



Comparação de dados GPR 2-D reais e sintéticos utilizando o Reflexw

Gerson Pompeu Pinto, pompeu@oi.com.br, Marcos Welby. C. Silva, welby@ufpa.br. CPGf-Ufpa.

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

In this work we simulated GPR 2-D data and compared them against real data, collected over well-known geological subsurface. The results of the modeling of two simple models of buried pipes were obtained using the Reflexw software, which uses a finite difference algorithm. After the processing of the data we noticed a good correlation between synthetic and real radargrams, mainly in that one with a buried metallic pipe. Our results show the importance of the employing the modeling before a field work because we can decide the correct antenna and profiling parameters to use.

Introdução

Os métodos geofísicos são técnicas indiretas de detecção de estruturas em subsuperfície, realizadas através da aquisição e interpretação de dados coletados normalmente na superfície do meio investigado, caracterizando-se como métodos não invasivos, ou seja, sem a necessidade de escavações para localização do alvo a ser investigado. Dentre as técnicas geofísicas, os métodos eletromagnéticos permitem avaliar as condições geológicas através dos contrastes das propriedades geoeletricas inerentes aos materiais da subsuperfície, tais como a condutividade elétrica, a permeabilidade magnética e a permissividade dielétrica. Uma das principais vantagens dos métodos eletromagnéticos é que o processo de indução não necessita de contato direto com o solo, como no caso dos métodos elétricos (TELFORD, 1990). Dentre os métodos eletromagnéticos utilizados para detectar alvos em profundidades pequenas (menos de 10 metros), destaca-se o Ground Penetrating Radar (GPR) ou radar de penetração no solo.

O método é uma técnica de investigação geofísica criada em 1904 pelo engenheiro Christian Hülsmeier (Reynolds, 1998). O GPR foi inicialmente desenvolvido para fins militares na segunda guerra mundial. Era usado para localizar minas enterradas no solo e galerias subterrâneas. Após anos de estudos e aprimoramentos dos equipamentos o GPR tornou-se um dos métodos mais eficazes para sondagens e investigações em pequenas profundidades. Hoje a técnica possui uma grande aplicação nos mais diversos campos científicos como geologia, geotecnia, estudos ambientais, engenharia e arqueologia.

Os dados de uma sondagem GPR podem ser simulados computacionalmente, seja através do desenvolvimento de algoritmos de modelagem numérica, seja usando-se os mais diversos softwares disponíveis no mercado, entre os quais podemos destacar: ProMax, GeoDepth, Gradix e Reflexw. As simulações de levantamentos geofísicos são de grande relevância para se reproduzir resultados que podem ser obtidos em uma situação concreta de campo, pois estes ajudam na escolha adequada dos parâmetros que serão utilizados durante a aquisição, tais como espaçamento fonte-receptor, frequência das antenas e localização dos perfis. Neste trabalho apresentamos perfis de dados GPR obtidos na presença de adutoras de água da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) e utilizamos o Reflexw para simular estes resultados.

Metodologia

O Radar de Penetração no Solo é fundamentado na propagação de ondas eletromagnéticas de altas frequências, na faixa de 10 MHz a 1 GHz (DAVIS; ANNAN, 1989). O sistema GPR é formado por um gerador de pulso eletromagnético (PEM), uma antena de emissão e outra de recepção – podendo ser uma única antena com as duas funções –, e uma unidade de controle para armazenamento de dados da sondagem. Quando um pulso eletromagnético (PEM) é emitido e atinge a interface geológica com propriedades eletromagnéticas diferentes, uma parcela da onda eletromagnética sofre reflexão e difração e a outra parcela continua propagando-se até ser completamente absorvida pelo meio. Parte da onda que foi refletida e difratada, em direção à superfície, é captada pela antena receptora (Figura 1). A antena receptora registra os sinais em uma escala vertical em função do tempo de propagação, armazenando estes sinais em pontos distintos da superfície e convertendo-os em energia elétrica a serem transmitidos para a unidade de controle, onde é amplificado e armazenado em uma unidade de processamento de dados, gerando uma sequência de traços ou “scans” (Figura 2). As profundidades de investigação e a resolução do método dependem das propriedades eletromagnéticas do meio geológico e do comprimento da onda eletromagnética que se propaga no terreno. O índice de percepção de objetos no solo está relacionando com o seu tamanho, a orientação em relação às antenas, ao contraste entre os meios, ao ruído associado à radiofrequência e outras interferências. A profundidade de investigação pode variar desde menos de um metro, em terrenos muito argilosos, a até quilômetros no gelo polar.

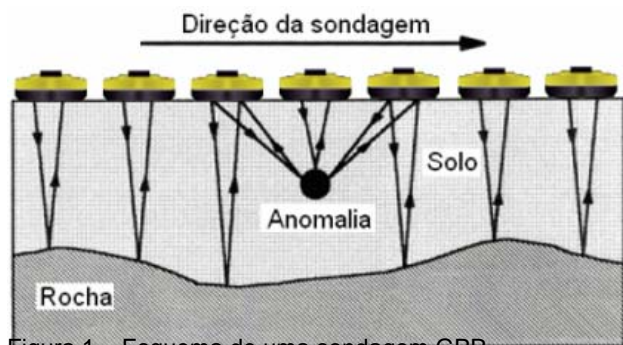


Figura 1 – Esquema de uma sondagem GPR.

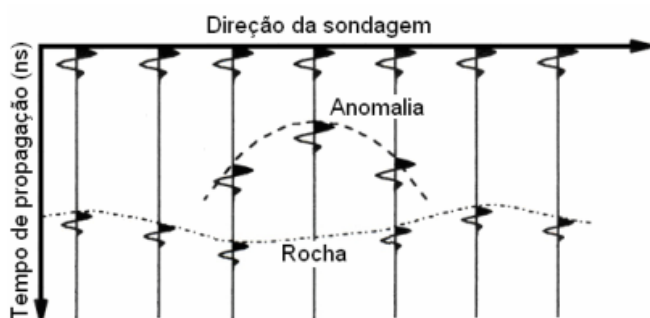


Figura 2 – Representação do sinal GPR.

O Reflexw

O Reflexw é uma nova versão Windows TM 9x/NT do programa REFLEX-DOS, pertencente à Faculdade de Geofísica da UFPA, utilizado para modelar, processar e interpretar dados GPR e dados Sísmicos (reflexão e refração), sendo constituído por 5 módulos:

I. Análise de dados 2D. As etapas de edição, processamento do sinal e apresentação das seções processadas são realizadas através deste módulo;

II. Análise de Velocidade CMP (Common Mid Point), permite a conversão do tempo em profundidade 1D através das velocidades;

III. Interpretação de dados 3D;

IV. Modelagem para a simulação 2D da propagação de ondas eletromagnéticas ou sísmicas baseado no Método das Diferenças Finitas; Além disso, inclui um algoritmo tomográfico;

V. Análise de tempo de percurso 2D, o qual permite analisar e interpretar as primeiras refrações sísmicas. Considerando os objetivos propostos nesse trabalho, os estudos foram concentrados no módulo de modelagem de dados 2D.

Aplicações

Como ilustração inicialmente propomos dois modelos geoeletricos de estruturas com propriedades conhecidas

a priori, em seguida é feita a modelagem utilizando o Reflexw e posteriormente a comparamos com os resultados obtidos nas sondagens realizadas em campo.

Modelo 1

O primeiro exemplo consiste em uma tubulação de 400 mm de concreto armado usada na drenagem de esgoto, portanto, vamos considerá-la cheia de água (Figura 3) e enterrada a uma profundidade de 60 cm.

As propriedades físicas dos materiais estão contidas na tabela 1 e os dados da geometria da tubulação são: diâmetro externo: 480 mm; diâmetro interno: 400 mm e espessura 40 mm.

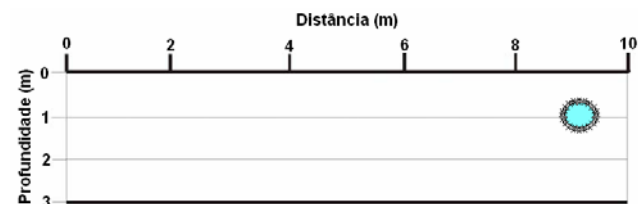


Figura 3 – Tubulação de concreto armado.

Para a tubulação em questão vamos considerar um perfil de 10 m e utilizar uma antena de 400 MHz.

Após inserirmos os dados no Reflexw, obtemos o radargrama da figura 4. Na figura 5 vemos a sondagem GPR obtida na situação que gerou este modelo. Comparando estes resultados podemos verificar que a simulação tem correspondência com os dados reais, mesmo quando o meio geológico apresenta pequenas heterogeneidades.

Modelo 2

Uma segunda aplicação consiste em uma adutora de 1500 mm de aço usada no transporte de água. Vamos considerá-la cheia de água (Figura 5) e enterrada a uma profundidade de 65 cm.

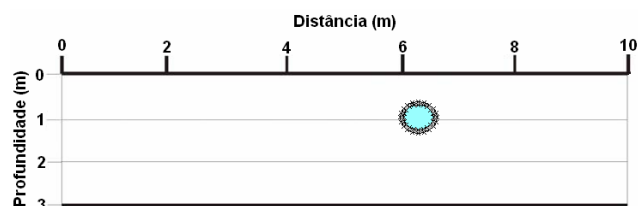


Figura 5 – Adutora de aço.

Adotaremos um perfil de 10 m com a utilização de uma antena de 400 MHz. As propriedades físicas dos materiais estão contidas na tabela 1 e os dados da geometria da tubulação são: diâmetro externo : 1528 mm; diâmetro interno : 1500 mm e espessura 14 mm.

Novamente de posse das características do modelo, usamos o Reflexw para obter o radargrama da figura 6. Ao compararmos este resultado com o dado real da figura 7 verificamos a maior amplitude do sinal em relação ao resultado anterior, devido ao material metálico do modelo.

Notamos também que no dado real há presença de hipérbolos devido às heterogeneidades do meio, mas em menores amplitudes.

Tabela 1 – Propriedades físicas observadas em materiais comuns para as frequências utilizadas no GPR (Annan, 1992; Daniels, 1996; Porsani, 1999).

Material	ϵ_r	μ_r	$\sigma(S/m)$
Solo argiloso	15	1	$5 \cdot 10^{-2}$
Concreto	5	1	0
Água fresca	81	1	$5 \cdot 10^{-4}$
Aço	1	1	$5 \cdot 10^6$

Conclusões

O módulo de simulação 2-D da propagação de ondas eletromagnéticas baseado no método das diferenças finitas do software REFLEX mostrou-se eficiente, pois as simulações realizadas através das modelagens numéricas GPR 2-D mostraram-se coerentes com os dados obtidos em campo. Estas simulações auxiliam na escolha dos melhores parâmetros a serem utilizados em uma aquisição de dados em campo tais como frequência, espaçamento fonte-receptor, características da antena, além de preparar o geofísico para os possíveis padrões de anomalias no radargrama. Uma próxima etapa para este trabalho será introduzir modelos geológicos mais realistas, com estruturas em subsuperfície complexas.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece ao Curso de Pós-graduação em Geofísica da UFPA e à José Joaquim Melo Rodrigues – Engenheiro chefe de manutenção da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA). O segundo autor agradece ao suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico através do Projeto CNPq 484669/2007-9.

Referências

- DANIELS, D.J.**, 1996. Surface penetrating radar. The Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom, 300p.
- DAVIS, J. L.; ANNAN, A. P.** Ground-penetrating radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical Prospecting*, v. 37, p. 531-551. 1989.
- ANNAN, A. P.** 1992. Ground Penetration Radar Workshop notes. Sensors & Software, Inc., Internal Report, 130p.
- PORSANI, J.L.**,1999a. Ground penetrating radar (GPR): Proposta metodológica de emprego em estudos geológico-geotécnicos nas regiões de Rio Claro e Descalvado – SP. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Campus de Rio Claro – SP. 145p.
- REYNOLDS, J. M.** (1998) - An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. John Willey & Sons.
- SANDMEIER, K.J.**, 2006. ReflexW Version 4.2. Program for processing of seismic, acoustic or electromagnetic reflection, refraction and transmission data. Manual do Software. Karlsruhe, Germany, 391p.
- TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E.**, 1990. Applied Geophysics. Second Edition, Cambridge University Press, United Kingdom, 770p.

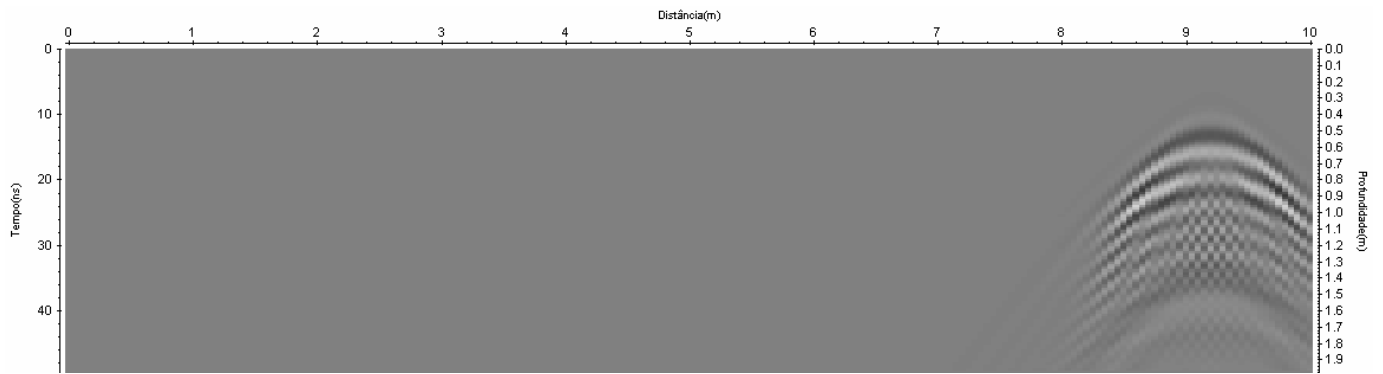


Figura 4 – Radargrama do modelo sintético de uma tubulação de concreto armado de 400 mm.

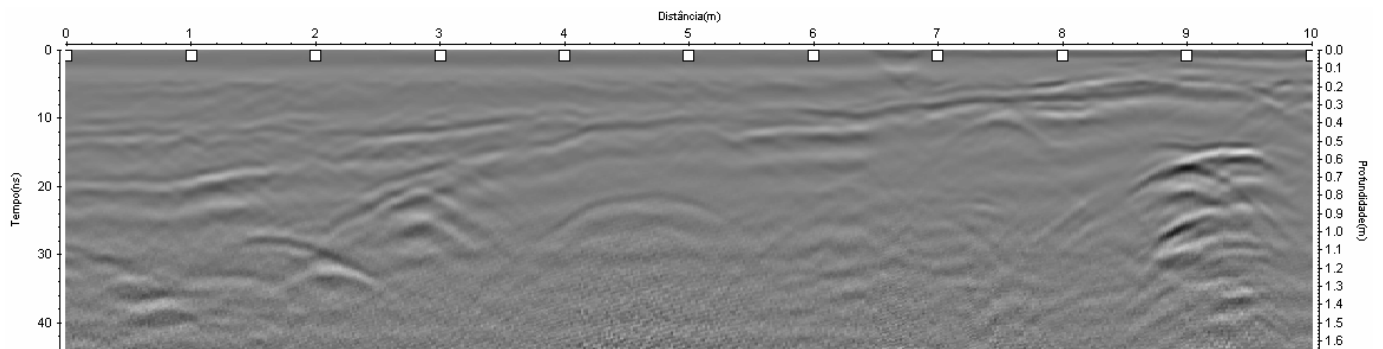


Figura 5 – Radargrama de uma tubulação de concreto armado de 400 mm, obtido em uma sondagem de campo.

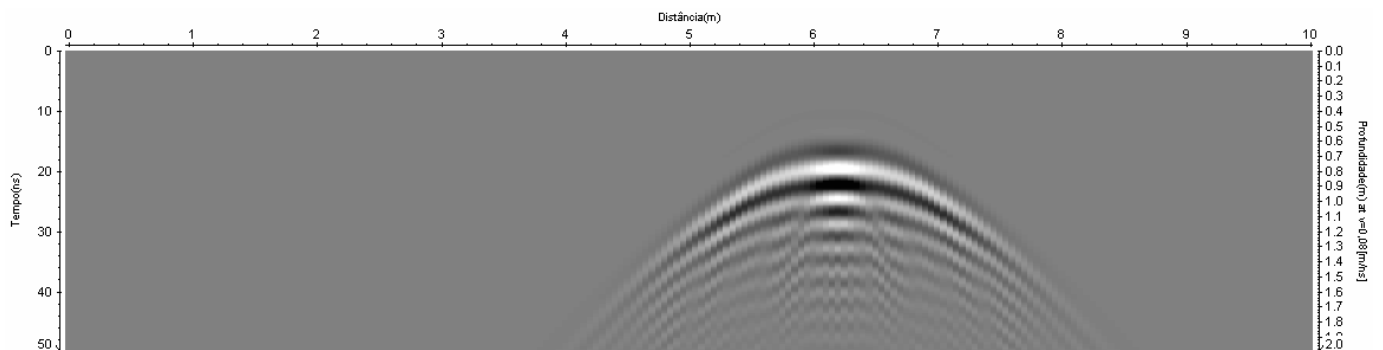


Figura 6 – Radargrama do modelo sintético de uma adutora de aço de 1500 mm.

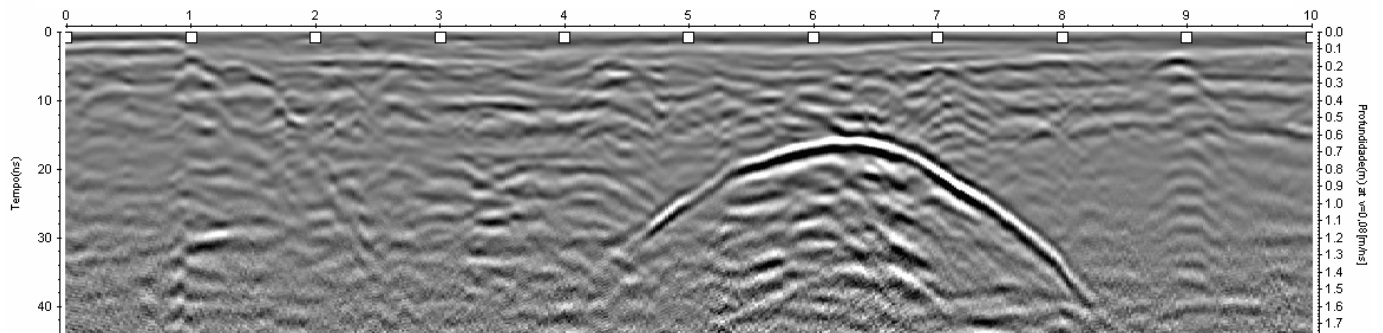


Figura 7 – Radargrama de uma adutora de aço de 1500 mm, obtido em uma sondagem de campo.