



# IMAGEMAMENTO DE GRÁBEN EM AFLORAMENTO NA BACIA DE RESENDE (RJ) ATRAVÉS DA TÉCNICA GPR

Gleide Alencar do Nascimento Dias<sup>1</sup> IGEO/UFRJ; Paula Lúcia da Rocha Ferrucio<sup>2</sup> IGEO/UNB

Copyright 2015, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 14<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 3-6, 2015.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 14<sup>th</sup> 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

This paper compares the results of processing of ground penetrating radar (GPR) data acquired in the common-mode offset (COS), with antennas of 50 and 100, was used this methodology to verify the reconstruction of imaging in a complex geological structure as an exposed in outcrop (graben which outcrops in the city of Resende (RJ - Brazil). It can be seen that both antennas made of a same depth imaging, being the attenuation factor of wave propagation the large amount of clay. The antenna 100 MHz showed better resolution.

## Introdução

Dados de GPR utilizados neste estudo foram obtidos através dos modos *common-offset* (COS) com antenas de 50 e 100 MHz em um afloramento localizado ao lado do sistema de comunicação Porto Real cujo acesso é feito pela rodovia Presidente Dutra (BR-116), na Bacia de Resende, Estado do Rio de Janeiro (Figura 1). Este afloramento foi selecionado devido às características estruturais na forma de um gráben, que é uma estrutura complexa.

Os dados foram processados em um programa para dados sísmicos (Vista<sup>®</sup> 2D/3D 4.00.), a fim de ser conhecer o processamento dos dados de GPR nesse programa. Os resultados das aplicações das diferentes antenas de GPR podem ser comparados de forma direta no afloramento servindo como uma constatação da adequação da técnica de GPR e a eficiência do programa Vista<sup>®</sup> 2D/3D 4.00.

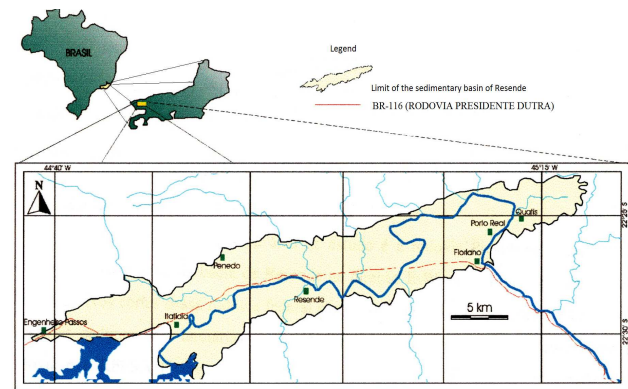


Figura 1 - Mapa mostrando o principal acesso ao afloramento estudado localizado entre a estação de Radio FM - Presidente Dutra (BR - 116) e município de RJ, Brasil.

## Geologia Local

A área selecionada para este estudo consiste em um afloramento composto por sedimentos da Bacia de Resende localizada na Faixa Ribeira, uma região que compreende um complexo cinturão de dobramentos e falhas de empurrão, gerados no Neoproterozóico/Cambriano, durante a Orogênese Brasileira/Pan-Africana (HEILBRON *et al.*, 1995)

Na Figura 2 pode ser visualizado o afloramento estudado que tem dimensões de aproximadamente 50 metros de comprimento por 8 metros de altura. O homem no topo do afloramento serve de escala. Um perfil estratigráfico é mostrado na Figura 3 (Araújo, 2003). Na área onde foram feitas as aquisições de dados de radar, foram observados depósitos Quaternários coluviais situados sobre as sucessões Terciárias. Estes são arenosos (variando a cor de castanho-escuro, amarelo, laranja e vermelho), relativamente espessos, marcados na base por linhas-de-pedra (*stone lines*), (Araújo, *op.cit.*). Segundo Ramos (2002) o afloramento é caracterizado pela associação de fácies 5 (sistema fluvial meandrante), com depósitos atribuídos à Formação Floriano e à Formação São Paulo.

## Metodologia

O método GPR consiste na geração de um pulso de energia eletromagnética de alta frequência, geralmente da ordem de 10 MHz a 2000 MHz, que é transmitido para o meio a ser investigado. Ao incidir em uma interface que separa meios com contrastes significativos de propriedades físicas (permissividade dielétrica, permeabilidade magnética e condutividade) o pulso é parcialmente refletido e retorna para a superfície onde é detectado e registrado. O alcance em profundidade e a resolução do GPR dependem da frequência da antena, e quanto maior for à quantidade de água contida no meio geológico menor é a velocidade de propagação da onda e quanto maior a quantidade de argila maior é a atenuação do sinal GPR (Slowik, 2012). Atualmente técnicas bem conhecidas de processamento de dados sísmicos vêm sendo utilizadas para melhorar a qualidade dos dados de GPR apresentado nas seções radargramas.

No método sísmico a reflexão da onda mecânica também ocorre em uma interface que separa meios com propriedades físicas diferentes (impedância acústica). Dessa forma a analogia cinemática entre os dois métodos (Sísmico e GPR) é evidente a transposição de técnicas de aquisição e a utilização de algoritmos de sísmica em dados de GPR (Dias, 2007). Por este motivo, foi possível a utilização do programa de processamento desenvolvida para dados sísmicos, Vista® 2D/3D 4.00.

## Aquisição e Processamento

O equipamento utilizado para a aquisição dos dados foi o PULSEEKKO RUN IV com 400 V de pulso. Os dados foram adquiridos no topo do afloramento na direção NW-SE em área completamente plana e sem vegetação. Todo os dados foram obtidos a 3 m da linha de corte do afloramento com configuração de fixo offset (PR-BD). Duas linhas de GPR com antenas de frequências de 50 e 100 MHz em mesmas coordenadas foram obtidas. As distancias entre as antenas foram de 1m e 0,5 m e o deslocamento ao longo do perfil foram de 0,5 e 0,25 respectivamente para as antenas com frequências de 50 e 100 MHz.

O primeiro passo no processamento dos dados com o programa GRADIX® (1996) foram as correções de time-zero e filtro *dewow*. Esses procedimentos foram usados para ajuste de dados no tempo zero e remoção do efeito *WOW*, caracterizado por altas amplitudes causadas pelo acoplamento indutivo entre as antenas

transmissoras e receptoras. Após esse procedimento os dados foram convertidos de \*.dt1 para a extensão \*.sgy, afim de serem processados em programa para dados de sísmica Vista® 2D/3D 4.00. Os dados ao serem lidos no outro programa foram automaticamente convertidos da escala do GPR para os da sísmica. Por exemplo, a frequência de 100 MHz passou para 100 Hz e o tempo de 100 ns passou para 100 ms. Os dados foram rebatidos para abaixo de zero ns onde se utilizou a correção *static shift* para o ajuste dos dados em 0 ns. Seguindo o processamento nos dados de 50 e 100 MHz foram utilizados: ganho de divergência esférica, filtro OrmsbyB (10-30-55-75 – antena de 50 MHz e 20-60-120-160 – antena de 100 MHz), deconvolução – antena de 50 MHz, ganho mean e filtro FKMig2D. A função de cada estágio é: a) ganho de divergência esférica – usado para sua aumentar a amplitude perdida devido a eventos de mudança de amplitude do sinal quando a onda se propaga na terra em raio (r); b) filtro OrmsbyB - Filtro de frequência, cujo espectro de amplitude é em forma de um trapézio, além de ser utilizado para eliminar frequências fora da faixa de interesse (Duarte, 1997); c) deconvolução Preditiva - usado para remover os efeitos de múltiplas presentes nos dados; d) ganho *mean* - usada para calcular a amplitude absoluta média de todos os traços, para melhorar a visualização cuidadosamente sem distorcer os dados; e) migração FK - converte os dados de tempo duplo em profundidade usando uma velocidade estabelecida e posiciona refletores inclinados e colapsa hipérboles. Na Figura

O uso do software Vista® 2D / 3D 4,00 é uma inovação no uso de dados de GPR, uma vez que o programa Vista nunca havia sido utilizado para esta finalidade.

## Resultados e Discussões

### Resultados COS em 50 MHz

Figura 4 mostra espectro de amplitude dos dados (a) não processados (b) processados. A Figura 4b mostra uma redução significativa da amplitude do sinal a partir de um máximo de 3.000.000 a cerca de 12 (os valores são divididos por 10000) como um resultado de normalização dos dados no algoritmo de processamento. A inclinação das rampas correspondentes aos valores escolhidos para o filtro OrmsbyB também são observadas. O resultado do processamento de dados que mostra o valor médio das amplitudes é concentrada a cerca de 50 MHz, que corresponde à frequência da antena utilizada na aquisição de dados GPR.

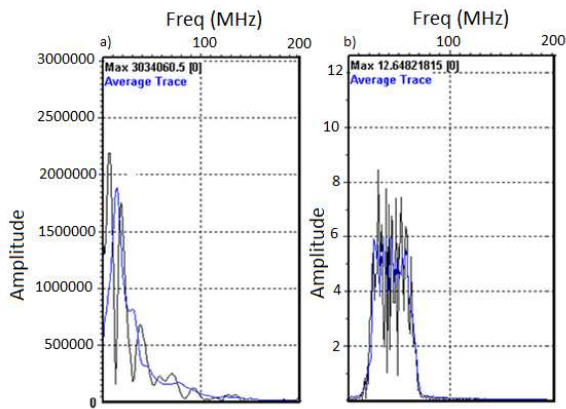


Figura 4 - Espectro de amplitude de dados para a antena de 50 MHz. a) dados brutos. b) dados processados. A linha azul é o sinal de média de todos os traços e a linha preta é o sinal de qualquer traço particular.

A Figura 5 mostra as seções de radar (a) sem e (b) com processamento para a aquisição com as antenas de 50 MHz. Seção (c) mostra com o uso de duas setas vermelhas (a 12 m e 35 m) as depressões dos dois refletores, indicando a presença de uma estrutura semelhante a gráben. A Figura 2 também mostra a presença de um gráben. A linha vermelha tracejada, a cerca de 5 m de profundidade, indica perda de resolução do sinal. As descontinuidades laterais dos refletores, devido à falta de contraste das propriedades elétricas de materiais, podem ser associadas com grandes falhas e fraturas que são reconhecidos pela quebra da projeção de um segmento linear, juntando-se o deslocamento de refletores

### Resultados COS em 100 MHz

A Figura 6 mostra o espectro de amplitude dos dados (a) sem e (b) com processamento para aquisição com antenas de 100 MHz. A Figura 6b mostra a redução significativa da amplitude do sinal a partir de um máximo de 1.400.000 a 400, como um resultado da normalização dos dados. A Figura 6b mostra também a inclinação das rampas correspondentes aos parâmetros escolhidos para o filtro. Os resultados dos dados processados mostram que o valor médio da amplitude não é concentrada a cerca de 100 MHz, o que corresponde à frequência utilizada na aquisição de dados. Isto pode ser devido a atenuação e dispersão da onda, como observado por Xu e McMechan (1997).

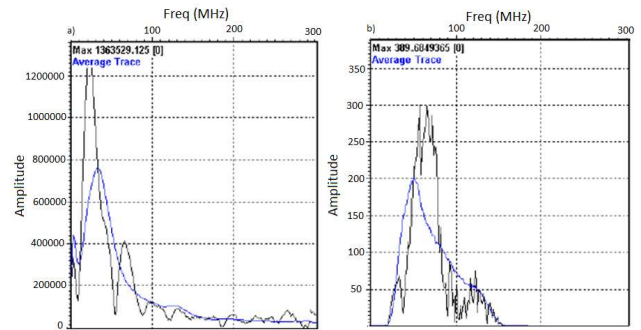


Figura 6 - Espectro de amplitude de aquisição de dados 100 MHz COS. (a) dados brutos (b) dados processados. A linha azul mostra o sinal da média de todos os traços e a linha preta é o sinal de um traço particular.

A Figura 7 mostra as seções radargramas dos dados (a) sem e (b) com processamento adquiridos com as antenas de 100 MHz. A Figura 7c mostra a interpretação dos dados Figura 7b, de modo a delimitar as características estruturais e de definir melhor os refletores. Novamente, pode observar-se a presença de uma estrutura semelhante à da Figura 5c, o que sugere a presença de um gráben (setas vermelhas) semelhante ao da Figura 2. A linha tracejada vermelha, a cerca de 5 m de profundidade, mostra a perda de sinal resolução. Em comparação com a Figura 5c, esta seção tem uma maior semelhança estrutural com a face exposta do afloramento

### Discussão e Conclusões

O resultado do processamento dos dados adquiridos COS com a antena 100 MHz exibe um maior número de características estruturais e melhor definição dos refletores em comparação com a antena 50 MHz. O programa de processamento de dados sísmicos apresentou fácil manipulação na construção do fluxograma e os resultados apresentaram a reconstrução do gráben exposto no afloramento sendo um indicativo para outros processamentos em dados de GPR.

### Agradecimentos

A Universidade Federal do Rio de Janeiro pelo apoio ao trabalho.

### Referências

ARAÚJO, Z. A. A 2003. Levantamento e processamento de dados de Radar de Penetração em Solo (GPR) em um afloramento na Bacia de Resende – RJ. Trabalho Final de Curso – Campo IV – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio

de Janeiro.

DIAS G. A. N. 2007. Modelagem e Imageamento dos Dados de GPR Adquiridos em Afloramentos Visando o

Estudo de Reservatório Petrolífero. 2013. 196f. Tese (Doutorado em Ciências - Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

DUARTE, O. O. 1997. Dicionário Enciclopédico Inglês-Português de Geologia e Geofísica.

GRADIX v1. 1996. Ground Penetrating Radar Processing and Interpretation. July 23. Copyright®, 1996 by Interpex Limited Golden, Colorado All Rights Reserved.

HEILBRON, M., VALERIANO, C M, ALMEIDA, JCA, TUPINANBA, M. 1995. A megasinforma do Paraíba do Sul e sua implicação na compartimentação tectônica do setor central da faixa ribeira in SBG/ Núcleo São Paulo, Simp. Geol. Sudeste, 2, SP, atas, 519-526.

SLOWIK M., 2012. Influence of measurement conditions on depth range and resolution of GPR images: The example of lowland valley alluvial fill (the Obra River, Poland) Journal of Applied Geophysics, 85, 1–14.

VISTA® 2D/3D 4.00.: <http://www.gedco.com>

XU,T., AND MCMECHAN,G. A., 1997. GPR attenuation and its numerical simulation in 2.5 dimensions: Geophysics, 62, 403–414.

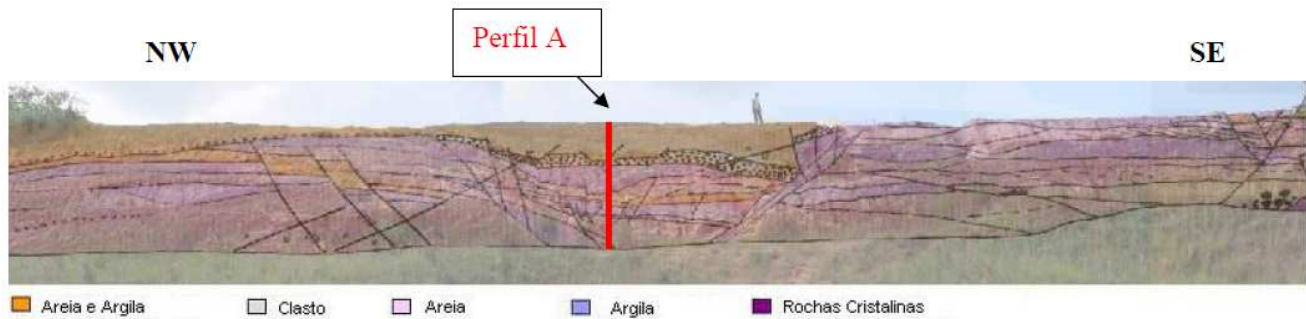


Figura 2 - Transformação em *overlay* do modelo geológico e estrutural de Ramos (2002), em superposição com a foto panorâmica do afloramento da Bc. de Resende.

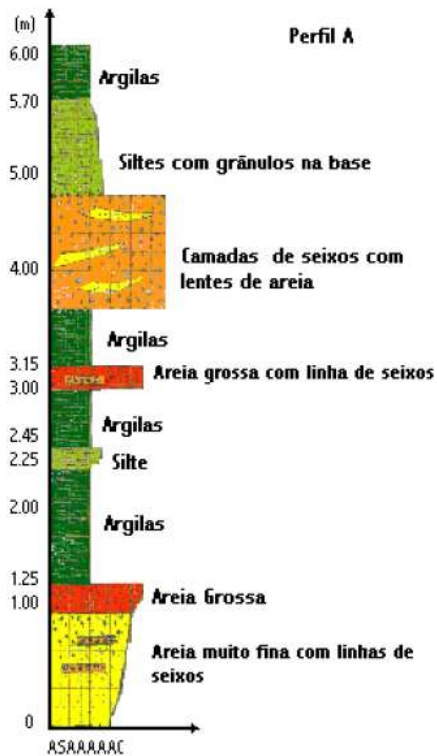


Figura 3 - Perfil estratigráfico feito no afloramento Rádio Agulhas Negras (ARAÚJO, 2003).



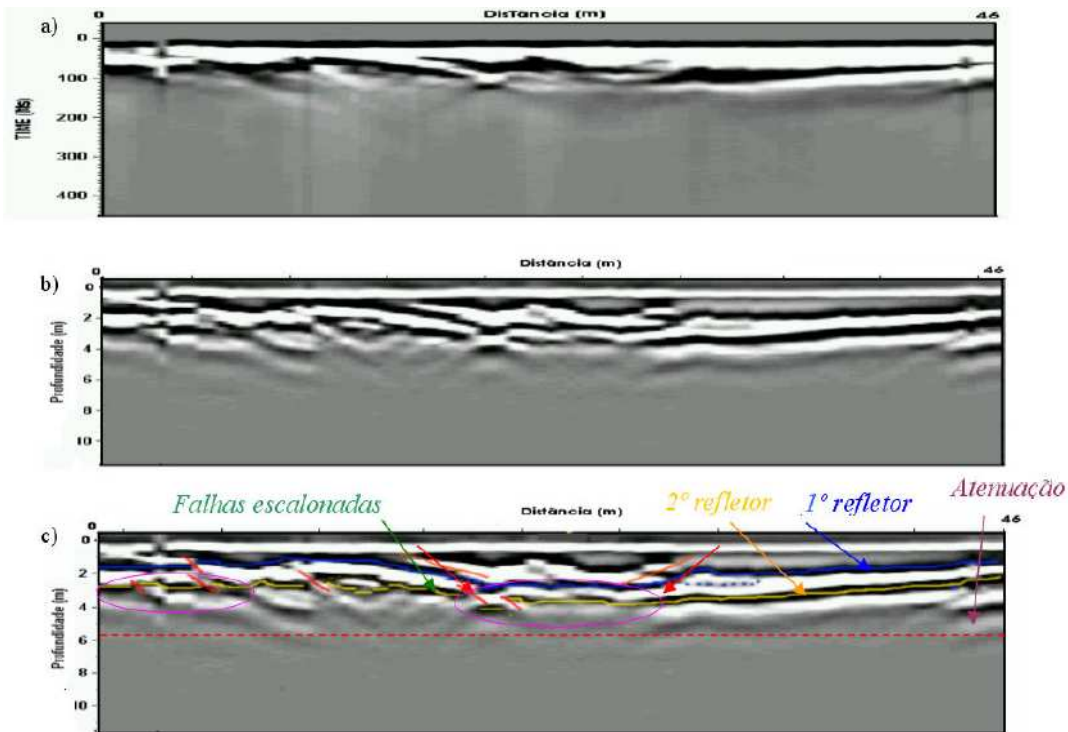


Figura 5 – Representação da seção radargrama em escala de cinza para o modo de aquisição COS com antena de 50 MHz. a) sem processamento. b) com processamento. Na seção processada (c) nas posições 12 m e 35 m (indicadas com a seta vermelha) são verificados os mergulhos dos refletores sugerindo a presença do gráben e abaixo de 5 m a perda de resolução dos sinais (indicado com tracejado vermelho).

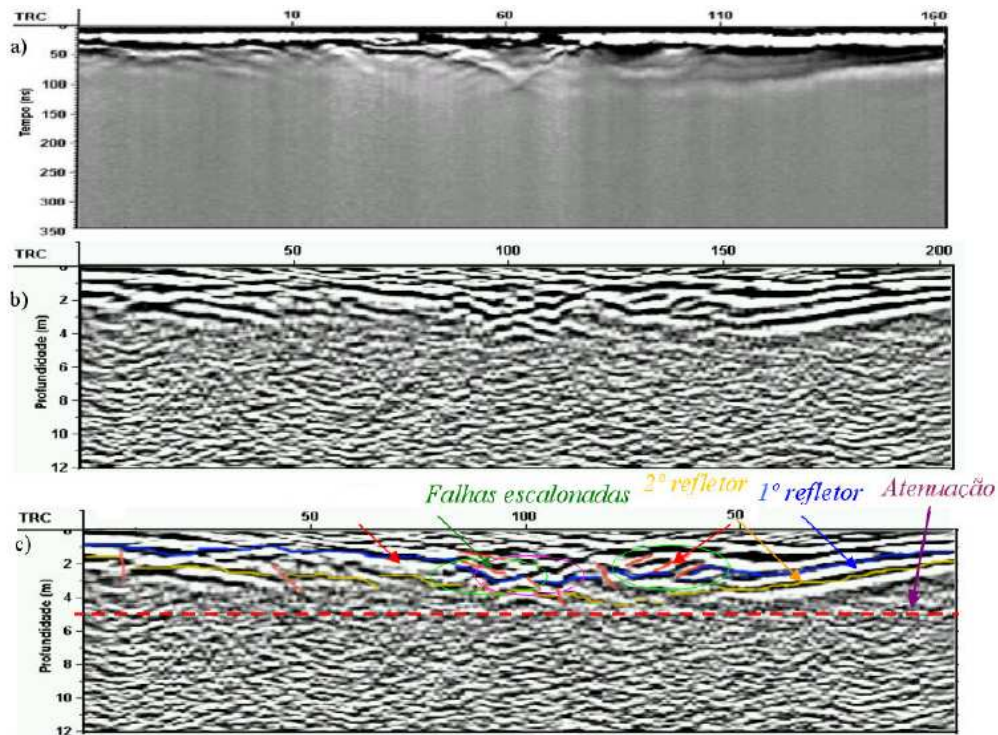


Figura 7 – Representação da seção radargrama em escala de cinza para o modo de aquisição COS com antena de 100 MHz. a) sem processamento. b) com processamento. Na seção processada (c) nas posições 12 m e 35 m (indicadas com a seta vermelha) são verificados os mergulhos dos refletores sugerindo a presença do gráben e abaixo de 5 m a perda de resolução dos sinais (indicado com tracejado vermelho).