

USO DO GEORADAR (GPR) NA DETECÇÃO DAS REDES SUBTERRÂNEAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CADASTRO GEORREFERENCIADO

SANTOS, Weldon Martins dos¹, MEDEIROS, N. G, F², PINTO, S.F¹, SCHMIDT, M. A. R¹.

¹Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

² Universidade Federal de Viçosa, Brasil

Comissão II - Geodésia, Astronomia, Topografia e Agrimensura

RESUMO

O radar de penetração no solo (GPR) é um método não-destrutivo geofísico que fornece imagens de alta resolução da subsuperfície da terra usando reflexões de onda eletromagnética em altas frequências. A técnica GPR também é usada para obter informações sobre infra-estrutura urbana, o que é útil para empresas que gerenciam o abastecimento de água, bem como outras áreas. O objetivo desta pesquisa é avaliar a aplicabilidade do GPR na detecção da rede de abastecimento de água subterrânea para se registrar com precisão adequada de acordo com a legislação técnica. Esta avaliação foi realizada na Avenida PH Rolfs, na cidade de Viçosa, MG, no Brasil, utilizando o GSSI 3000, com uma antena blindada com uma frequência central de 300 MHz. Os diagramas foram utilizados para verificar a profundidade, para distanciar a borda da rua e a extensão dos tubos em cada seção. A interpretação dos perfis GPR pelo radargram apresenta pequenas características hiperbólicas, que foi possível identificar a profundidade do solo inferior onde as redes de abastecimento de água são estabelecidas, a fim de georeferenciar um registro consistente.

Palavras chave: GPR, Redes de Abastecimento de Água, Detecção de Redes Subterrâneas com Uso de GPR (Ground Penetrating Radar).

ABSTRACT

Ground penetration radar (GPR) is a non-destructive geophysical method that provides high resolution images of the land subsurface using electromagnetic wave reflections at high frequencies. The GPR technique is also used to obtain information about urban infrastructure, which is useful for companies that manage water supply, as well as other areas. The objective of this research is to evaluate the applicability of GPR in detecting the groundwater supply network to register with adequate accuracy according to the technical legislation. This evaluation was performed at PH Rolfs Avenue, in the city of Viçosa, MG, Brazil, using the GSSI 3000, with a shielded antenna with a central frequency of 300 MHz. The diagrams were used to verify the depth, to distance the edge of the street and the extension of the tubes in each section. The interpretation of the GPR profiles by radargram presents small hyperbolic characteristics, that it was possible to identify the depth of the lower soil where the water supply networks are established, in order to georeference a consistent record.

Keywords: GPR, Water Supply Networks, Detection of Underground Networks using GPR (Ground Penetrating Radar)

1- INTRODUÇÃO

Com áreas densamente povoadas e crescimento populacional desordenado a rede de utilidade pública subterrânea para abastecimento de água do município de Viçosa - MG, vem-se deparando com características de grandes centros urbanos. Antes, quando o acesso a novas tecnologias era restrito e o custo muito elevado, para se construir ou mesmo dar manutenção necessária à rede de abastecimento, só restava à opção da técnica direta com aberturas de valas a céu aberto. Hoje porém, a tendência do emprego dessa técnica direta é ser

menos utilizado devido à disponibilidade de uso das tecnologias existentes. Dessa forma, é de grande importância o estudo com relação a novos métodos indiretos, usando geotecnologias, que possibilitem causar menos transtornos a população.

O GEORADAR é um instrumento de investigação do subsolo. Sua utilização para fins de cadastro vem complementar as técnicas tradicionais comumente utilizadas na localização e identificação das redes subterrânea de abastecimento de água, tornando-se assim um instrumento facilitador no

emprego do georreferenciamento visando um cadastro consistente.

A técnica, que se utiliza do equipamento GPR (*Ground Penetrating Radar*), teve seu início de aplicação no Brasil no começo da década de 90 para fins geológicos (Porsani, 1999). Em condições geológicas e geofísicas favoráveis, como, locais que possuam rochas com resistividades elétricas altas, o GPR tem se mostrado uma técnica realmente eficaz, como mostra o trabalho de Dourado *et al.* (2001).

Em locais onde as condições geológicas e ambientais são desfavoráveis ou seja, regiões que compreendam ambientes urbanos e/ou com solo argiloso de baixa resistividade elétrica (Prado, 2000), os ensaios com GPR podem apresentar resultados insatisfatórios e, deste modo, a interpretação deve ser muito cuidadosa e sempre que possível acompanhada de dados de outros ensaios geofísicos ou de investigação direta.

Uma das maiores dificuldades existente na avaliação de uma rede subterrânea para abastecimento de água em uso é o conhecimento da sua estrutura, a qual pode ser definida, de modo geral, pela localização e tipo de material que a compõe. Por exemplo, profundidade, afastamento do meio-fio, extensão da rede, se é de PVC, ferro galvanizado ou ferro fundido, sendo atualmente importante, até mesmo, saber que tipo de camada do solo que a rede está inserida.

Para auxiliar na determinação da rede subterrânea, existem técnicas não destrutivas que usam sondagens sísmicas e processos geofísicos de prospecção que permitem fazer um levantamento rigoroso das condições abaixo da superfície. Neste sentido, o equipamento GEORADAR tem sido utilizado de modo inovador na determinação das redes existentes, apontando um potencial de uso para a detecção dessas redes, bem como as anomalias envolventes.

A determinação de um cadastro bem estruturado das redes de abastecimento para água é um fator importante nas atividades de gerenciamento e desse serviço, possibilitando a tomada de decisões e os estudos de viabilidade técnica-econômica. Assim, as redes georreferenciadas adicionada em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), têm maior eficiência no gerenciamento.

Aplicando esse método não destrutivo, através da identificação das redes e camadas que a compõe, é possível conhecer sua estrutura, por exemplo, de fatores relacionados com os lençóis freáticos e umidade de equilíbrio, efeitos de vazamentos, ligações clandestinas de esgoto, eventuais deformações devida à camada de solo, entre outras. Tais informações são possíveis de serem identificadas com o emprego do GPR o que caracteriza uma ferramenta importante na rotina de inspeção e fiscalização das redes de abastecimento de água.

A utilização do GPR como método não-destrutivo de prospecção, gerenciamento e avaliação de redes subterrâneas para abastecimento de água, ainda é pouco difundida no Brasil.

2- OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa é avaliar a aplicabilidade do GPR na detecção da rede de abastecimento de água subterrânea para se registrar com precisão adequada de acordo com a legislação técnica. Tal rede foi materializada através de pontos na superfície do solo dentro das normas técnicas brasileiras para efetivo georreferenciamento.

3- MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio para realização deste trabalho foi efetuado na avenida PH Rolfs, nas proximidades das 4 Pilastras, entrada principal da UFV, Município de Viçosa – MG, como mostram as Figuras 1 e 2.



Fig. 1 – Local do trabalho

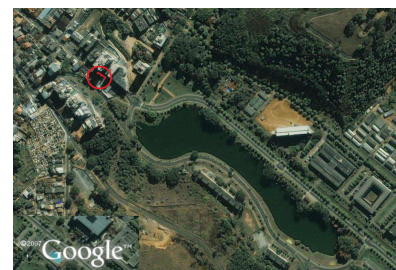


Fig. 2 : Imagem da localização da área ilustrando o trecho para o experimento.

Neste trabalho que visou a determinação da rede de abastecimento de água do município de ViçosaMG, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Aparelho GEORADAR de marca Terrasirch, modelo SIR-3000 da Universidade Federal de Viçosa.
- Antena transmissora/receptora de sinal eletromagnético com frequência central de 300 Mhz (Figura 3).



Figura 3: Antena 300MHz do aparelho GEORADAR

Par de receptores de sinal GPS, marca Ashtech modelo ProMARCK II, como ilustrado na Figura 4.



Figura 4: Receptor de sinal GPS.

A metodologia adotada estabelece os principais passos e parâmetros necessários para realização deste trabalho. O tipo do problema e o grau de precisão desejada são fatores que influenciam nas decisões inerentes às etapas futuras.

De maneira geral é difícil prever o sucesso de uma sondagem em vários dos métodos de exploração geológicos, incluindo GPR a esta regra. Assim, dizer se um GPR irá ser bem sucedido em uma exploração não é uma tarefa corriqueira. Por esse motivo, é muito importante definir o problema em questão com clareza antes de se começar a sondar.

O método mais utilizado é o de reflexão por produzir uma imagem do subsolo, sendo utilizado para localizar e identificar objetos enterrados no mesmo. Os outros dois métodos CMP (Ponto Médio Comum) ou WARR (Ângulo de Reflexão na Refração Larga) são usados para determinar a velocidade de propagação dos pulsos eletromagnéticos no meio. A escolha de um dos métodos é feita baseando-se nas necessidades do problema

Escolhido o método, deve-se iniciar a definição dos parâmetros envolvidos no procedimento. A configuração correta dos parâmetros leva a resultados mais precisos. Exemplo de parâmetros a serem configurados são a frequência de operação das

antenas, a janela de tempo entre os pulsos emitidos, o intervalo de amostragem dos pulsos refletidos, o espaçamento entre posições de coleta e a orientação das antenas.

Para coleta de dados Deve-se conduzir lentamente a antena, (transmissora e receptora) ao longo das áreas de interesse. A antena é ligada a uma unidade de controle, por um cabo coaxial, responsável por controlar todos os parâmetros de aquisição e armazenamentos dos dados. Os dados obtidos durante o levantamento são então armazenados na unidade central, que posteriormente são transferidos para um computador a fim de serem processados e interpretados

A decisão quanto a antena a ser utilizada apresenta-se em função das dimensões e das profundidades dos objetos refletores a serem estudados, bem como dos objetivos da investigação e dos parâmetros elétricos do terreno (condutividade elétrica e permeabilidade magnética

No processamento dos dados o objetivo é aumentar as chances de sucesso dos passos seguintes. Técnicas usadas nesse momento incluem ajuste de contraste, remoção de ruído, aplicação de filtros, dentre outras.

O processamento básico inclui a filtragem dos dados que é uma das mais simples, mas é a técnica mais potente para melhorar a razão sinal/ruído, permitindo delimitar uma banda de frequência atingível pela antena. A aplicação de acréscimo de amplitude (ganhos) no sinal tem como objetivo tentar equalizar todas as amplitudes de cada traço, a fim de compensar a atenuação sofrida pelo sinal à medida que se propaga em subsuperfície.

O processamento avançado inclui as etapas de migração e convolução. A migração é uma etapa importante no processamento dos dados, pois permite reconstruir uma imagem que melhor representa a subsuperfície. As reflexões podem ser recolocadas em suas verdadeiras posições espaciais; entretanto, o intérprete deve estar atento quanto às falsas reflexões criadas pela migração.

Para a análise dos dados verifica-se os dados afim de definir a localização e características dos objetos enterrados no solo.

Baseando-se nos dados analisados pode-se tirar uma conclusão do que foi mapeado pelo GPR, chegando-se a identificar o alvo e concluindo a hipótese.

Neste estudo, os dados foram adquiridos através de perfilagem contínua, com arranjo monoestático, ou seja, a mesma antena, de 300 MHz, possui a finalidade de transmissão e recepção das ondas eletromagnéticas. A fim de minimizar o efeito da divergência esférica, caracterizado pela atenuação das ondas no meio propagado, aplicou-se um acréscimo de amplitude (ganho) de sinal no aparelho, durante a aquisição, a

partir da análise da amplitude dos traços em função do tempo.

Para aquisição dos dados GPR, percorreu-se com o aparelho em velocidade constante em 4 faixas, sendo: 3 faixas em sentido transversal e uma em sentido longitudinal a rede (Figura 7), pois no local existe 2 redes com materiais e dimensões conhecidas.

A posição geográfica dos perfis rastreados foi referenciada a pontos notáveis (Estação PHR1 e PHR2) no próprio local a intervalos regulares previamente definidas, de tal forma que, sabendo-se a localização de início e fim de cada seção, é possível georreferenciar cada ponto levantado pelo GPR.

Para isso, utilizou-se GPR modelo GSSI, SIS 3000, com antena blindada na frequência central de 300 MHz. A escolha dessa antena foi feita em função da facilidade e rapidez de execução, além de ser adequada para atingir a profundidade de 1m na qual a tubulação de interesse está enterrada, afastada do meio-fio com 1,65m e com comprimento de 27,70m determinado no local.

A Figura 5 representa a direção percorrida com o GPR no sentidos transversal a tubulação.

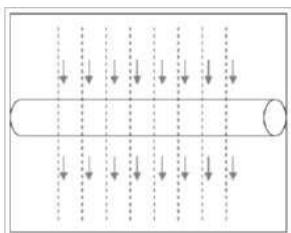


Figura 5: Direção transversal ao duto

A Figura 6 representa como se apresenta os radargramas relacionados a cada faixa em que o aparelho detecta as tubulações.

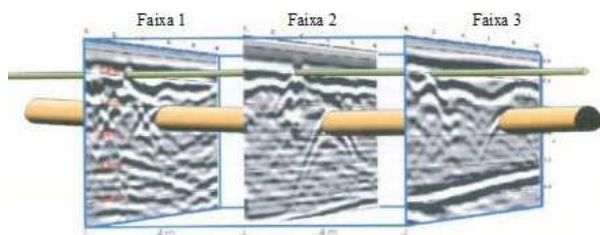


Figura 6: Ilustração de como os Radargramas apresenta-se em relação aos dutos.

Para o georreferenciamento do trabalho foi utilizado o método de posicionamento relativo estático, onde consiste no mínimo de dois receptores GPS, fazendo referência aos dados obtidos das estações de referência dos Sistemas de Controle Ativos (SCA), como por exemplo, da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC), VICO em Viçosa - MG.

Neste método a posição de um ponto é determinada em relação à de outro(s), cujas

coordenadas são conhecidas. As coordenadas do(s) ponto(s) conhecido(s) devem estar referenciadas ao WGS 84, ou a um sistema compatível, como o ITRF (International Terrestrial Reference Frame).

4 – RESULTADOS

Neste trabalho, a potencialidade do método GPR foi evidenciada, com relação a detecção das redes de abastecimento de água localizada em uma das principais avenida da cidade de Viçosa.

Os testes realizados através das modelagens com radargramas, foram representativos, pois nos revelou a existência de 2 redes de abastecimento em PVC a uma profundidade de 1m abaixo da superfície e afastamento do meio-fio de aproximadamente 1,65m e 2,20m representado na Figura 8 como T1 e T2 respectivamente. Tais resultados, eram esperado, pois o local já tem cadastro junto ao SAAE.

Um caso inusitado nos revelou a existência de mais 1 rede, também a 1m de profundidade com afastamento do meio-fio de aproximadamente 3,30m.

Esta rede não existe no cadastro, segundo o depoimento de funcionários mais antigos do SAAE, pode ser uma das primeiras redes de abastecimento de água, já desativada, da avenida PH Rolfs, pois a avenida foi se urbanizando a as redes acompanharam tais crescimento, mas sem um cadastro consistente.

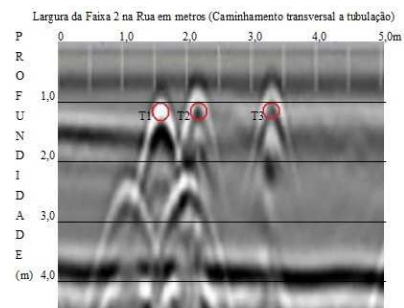


Figura 7: Ilustração do radargrama da Faixa 2, processado avançadamente.

Na Figura 7 é apresentado o resultado da simulação da Faixa 2, utilizando a antena de 300 MHz. Os vértices dos refletores hiperbólicos são interpretados como o topo da rede de abastecimento de água (tubulação), ou seja, interface superfície do solo/tubulação. A comprovação é realizada pelo cálculo do tempo de percurso da reflexão da onda na interface (expressão 18). Para a tubulação que está 1 m de profundidade, $t = 28,57$ ns. Este valor encontrado para todas as interfaces, superfície do solo/tubulação sendo condizentes com as respostas da simulação referente ao primeiro refletor hiperbólico da tubulação T1, que é a tubulação com dados previamente conhecidos.

Observa-se que os refletores da base são mais fortes que os do topo, e que a polaridade das reflexões na tubulação T1 preenchida com água está invertida em relação a tubulação vazia T2, devido aos contrastes negativos nas constantes dielétricas conforme o cálculo do coeficiente de reflexão. Além disso, os refletores menos acentuados (topo da tubulação) está relacionados a uma fraca impedância elétrica entre o solo argiloso, o PVC e o topo do tubo preenchido com água e uma elevada atenuação do sinal, visto que a condutividade elétrica do solo argiloso é maior que a da água.

Conforme é observado na Figura 7, a reflexão na base da tubulação não ocorre em sua profundidade verdadeira. Este fato deve-se a velocidade de propagação da onda eletromagnética dentro da tubulação que está vazia em T2, ou seja, a onda viaja com a velocidade da luz que é muito maior que a velocidade no solo argiloso (background). A velocidade de 0.07 m/ns foi utilizada na conversão do tempo em profundidade. Neste caso, observa-se que existe coerência apenas para o valor da profundidade referente ao topo da tubulação.

Portanto a base desta tubulação não pode ser identificada, e assim fica comprometida a identificação do diâmetro da rede. Para detectar o diâmetro tem que realizar um teste com uma antena com frequência menor, por exemplo 100MHz. Para evidenciar melhor este resultado, a rede que inusitadamente apareceu no processamento dos radargramas reforça tais conclusões. Pois, as características de T2 e T3 no radargrama são bem semelhante. E de acordo com depoimento de funcionários do SAAE as redes antigas desativadas são constituídas em PVC, com diâmetros de 40mm. Assim, de acordo com os dados cadastrais da rede T2, é possível afirmar que T3 possui as mesmas características.

As principais conclusões obtidas são as seguintes:

O equipamento GEORADAR com a antena de 300 MHz utilizado neste estudo permitiu obter imagens um pouco desfocada, mas o programa computacional com um processamento avançado permitiu aplicar filtros que melhoram a qualidade das imagens geradas, facilitando a interpretação dos radargramas;

Esta interpretação possibilitou a localização de dutos enterrados, através de feições parabólicas, mas por falta de experiência do operador a distinção do material e diâmetro do tubo não foram possíveis de realizar;

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o experimento, houve aquisição de dados GPR para a interpretação de perfis através de radargrama, em que foi possível identificar a profundidade do local em que a tubulação de PVC se encontra, através da presença de pequenas feições

hiperbólicas, já conhecidas em trabalhos de Silva et al. (2004), formadas pela difração das ondas eletromagnéticas nestes materiais.

Constata-se que o método utilizando o parêlo GEORADAR é viável de ser aplicado para detecção e interpretação de rede para abastecimento de água, desde que com bom planejamento para um levantamento em campo, com pleno conhecimento das suas potencialidades e limitações dentro das particularidades apresentadas pelas estruturas do local que compõem o sistema de redes, ajudando a aquisição de parâmetros suficientes para definir intervenção de restauração e direcionamento dos recursos disponíveis.

Como já citado, o uso do método GPR no Brasil, embora relativamente recente, tem sido foco de muitas pesquisas em várias áreas. Como método de exploração subsuperficial, não destrutivo, tem sua limitação na profundidade em torno de 10 m, o que não deve ser considerado ruim, visto que muitas anomalias são detectadas nessa faixa, tais como, água subterrânea, estruturas enterradas e construídas pelo homem, questões ligadas à poluição, etc. O mais importante é que em relação a outros métodos geofísicos os dados processados pelo GPR são de fácil visualização e, com uma boa experiência, pode-se interpretá-los com algum grau de certeza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

LOURADO, J.C.; MALAGUTTI FILHO, W.; BRAGA, A.C.O.; NAVA, N. Detecção de cavidades utilizando gravimetria, eletrorresistividade e GPR. Revista Brasileira de Geofísica, v. 19, n. 1, p. 19-32, 2001..

PORSANI, J.L. Ground Penetrating Radar (GPR): proposta metodológica de emprego em estudos geológicos-geotécnicos nas regiões de Rio Claro e Descalvado - SP. Rio Claro, 1999. 145 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

PRADO, R.L. A sísmica de reflexão rasa e o radar de penetração no solo na investigação geológico-geotécnica em ambientes urbanos. Um estudo na cidade de São Paulo - SP, Brasil. Rio Claro, 2000. 174 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista

SILVA, E.M.A.; ELIS, V.R.; BORGES, W.R.; PORSANI, J.L. & HODO, F.Y. 2004. Utilização de Tomografia Elétrica na Identificação de Tambores Metálicos Implantados na Área do Sítio Controlado de Geofísica Rasa do IAG/USP. In: Simpósio Brasileiro de Geofísica, I, São Paulo: SBGf.