



## ANAIS do 33º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Eldorado SP, 15-19 de julho de 2015 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 33º Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em [www.cavernas.org.br/33cbeanais.asp](http://www.cavernas.org.br/33cbeanais.asp)

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

SALOMÃO, M.; CINTRA, H.; FERREIRA, A.; LOPES, P.. Uso de radar de penetração no solo (GPR) na caracterização geofísica do quartzito da Caverna dos Coelhos, Parque Estadual do Ibitipoca, MG. In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. *Anais...* Campinas: SBE, 2015. p.623-626. Disponível em: [http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe\\_623-626.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe_623-626.pdf)>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.  
Consulte outras obras disponíveis em [www.cavernas.org.br](http://www.cavernas.org.br)

## USO DE RADAR DE PENETRAÇÃO NO SOLO (GPR) NA CARACTERIZAÇÃO GEOFÍSICA DO QUARTZITO DA CAVERNA DOS COELHOS, PARQUE ESTADUAL DO IBITIPOCA, MG

USE OF GROUND PENETRATING RADAR (GPR) ON GEOPHYSICAL CHARACTERIZATION OF  
QUARTZITE IN CAVERNA DOS COELHOS, IBITIPOCA PARK, MINAS GERAIS STATE

Marcelo SALOMÃO (2); Heitor CINTRA (1); Andrea FERREIRA (1); Pablo LOPES (1)

(1) Sociedade Carioca de Pesquisas Espeleológicas, Rio de Janeiro RJ.

(2) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro RJ.

Contatos: [salomao.mss@gmail.com](mailto:salomao.mss@gmail.com); [heitorcintra@gmail.com](mailto:heitorcintra@gmail.com); [aferreira.andrea@gmail.com](mailto:aferreira.andrea@gmail.com).

### Resumo

A integração de informações geológicas e geofísicas apresenta-se como uma importante estratégia de pesquisa em subsuperfície. Na investigação dos quartzitos do Parque Estadual de Ibitipoca, utilizou-se o método eletromagnético do Radar de Penetração no Solo (GPR). A propagação da onda eletromagnética em subsuperfície é função das propriedades permissividade elétrica, condutividade e permeabilidade magnética, que estão fortemente relacionadas à composição mineralógica e texturas das rochas. No estudo do perfil estratigráfico da Gruta dos Coelho, a integração geologia e GPR permitiu identificar quartzito com granulometria fina, foliado e rico em mica (muscovita) alternado com quartzito grosseiro e com textura mais homogênea.

**Palavras-Chave:** GPR; Investigação geológica; Geofísica; Cavidades naturais.

### Abstract

*The integration of geological and geophysical information is an important research strategy in subsurface. In the investigation of quartzites of Ibitipoca State Park, the electromagnetic method of Ground-Penetrating Radar (GPR) was utilized. The propagation of electromagnetic wave in subsurface is a function of the electrical permittivity, conductivity and magnetic permeability properties, which are strongly related to the mineralogical composition and rock textures. In the study of stratigraphic profile of Gruta dos Coelho, integrating geology and GPR has identified foliated quartzite with fine grain and mica (muscovite) alternated with coarse quartzite and more homogeneous texture.*

**Key-words:** GPR; Geological research; Geophysics; Natural cavities.

## 1. INTRODUÇÃO

O Parque Estadual de Ibitipoca-PEI corresponde a uma área protegida na serra da Mantiqueira, sob a gestão do Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais. Está localizado nos municípios de Lima Duarte e Santa Rita do Ibitipoca, possuindo 1.488 hectares distribuídos entre cotas de 800 a 1784 metros de altitude. Abriga um valioso acervo de 33 cavernas naturais, predominantemente em quartzitos, destacando-se a Gruta das Bromélias e do Martimiano II. Nos anos de 1994, a equipe da Sociedade Carioca de Espeleologia-SPEC realizou o mapeamento da Gruta das Bromélias, determinando uma extensão linear de 2.750 metros. O mesmo procedimento está sendo realizado para a Gruta do Martimiano II, em parceria da SPEC com a Sociedade Excursionista e Espeleológica-SEE. Resultados preliminares apontam uma extensão aproximada de 2.500 metros.

Com base neste parâmetro, estas duas grutas colocam-se entre os cinco maiores desenvolvimentos lineares do mundo, em quartzitos.

O mapeamento de cavernas e de seus condutos muitas vezes é dificultado pelo acesso ou por áreas inundadas no interior das cavidades naturais. Diante deste cenário, pode torna-se importante a utilização da Ciência Geofísica no levantamento das cavidades existentes. Dentre os recursos geofísicos, destaca-se o método denominado de Radar de Penetração no Solo (*Ground Penetrating Radar - GPR*). Este método utiliza ondas eletromagnéticas de alta frequência, que penetram em subsuperfície e identificam materiais (naturais ou não) com propriedades (permissividade elétrica, condutividade e permeabilidade magnética) distintas (JOL, 2008). Seu produto corresponde a uma seção geofísica

(perfil 2D) com as diferentes respostas eletromagnéticas dos materiais.

Este trabalho exhibe os resultados da integração do mapeamento geológico com a investigação geofísica desenvolvida na Gruta dos Coelho, caverna esta escolhida como área-piloto em função da facilidade de acesso e por já ter sido topografada e mapeada (158 metros em projeção horizontal), o que permitiu comparações com os resultados obtidos pelo GPR.

## 2. METODOLOGIA

As cavidades naturais do PEI estão abrigadas na Província Espeleológica Quartzítica Andrelândia (Correa Neto & Dutra, 1998), que reúne características geomorfológicas, estruturais e de ocupação espacial na rocha. Para atender aos objetivos deste trabalho, foram definidas três etapas de trabalho. A primeira, denominada de etapa pré-campo, baseou-se no levantamento das informações expeditas referentes à Geologia, Geomorfologia e topografia do Parque Estadual do Ibitipoca. Nesta etapa foram definidas as cavernas com potencialidade para serem áreas-piloto de estudo.

A segunda etapa correspondeu ao desenvolvimento das atividades de campo. Durante 3 dias foram visitadas as cavernas pré-selecionadas na etapa anterior, ou seja, a Gruta dos Coelho e do Martiniano II. Na visita técnica a estas cavernas foram observados os obstáculos para o levantamento geofísico, a topografia da superfície e as características geológicas. A análise integrada permitiu a escolha da Gruta dos Coelho como área-piloto.

No Parque Estadual do Ibitipoca, três grupos de cavernas foram especificados por Correia Neto, Anísio & Brandão (1993), de acordo com suas características morfológicas e controles geológicos. A Gruta dos Coelho está inserida no grupo 2, que engloba grutas com menor desenvolvimento linear, podendo chegar a poucas dezenas de metros. Suas cavidades possuem galerias levemente meandantes e inclinação aproximada de 5 graus. Seus condutos cilíndricos e ovais verticais são encontrados com frequência, com tetos dos salões na forma de domo e controle estratigráfico não evidente (Correa Neto & Dutra, 1998).

Para o levantamento através do GRP foram definidos três pontos *in loco*, ao longo de uma seção sobre a Gruta dos Coelho (Figura 1). As coordenadas destes pontos foram registradas com

aparelho GPS e materializadas em campo através de fita de demarcação de solo.



**Figura 1.** Localização do levantamento geofísico (GPR) sobre imagem de alta resolução do satélite Ikonos II (Google Earth Professional).

O levantamento geofísico foi realizado com equipamento produzido pela empresa sueca *MALA Geoscience*, com antena de 100 MHz (Figura 2). O espaçamento utilizado para as leituras foi de 1 metro, ao longo de 185 metros de extensão e as antenas foram dispostas perpendicularmente ao mergulho das camadas quartzíticas. A aquisição dos dados da leitura geofísica ocorreu através do *software GrounVision2*, da empresa *MALA Geoscience*, e foram armazenados em notebook conectado ao GPR. Ao final da aquisição, os resultados foram processados através do programa *Reflex2DQuick*, da empresa alemã *Sandmeier*.



**Figura 2.** Equipamento GPR utilizado na investigação geofísica.

A terceira etapa, denominada de pós-campo, integrou os resultados geofísicos com as informações geológicas e geomorfológicas expeditas e observadas em campo. As respostas das ondas eletromagnéticas foram correlacionadas aos

níveis quartzíticos e aos condutos e salões da Gruta dos Coelho. O produto foi o perfil geofísico 2D interpretado.

### 3. DISCUSSÃO E RESULTADOS

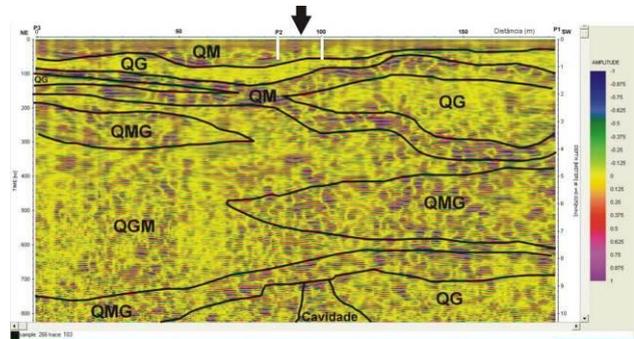
Durante as atividades de campo observou-se uma variação na composição dos quartzitos que compõem a Gruta dos Coelho, com espessura estratigráfica de 9 metros. O litotipo mais comum corresponde ao quartzito granular, grosso, com foliação discreta. Suas espessuras variam de alguns centímetros a 1 metro. O outro litotipo é o quartzito rico em mica (muscovita), bem foliado, com granulometria fina e espessuras de poucos centímetros. Os níveis de intemperismo são melhores evidenciados em seus domínios, gerando padrões de erosão "em degrau" ao longo dos afloramentos. Em partes da seção ocorrem intercalações centimétricas entre os níveis micáceo e grosso (Figura 3).



**Figura 3.** Identificação dos quartzitos no perfil estratigráfico da Gruta dos Coelho.

A integração das informações geológicas com os dados geofísicos permitiu identificar estes dois litotipos em subsuperfície. As respostas eletromagnéticas ao longo dos 185 metros de levantamento em subsuperfície refletem a composição mineralógica desta sequência quartzítica da Gruta dos Coelho. No quartzito grosso, o sinal eletromagnético exibe boa condutividade, gerando padrões de texturas bem definidas ao longo da seção GPR. Quando o sinal geofísico alcançou a interface com o quartzito micáceo, este impôs maior resistividade ao sinal eletromagnético, atenuando a penetração da onda eletromagnética e limitando a profundidade máxima de investigação em 10 metros (Figura 4). Entre 5 e 8 metros de profundidade há uma intercalação de quartzitos grosseiros e micáceos, com predomínio deste último, com resposta geofísica exibindo

texturas alternadas, descontínuas. A cavidade da Gruta dos Coelho mostra-se discreta, em função da atenuação do sinal eletromagnético a 9 metros de profundidade. A utilização de antena com maior frequência pode contribuir para uma melhor investigação.



**Figura 4.** Perfil GPR com a identificação dos quartzitos no perfil estratigráfico da Gruta dos Coelho. QM: quartzito micáceo; QG: quartzito grosso; QMG: alternância de quartzitos, com predomínio do micáceo; QGM: alternância de quartzitos, com predomínio do grosso. Cavidade da Gruta dos Coelho. A seta preta delimita o trecho do perfil ilustrado na Figura 3.

### 4. CONCLUSÕES

A presença de mica (muscovita) acarreta uma significativa atenuação no sinal eletromagnético, dificultando a penetração da onda em subsuperfície. As camadas de quartzito grosso, com boa condutividade elétrica, exibem padrão bem definido na seção GPR. Quando há a intercalação de quartzitos grosseiros e micáceos, o sinal apresenta um padrão de texturas alternadas, descontínuas. A cavidade da Gruta dos Coelho mostra-se discreta, em função da atenuação do sinal geofísico a 9 metros de profundidade.

Portanto, para investigações superiores a 10 metros de profundidade, recomenda-se o uso de antena com frequência de 250 Mhz, uma vez que há intensa atenuação do sinal eletromagnético pelas camadas quartzíticas ricas em mica.

O uso de métodos geofísicos constitui uma poderosa estratégia de investigação. A integração de informações geológicas com aquelas provenientes de levantamento GPR contribui para a caracterização e reconhecimento do substrato.

### AGRADECIMENTOS

Aos gestores do Parque Estadual de Ibitipoca, Sr. João Carlos Lima de Oliveira e Sra. Rosimeire Belcavelo, pelo interesse e incentivo constantes e

pelo apoio logístico disponibilizado em todas as atividades de campo. À Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ,

pela cessão do veículo e dos equipamentos para as atividades de campo.

## REFERÊNCIAS

- CORREA NETO, ANÍSIO, L.C.C. & BRANDÃO, C.P. Um endocarste quartzítico na serra do Ibitipoca, sudeste de Minas Gerais. 7º Simpósio de Geologia de Minas Gerais, **Boletim SBG Núcleo MG** no. 12, p.83-86, 1993.
- CORREA NETO, A.V. & DUTRA, G. A província espeleológica quartzítica Andrelândia, sudeste de Minas Gerais. **Anais do 24º Congresso Brasileiro de Espeleologia**, p.57-64. Ouro Preto: SBE/SEE, 1998.
- JOL, Harry M. (Ed.). **Ground Penetrating Radar: theory and applications**. Elsevier, 2008.