, 1998b. Testes de aplicabilidade de Radar de Penetração (GPR) na mina de amianto da SAMA, Minaçu, Goiás. Relatório IPT 37567.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT, 1998c. Ensaio Geofísico de Radar de Penetração aplicada a engenharia na Usina Hidrelétrica de Santa Branca, no Estado de São Paulo. Relatório IPT 37378.

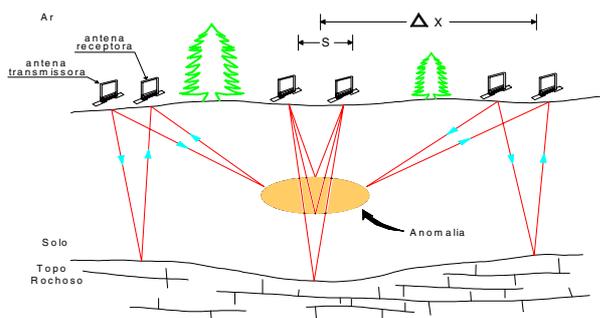


FIGURA 1 -Esquema ilustrativo da aquisição de dados com GPR (S = separação entre as antenas transmissora e receptora; Δx = espaçamento entre os pontos de medição).

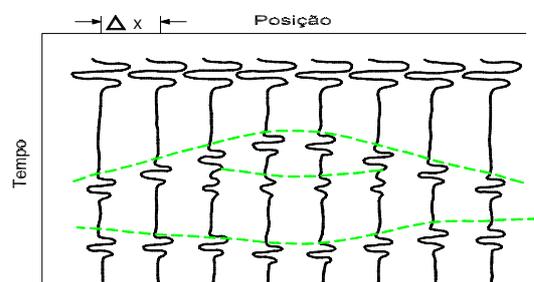


FIGURA 2 -Seção exibindo os traços oriundos das reflexões ocorridas nas interfaces ilustradas na figura 1.

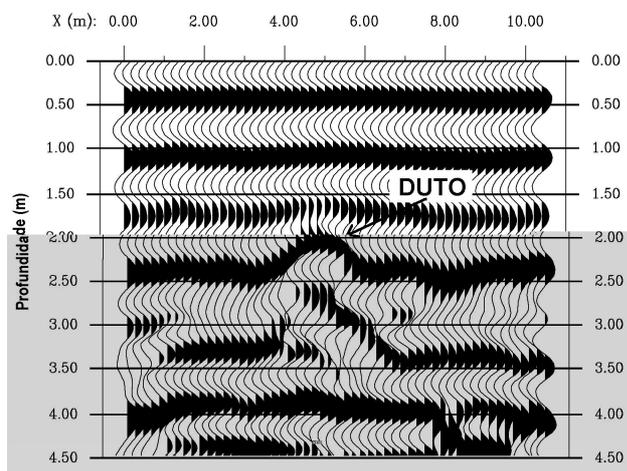


Figura 3 - Radargrama obtido na prospeção de dutos (IPT, 1998a)

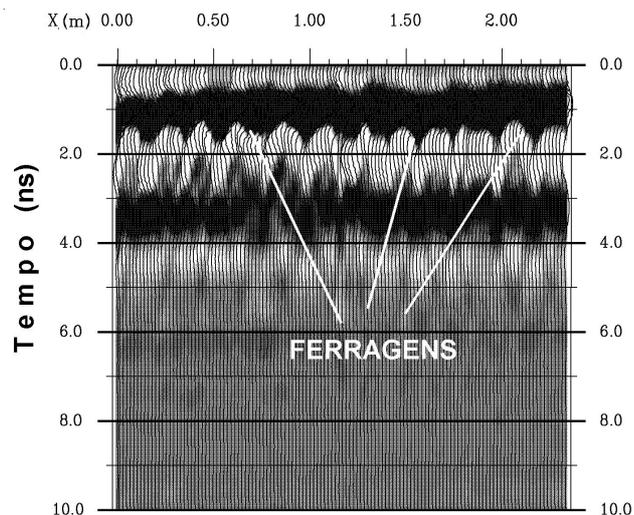


Figura 4 - Radargrama ilustrando a presença de ferragens a cada 20cm em uma viga de concreto (IPT,1998c)

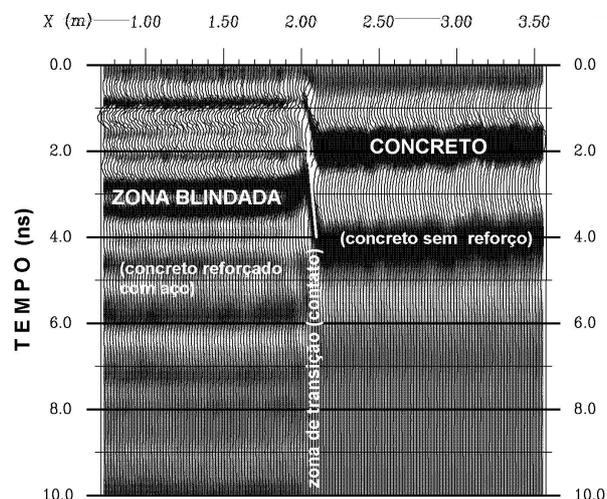


Figura 5 -Radargrama obtido no interior de um túnel adutor de uma usina hidrelétrica, ilustrando o contraste entre os setores com e sem blindagem (IPT, 1998c)

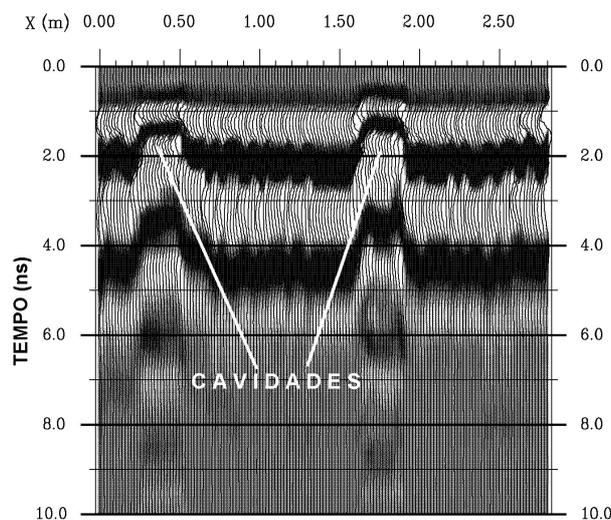


Figura 6 -Radargrama ilustrando a presença de cavidades em uma viga de concreto.

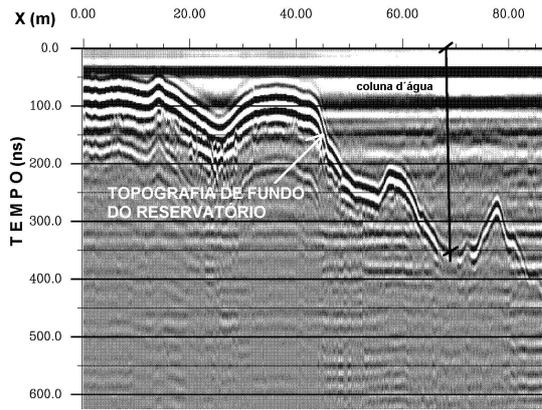


FIGURA 7 - Radargrama obtido no reservatório Billings. SP.

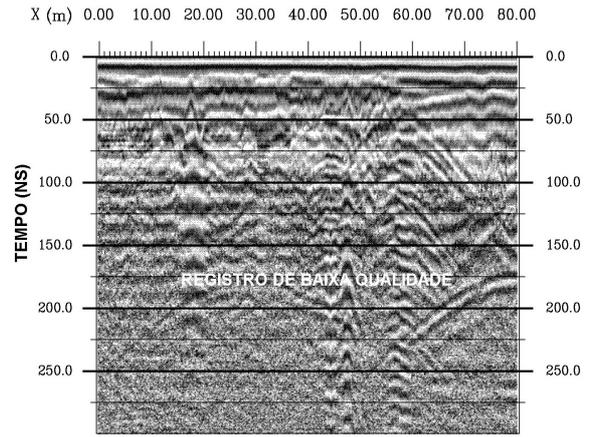


Figura 9 -Radargrama de baixa qualidade obtido numa avenida da cidade de São Paulo, em tentativa de mapeamento das causas de afundamento da pavimentação.

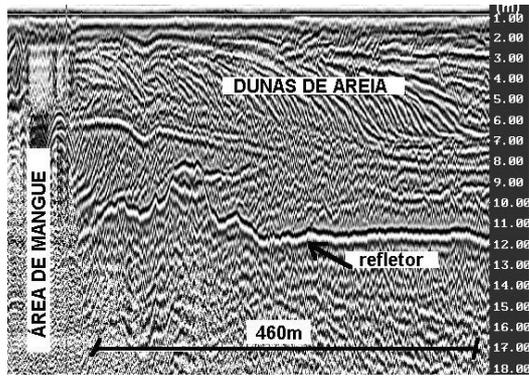


Figura 8 -Radargrama obtido com antena de 100MHz na região de Cananéia, litoral sul do Estado de São Paulo.

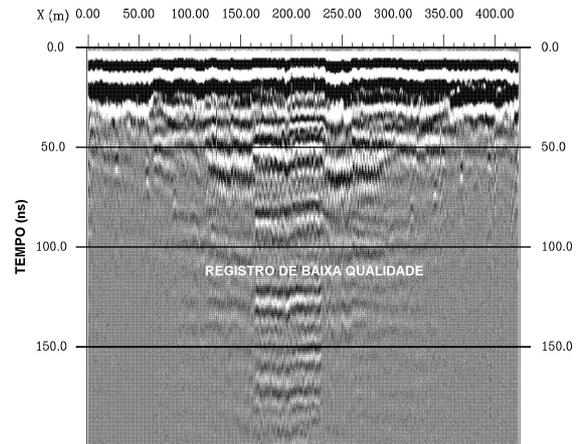


Figura 10 -Radargrama obtido em avenida da cidade de São Paulo, na tentativa de mapeamento das causas de infiltração de água em um túnel. Neste caso antenas blindadas poderiam fornecer resultados mais satisfatórios.