



Dimensionamento de galeria de águas pluviais com os métodos de eletrorresistividade 2D e de GPR

Márcio Máciel Cavalcanti (marciom.cavalcanti@hotmail.com – UnB); Welitom Rodrigues Borges (welitom@unb.br – IG/UnB); Luciano Soares da Cunha (lucianosc@unb.br – IG/UnB); Eduardo Xavier Seimetz (edu.seimetz@gmail.com – Mestrando em Geociências Aplicadas – IG/UnB); Pedro Vencovski Nogueira (pvcovxky@gmail.com – Discente de Geologia – IG/UnB).

Copyright 2010, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no IV Simpósio Brasileiro de Geofísica, Brasília, 14 a 17 de novembro de 2010. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do IV 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.

Resumo

O crescimento das antigas cidades apresenta problemas em localizar galerias de águas pluviais. O uso dos métodos geofísicos, não evasivos, apresenta boa aplicabilidade em localizar e dimensionar estas tubulações. Utilizou-se o arranjo dipolo-dipolo e GPR com antenas blindadas de 200 MHz e 400 MHz. Os resultados foram processados nos programas Res2div, versão 3.57 (eletrorresistividade) e REFLEXW® versão 5.5.1 (GPR). Os dados de eletrorresistividade mostram que os menores valores de resistividade ocorrem na área da tubulação de água pluvial. No processamento dos dados de GPR evidencia-se a eficiência na localização do topo e base da galeria.

Introdução

O presente estudo teve por objetivo a avaliação de métodos de eletrorresistividade 2D e *Ground Penetrating Radar* (GPR) na aplicabilidade de dimensionar estruturas enterradas para canalização de águas pluviais.

Nos processos de desenvolvimento das áreas urbanas antigas ocorre à dificuldade de determinar as redes de águas pluviais e de esgoto devido à perda/inexistência dos arquivos de cadastro. Conhecer as dimensões e a localização destas redes urbanas é de fundamental importância para a correta instalação de novas galerias que atendam as necessidades de ocupação urbana, devido ao aumento de áreas impermeabilizadas como o asfaltamento de ruas e avenidas. Esta problemática é rotina das companhias de água e esgoto na reestruturação dos canais de água pluvial tendo a busca das dimensões adequadas às galerias já existentes.

Para o levantamento deste estudo utilizou-se a galeria de águas pluviais, as margens do Lago Paranoá, dentro do Campus da Universidade de Brasília localizado no Distrito Federal. A área é destinada para prática de esportes náuticos e nas suas margens apresenta-se uma galeria de concreto amado, com 13 cm de espessura de parede lateral, 24 cm de espessura da parede superior e 300 cm de largura e altura (**Figura 1**). Desse modo a

galeria de água pluvial, presente no Campus universitário de Brasília, confirmará a aplicabilidade dos métodos elétricos (eletrorresistividade 2D) e do GPR na delimitação/identificação destas estruturas em subsuperfície.

Metodologia

A utilização de métodos geofísicos na identificação de estruturas geotécnicas subterrâneas já está consagrada em estudos de engenharia (Gallas, 2000).

Os métodos que apresentam a melhor eficácia na detecção de estruturas de concreto enterradas são os métodos da eletrorresistividade e o radar de penetração no solo.

O método da eletrorresistividade consiste basicamente em injetar correntes elétricas no solo e medir a diferença de potencial elétrico gerado pelo fluxo da corrente. De acordo com Dahlin e Zhou (2004), o arranjo dipolo-dipolo apresenta a melhor resolução no imageamento de estruturas pontuais presentes no subsolo.

Neste trabalho utilizou-se o equipamento multicanal Syscal Pro 72 (fabricado pela *Iris Instruments*), de propriedade do Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA/IG/UnB). Os eletrodos foram afixados no subsolo a cada 1 metro, obedecendo a distribuição de disposição de pontos do arranjo dipolo-dipolo. Foram usados 36 eletrodos de aço inox, e de acordo com a rotina de aquisição do equipamento (protocolo), foram investigados 37 níveis de profundidade, resultando na coleta de 756 pontos.

O GPR utiliza-se de ondas de rádio de alta frequência (10 a 2500 MHz) para estudos de estruturas subsuperficiais (Annan, 1992). Sua antena transmissora emite um pulso para o subsolo, onde este pulso é refletido, refratado e difratado para uma antena receptora. Este sinal recebido é então processado por meio de digitalização sendo possível a visualização de padrões de reflexão relacionados a objetos enterrados no subsolo. Sua aplicação é bastante utilizada em estudos geológicos, arqueológicos, ambientais e geotécnicos.

Na aquisição dos dados de GPR foi utilizado o SIR3000 (fabricado pela Geophysical Survey Systems Inc.), de propriedade do Laboratório de Geofísica de Prospecção e Sensoriamento Remoto (LGPSR/UFC). O perfil de afastamento constante foi adquirido transversalmente a galeria de escoamento de água pluvial, com antenas blindadas de 200 MHz e 400 MHz,

espaçamento entre os traços de 2,5cm e janela temporal de 150 ns.

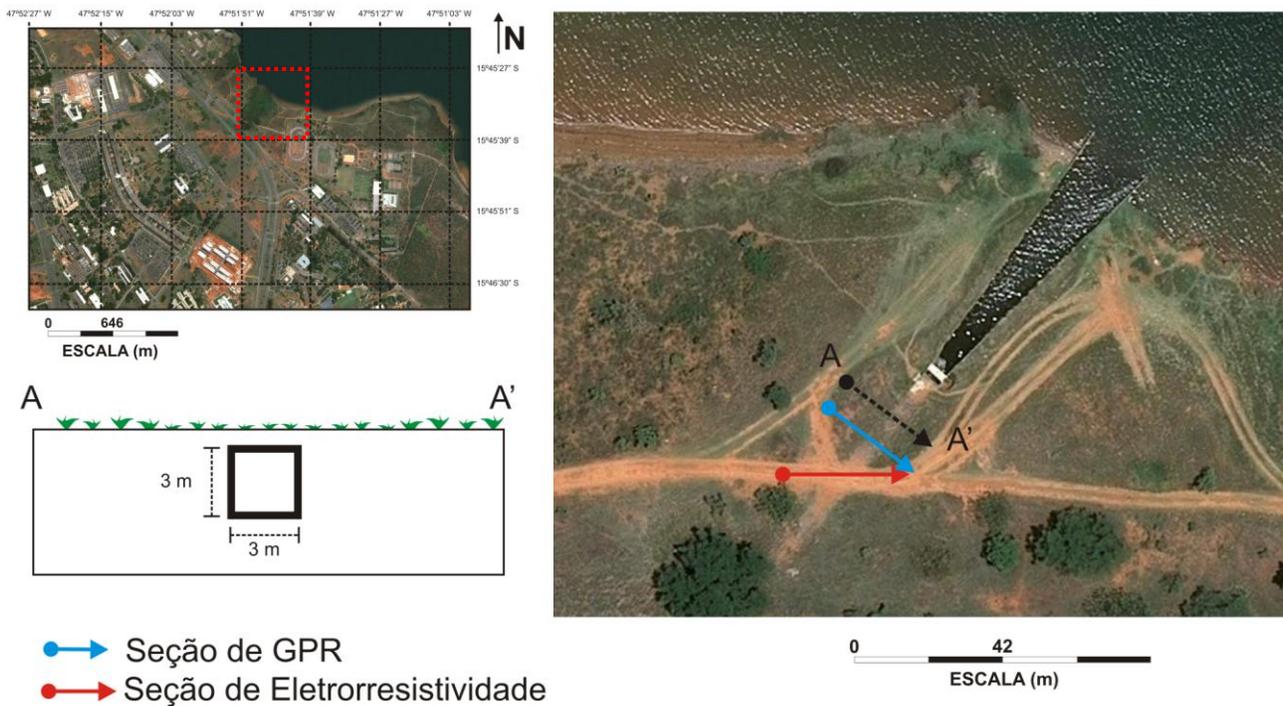


Figura 1 – Mapa de localização da área investigada com os métodos geofísicos e croqui esquemático da galeria de águas pluviais nas margens do Lago Paranoá, campus Darcy Ribeiro da UnB, Brasília/DF.

Resultados

A inversão dos dados de resistividade elétrica foi realizada no software Res2dinv, versão 3.57. A rotina de inversão utilizada foi a de contraste de suavização por mínimos quadrados (Sasaki, 1989), implementada no software. O método de otimização utilizado foi o Gauss-Newton que recalcula as derivadas parciais da matriz jacobiana para todas as iterações. Este método aumenta o tempo de processamento, entretanto, apresenta melhores resultados quando há contrastes elevados de resistividade, ou seja, é melhor para detectar alvos pontuais com resistividades distintas (Loke e Dahlin, 2002).

A Figura 2 mostra os resultados da tomografia elétrica obtida sobre a área investigada. Os resultados da inversão mostram que houve um ajuste com um grande erro (41,8%) entre a seção elétrica de campo (Figura 2a) e o dado sintético (Figura 2b). O modelo geoeletrico obtido (Figura 2c) mostra valores de resistividade elétrica entre 0,5 Ohm.m e 2500 Ohm.m.

No modelo geoeletrico (Figura 2c) notam-se regiões com resistividade maior que 50 Ohm.m e uma área anômala com resistividade inferior. Na área condutiva nota-se uma anomalia circular (posição 16 metros do modelo).

A seção de GPR foi processada no Módulo 2D do software REFLEXW® versão 5.5.1 (Sandmeier, 2010) e todas as etapas do processamento foram desenvolvidas de forma a destacar a anomalia alvo deste trabalho.

Inicialmente, o dado de campo foi filtrado (dewow), eliminando-se os ruídos eletrônicos e estáticos inerentes ao sistema. O processamento envolveu: a determinação da chegada da primeira onda (ajuste do tempo zero); aplicação de decaimento de energia; filtragens 1D (bandpass frequency), 2D (remoção do background) e conversão da escala de tempo para profundidade.

Para conversão dos perfis em profundidade foi realizado um ajuste hiperbólico de alguns pontos difratores encontrados ao longo do perfil. A velocidade obtida foi de 0,094 m/ns, utilizada na inversão dos dados (tempo para profundidade).

A Figura 3 é a seção de GPR após todas as etapas de processamento. Na mesma notam-se vários refletores subhorizontais de alta amplitude e alguns refletores hiperbólicos. Entre a posição de 10 m a 14 m ocorrem refletores horizontais de alta amplitude, de 0,5 m até a profundidade de 3,5 metros.

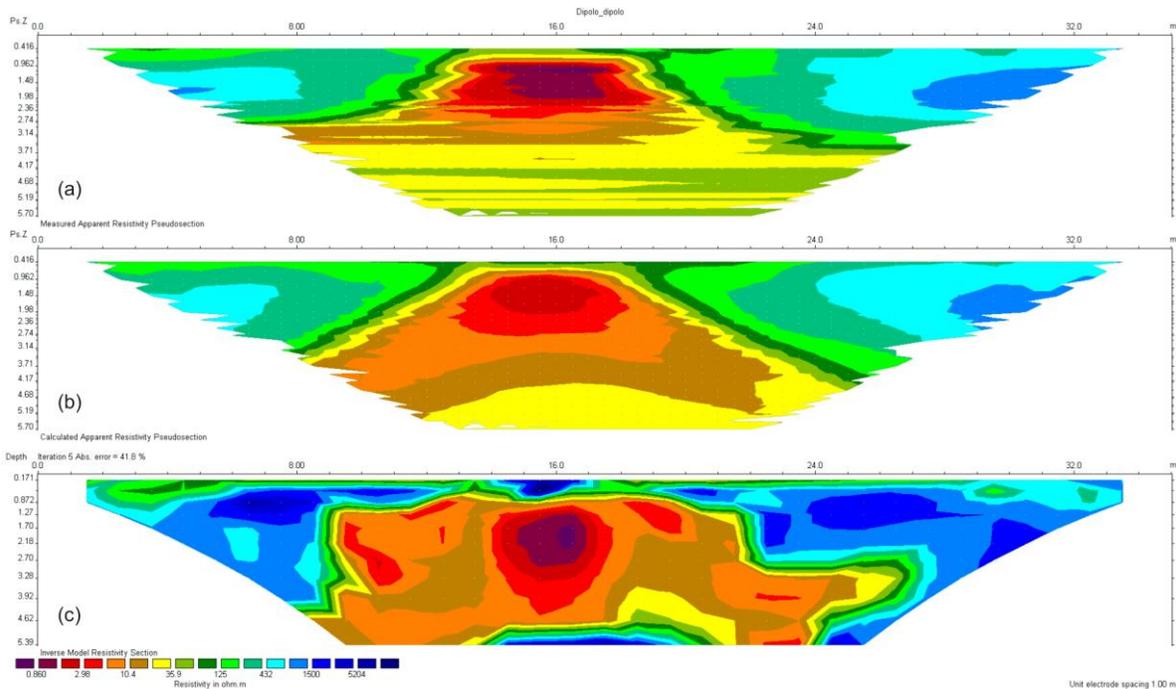


Figura 2 – Seções de eletrorresistividade sobre a área investigada. (a) Pseudo-seção de resistividade aparente dos dados de campo. (b) Dados sintéticos do ajuste do modelo. (c) Modelo de resistividade elétrica obtido após a inversão.

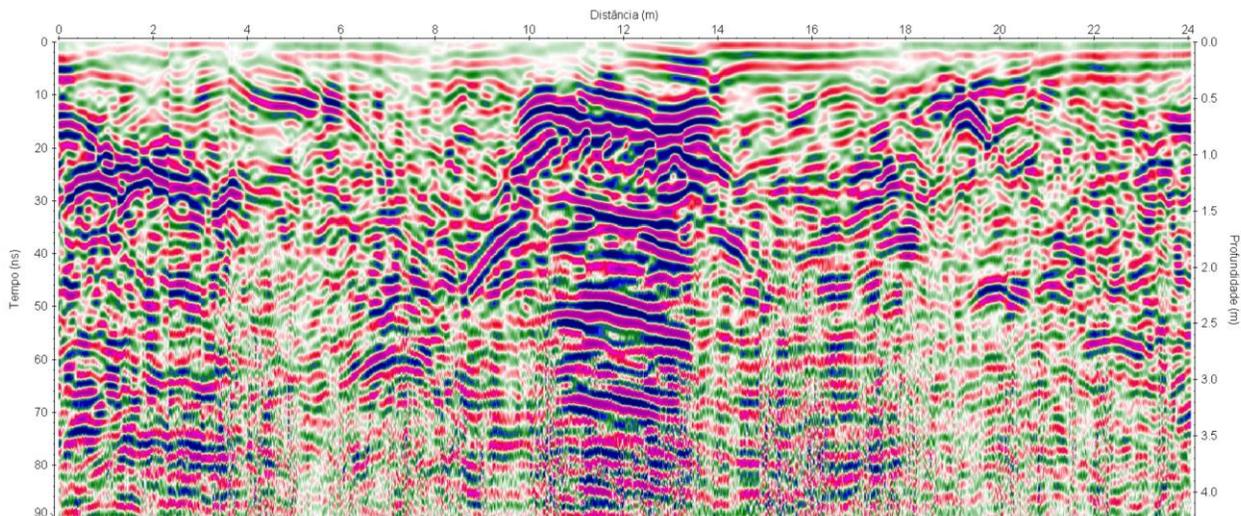


Figura 3 – Seção GPR obtida com a antena de 200 MHz na área investigada.

Discussão e Conclusões

Os resultados de eletrorresistividade mostram que os menores valores de resistividade elétrica (0.5 a 10 Ohm.m), obtidos em campo, ocorrem na área da tubulação de água pluvial. Este efeito é provocado pela armação de ferro presente no interior do concreto, fazendo com que o fluxo de corrente elétrica fosse maior do que nas demais áreas (Figura 4).

O resultado de GPR (Figura 4) mostra eficiência na localização da galeria pluvial, possibilitando a identificação do topo (T) e base da mesma (B). Notam-se também reflexões múltiplas (Figura 4) provenientes da reflexão da onda eletromagnética no topo da galeria (M1), bem como da reflexão secundária da base da galeria (RM1).

Apesar da localização e dimensionamento não muito precisos da galeria pluvial, nota-se uma boa coerência nas interpretações. Todavia, ressalta-se que estes

resultados só podem ser aplicados a estruturas geotécnicas presentes em baixas profundidades, pois o volume do objeto influenciará na resposta geofísica.

Agradecimentos

Ao doutorando Luis Anselmo do Curso de Engenharia Elétrica e ao técnico Péricles de Brito Macedo pelo auxílio na aquisição de dados em campo. Ao Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA/UnB) pela disponibilização dos equipamentos geofísicos.

Referências

ANNAN, A.P., 1992. Ground Penetrating Radar, Workshop Notes. Sensores e Software, Inc. Internal Report. pp.130.

DAHLIN, Torleif & Bing, ZHOU. 2004. A numerical comparison of 2D resistivity imaging with ten electrode arrays. *Geophysical Prospecting*. N° 52. pp.379-398.

GALLAS, José Domingos Franco, 2000. Principais métodos geoeletricos e suas aplicações em prospecção mineral, hidrogeologia, geologia de engenharia e geologia ambiental. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, SP.

LOKE M.H.; DAHLIN, T. 2002. A comparison of the Gauss-Newton and quasi-Newton methods in resistivity imaging inversion, *Journal of Applied Geophysics*, Vol. 49(3): 149-162.

SANDMEIER, K.J., 2006. REFLEXW Version 4.2, Windows 9x/2000/NT. Program for the processing of seismic, acoustic or electromagnetic reflection, refraction and transmission data. *Manual do Software*, Karlsruhe, Germany, 209p.

SASAKI, Y. 1989. Two-dimensionas joint inversion of magnetotelluric and dipole-dipole resistivity data. *Geophysics*, Vol. 54(2):254-254.

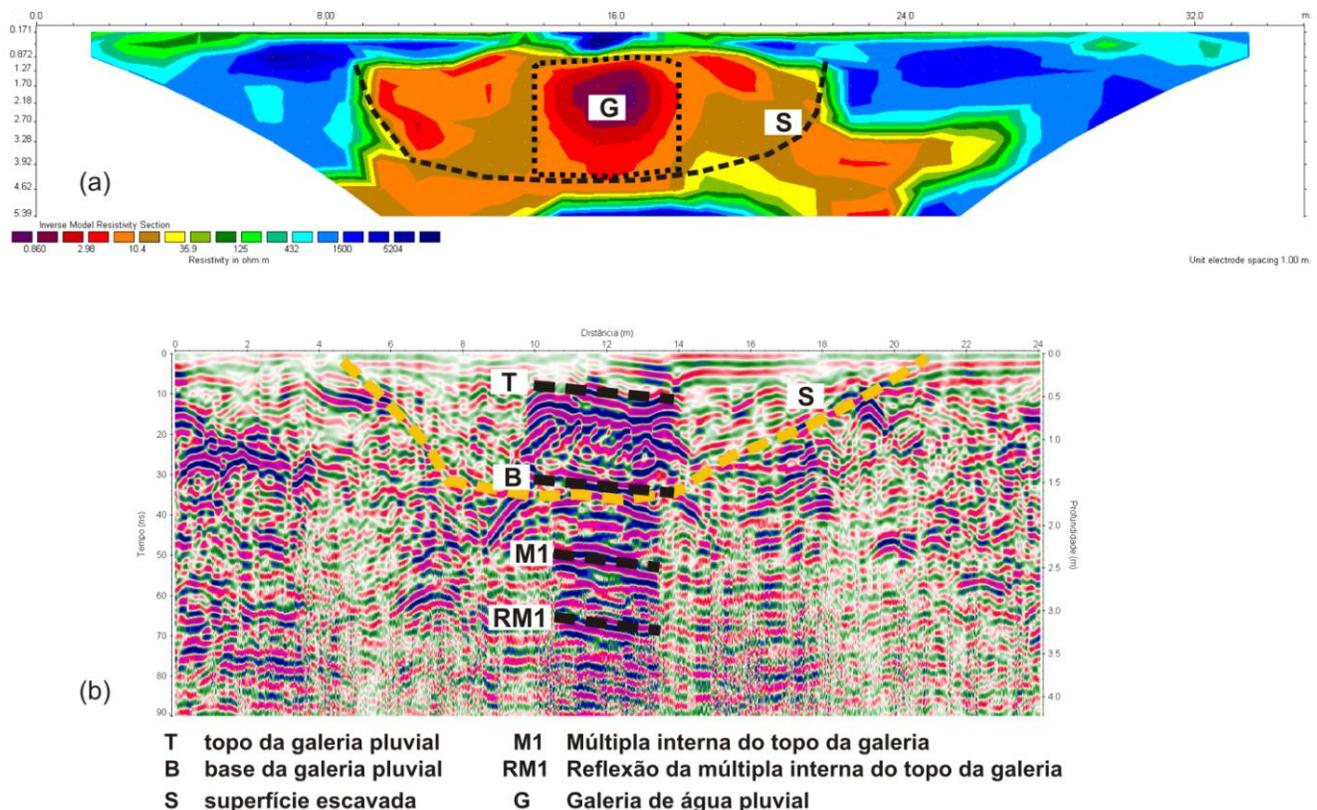


Figura 4 – Seções geofísicas com as interpretações sobrepostas. (a) Seção elétrica evidenciando as anomalias relacionadas a galeria de águas pluviais – G, e a superfície de escavação – S. (b) Seção GPR evidenciando o topo (T) e base (B) da galeria de águas pluviais, bem como das reflexões múltiplas, e a superfície de escavação (S).