



Estudos de cavidades em arenito utilizando gravimetria e caminhamento elétrico

João Carlos Dourado*, Walter Malagutti Filho*, Antônio Celso de Oliveira Braga*, Vagner Roberto Elis*, Noedir Nava**

* Departamento de Geologia Aplicada – IGCE – UNESP – Rio Claro

** Mineração Jundu S.A.

RESUMO

Este trabalho mostra o resultado dos ensaios geofísicos realizados na Mineração Jundu, com o objetivo de detectar cavidades no interior do arenito. Os levantamentos de campo foram realizados em uma bancada onde, devido ao desmoronamento do teto, uma cavidade foi encontrada. No total foram levantadas 269 pontos gravimétricos em uma malha aproximada de 5 por 5 metros e aproximadamente 1400 metros lineares de perfis de resistividade elétrica utilizando-se da técnica de caminhamento elétrico com arranjo dipolo-dipolo, sendo que o espaçamento entre os dipolos foi de 5 metros.

No local onde se encontrava a cavidade os ensaios responderam coerentemente, isto é, o levantamento gravimétrico mostrou um baixo na anomalia Bouguer, enquanto que a resistividade elétrica mostrava um aumento de valores. Outra anomalia foi confirmada posteriormente onde anomalias geofísicas foram detectadas.

INTRODUÇÃO

Devido às múltiplas feições dos locais onde se localizam as cavidades, sejam elas de origem natural (carstícas, erosivas, etc..) ou construídas ou provocadas pelo homem (túneis, minas, etc...), não existe ainda uma "receita" de qual ou quais técnicas utilizar para determinado problema (Dourado, 1995).

A geofísica aplicada, que está experimentando um grande desenvolvimento em função dos avanços ocorridos nas áreas da eletrônica e processamento de dados, de certa maneira, sempre tem enfrentado este desafio.

Os parâmetros que mais afetam em um estudo desta natureza são: o contexto geológico onde se localizam as cavidades, a relação entre seu tamanho e a sua profundidade e o tipo e intensidade do ruído presente na área. Por exemplo, se uma técnica geofísica fornece bons resultados para estudo de uma determinado meio geológico em um ambiente rural, pode não fornece-los, quando utilizada no ambiente urbano devido à intensidade de ruídos.

Neste trabalho mostra-se os resultados dos levantamentos gravimétricos e dos ensaios de resistividade elétrica com a técnica de caminhamento elétrico, realizados na mineração Jundu, no município de Descalvado, SP. Estes ensaios tiveram como objetivo detectar cavidades existentes no interior do arenito, que em alguns locais chegam a causar dificuldades operacionais na extração da areia.

A GEOLOGIA E A OCORRÊNCIA DAS CAVIDADES

A mina de Areias Quartzosas da Mineração Jundu S.A., situa-se 5 km ao sul da cidade de Descalvado - São Paulo, próximo à borda leste da bacia sedimentar do Paraná.

Na área em estudo ocorrem as formações Pirambóia e Botucatu, que são as formações de onde são extraídas as areias. Sobre estas formações existe uma cobertura, provavelmente terciária, denominada de Formação Santa Rita do Passa Quatro. Há indícios da ocorrência de um sill de diabásio alojado nos arenitos da Fm Pirambóia, em cota inferior ao piso da mina, do qual partem alguns diques cortando os arenitos sobrejacentes, acompanhando pequenas falhas verticais existentes, possivelmente originadas pela intrusão do sill. Estas intrusões são de idade cretácica.

A lavra dos arenitos e dos sedimentos se dá a céu aberto em bancadas, que avançam pela encosta no sentido das cotas mais altas. Parte dos arenitos situa-se abaixo do nível freático local original e, para que a lavra dos mesmos fosse possível, gradativamente o N. A. foi sendo rebaixado, causando a depressão deste junto à base do talude da bancada inferior. (FIGURA 1)

Com este procedimento o gradiente do lençol freático aumentou, aumentando também a velocidade de escoamento da água subterrânea, onde a mesma aflora na nova superfície do terreno. Inicialmente a água aflora igualmente por toda a base do talude. Em seguida, em função da existência de pontos de maior permeabilidade, devido à granulometria do arenito ou à pequenos falhamentos, a água passa a aflorar preferencialmente por estes pontos de forma concentrada, originando nascentes. Estes fluxos de água passam a erodir o arenito que é friável iniciando o processo de formação das cavidades. Com a evolução deste processo as cavidades formadas podem aumentar bastante transformando-se em cavernas.

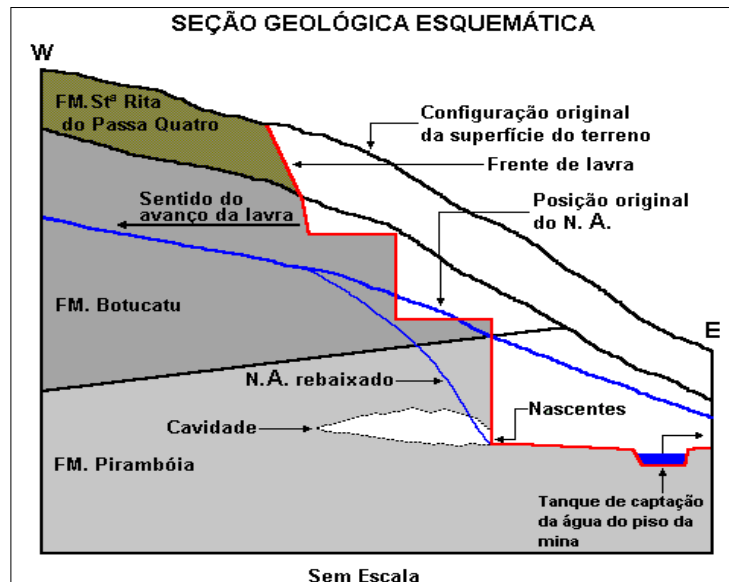


FIGURA 1 – Perfil esquemático da lavra da areia, mostrando o rebaixamento do N.A. e o surgimento de cavidade.

ENSAIOS GEOFÍSICOS

A escolha dos métodos gravimétrico e elétrico (resistividade) foi feita com base nos contrastes das propriedades físicas entre as cavidades e o arenito presente na área. A consulta a trabalhos anteriores como o de Hinze (1995) e de Ward (1995) também foram importantes na escolha destes métodos.

Os levantamentos geofísicos gravimétricos e de eletroresistividade foram realizados em uma bancada onde, devido ao desmoronamento do teto, uma cavidade foi encontrada. Esta cavidade era alongada, com direção quase perpendicular à bancada, e no local do desmoronamento possuía uma altura de cerca de 5 metros e 3 metros de largura.

Nesta bancada, foram locadas nove linhas paralelas, numeradas de L-1 a L-9, na direção NE e distanciadas 10 metros entre si e uma linha transversal denominada de LT-0. Estas linhas foram estaqueadas a cada 5 metros. A FIGURA 2 mostra a localização destas linhas.

Com o objetivo de cortar outras estruturas semelhantes àquela onde se encontra a cavidade, a linha L-4 foi estendida cerca de 260 metros após o final das outras linhas.

O levantamento gravimétrico foi realizado com um gravímetro Lacoste Romberg, modelo G, com precisão de 0,01 mGal. A metodologia de coleta de dados no campo foi desenvolvida para se executar um levantamento de detalhe, com leituras em um total de 269 estações, espaçadas entre de 5 metros ao longo das nove linhas paralelas mostradas na FIGURA 2.

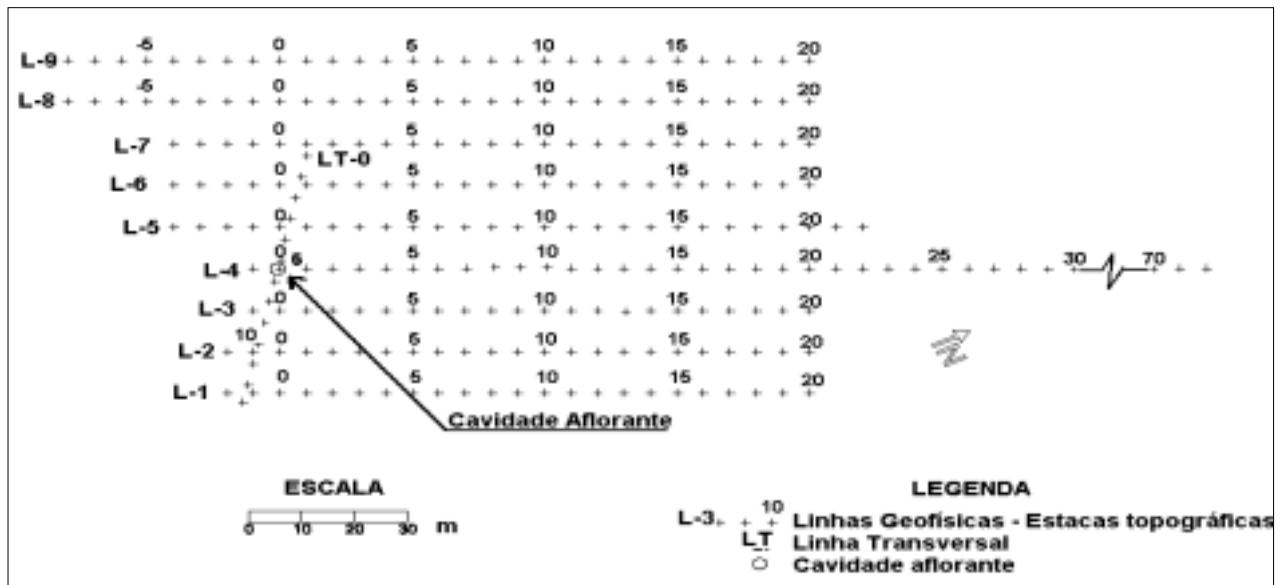


FIGURA 2 – Planta de localização dos ensaios Geofísicos.

O espaçamento de 5 metros entre as estações foi definido de acordo com a modelagem mostrada na FIGURA 3, de maneira a se obter com bastante precisão as variações laterais das cavidades.

O modelo, considerando uma densidade do arenito de $1,68 \text{ g/cm}^3$, apresentou uma anomalia em torno de $0,04 \text{ mGal}$, ou seja quatro vezes maior que a precisão de leitura do gravímetro, e que o comprimento da metade da anomalia ou seja $0,02 \text{ mGal}$ (o dobro da precisão de leitura) é da ordem de 5 metros, definindo assim o espaçamento entre as estações de medida.

Os valores de eletroressistividade do local de ensaios foram levantados através da técnica de caminhamento elétrico efetuada ao longo de 9 linhas paralelas e na linha transversal LT-0. O caminhamento elétrico foi executado utilizando-se o arranjo dipolo-dipolo, com espaçamento entre dipolos de cinco metros tendo sido amostrados sete níveis de investigação (com as respectivas profundidades teóricas de: 5,0 - 7,5 - 10,0 - 12,5 - 17,5 e 20,0 metros). O equipamento utilizado foi um resistivímetro digital da Bison

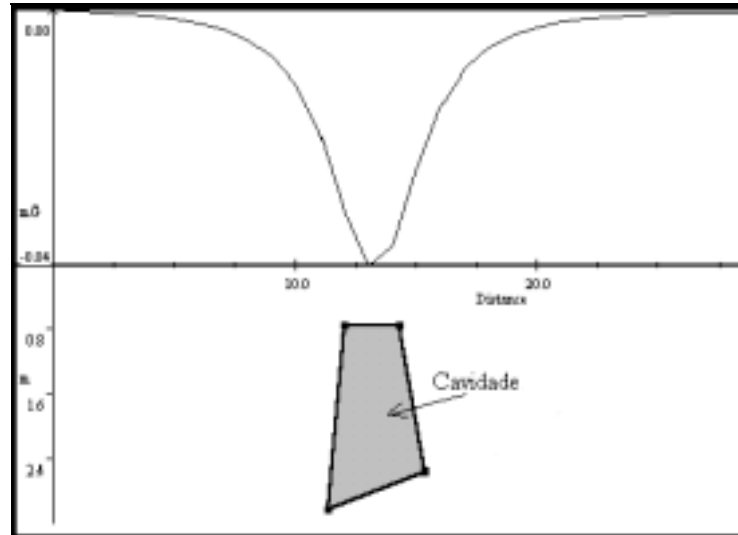


FIGURA 3– Curva de resposta obtida com o modelo de cavidade no arenito. Neste modelo a cavidade de formato trapezoidal está localizada a uma profundidade de 80 cm. E a densidade considerada para o arenito foi de $1,68 \text{ g/cm}^3$.

RESULTADOS OBTIDOS

Com os dados gravimétricos foi construído o Mapa dos Valores Bouguer determinados para a área ensaiada. Neste mapa, mostrado na FIGURA 4, os baixos gravimétricos estão em cores amareladas (tons claros) e os altos gravimétricos estão em cores avermelhadas (tons escuros).

Como as anomalias a serem detectadas eram muito próximas da superfície, optou-se por adotar um datum também superficial, como uma maneira de ressaltar estas anomalias. Desta maneira o datum escolhido foi a superfície do nível d'água, onde se esperava que estejam as bases das cavidades presentes. Portanto a densidade adotada para o cilindro utilizado na correção Bouguer foi $1,8 \text{ g/cm}^3$, que é a densidade do arenito.

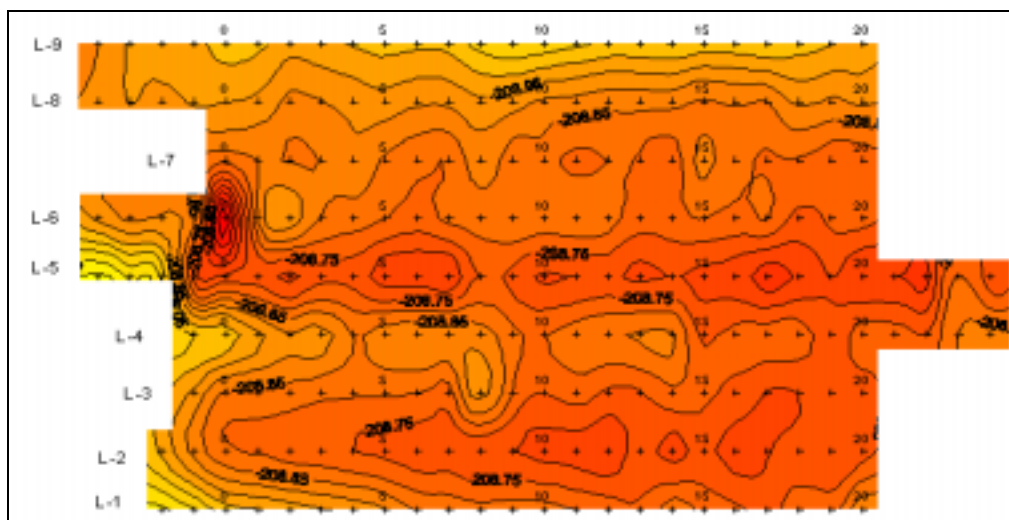


FIGURA 4 – Mapa iso-valores Bouguer.

Com dos dados de resistividade obtidos com o caminhamento elétrico foram inicialmente construídas as

pseudos seções ao longo dos perfis ensaiados. Destes perfis foram extraídos mapas com curvas de isovalores de resistividades para várias profundidades teóricas de investigação. Na FIGURA 5 é mostrado o mapa referente ao 5 nível de investigação, equivalente à profundidade teórica de 15 metros. Neste mapa as altas resistividades estão representadas pela cores amareladas (tons claros) e as baixas resistividades pelas cores avermelhadas (tons escuros).

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Analisando-se os mapas de valores Bouguer e de isovalores de resistividade verifica-se que, no local da cavidade aflorante, existe uma correlação bastante boa entre as anomalias esperadas e as obtidas. Pois como pode ser constatado no mapa de anomali Bouguer a ocorrência de um baixo gravimétrico nesta região, sendo portanto coerente com a indicação de um corpo menos denso. Com relação aos valores de resistividade, eles também indicam a presença da cavidade através dos valores de alta resistividade.

Outra constatação que pode ser feita, analisando-se os dois mapas conjuntamente, é a coincidência entre a localização de anomalias de alta resistividade com anomalias de baixo valores Bouguer. Estas áreas estão provavelmente lixiviadas pelo fluxo da água subterrânea, ao longo de direções preferenciais.

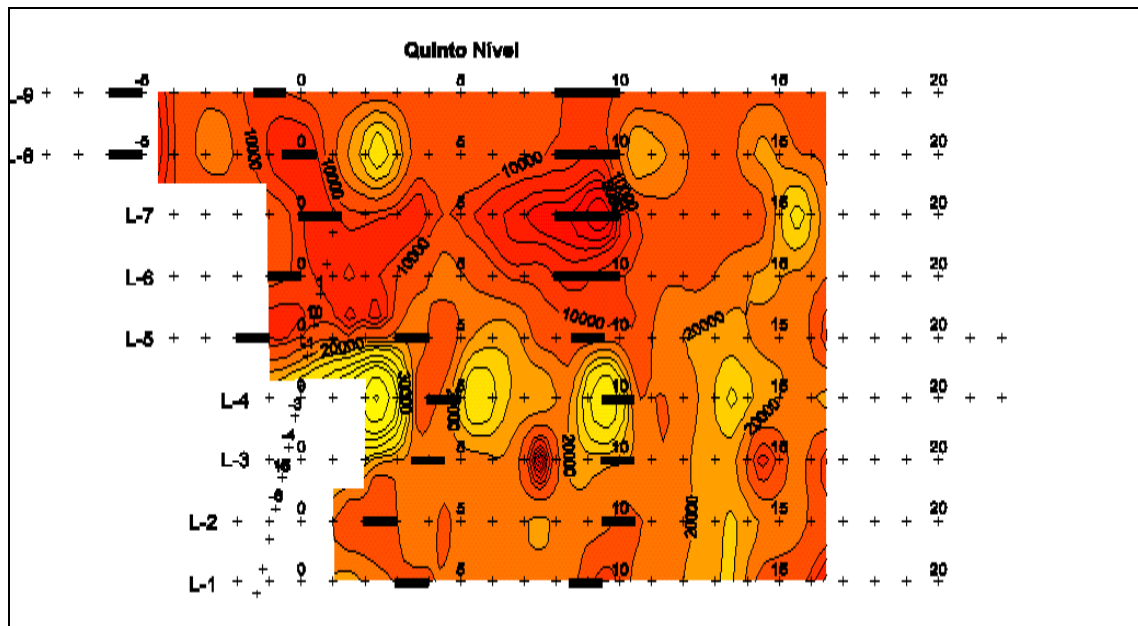


FIGURA 5 – Mapa de isovalores de resistividade para o quinto nível ensaiada, correspondente à profundidade teórica de investigação de 15 m.

No local da anomalia presente na linha 5, nas proximidades da estaca 3, no mapa de resistividade (FIGURA 5), foi encontrada uma cavidade, após o avanço da bancada.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho mostram que a gravimetria e o caminhamento elétrico com a técnica da resistividade são bastantes úteis na detecção de cavidades superficiais em arenitos.

Futuros estudos serão feitos na área testando outras técnicas geofísicas.

REFERÊNCIAS

- Dourado, J.C. (1995). *Métodos geofísicos aplicáveis a túneis urbanos*. Anais do Simpósio sobre Túneis Urbanos - TURB. ABGE-CBT. São Paulo, SP. pp. 33-41.
- Hinze, J. W. (1990) – *The role of gravity and magnetic methods in engineering and environmental studies*. Geotechnical and Environmental Geophysics. Series ins Geophysics N. 5. Ed. Stanley H. Ward - Tulsa - Society of Exploration Geophysicists - Vol I – Review and tutorial - pp 75-126.
- Ward S. H. (1990) – *Resistivity and Induced Polarization Methods*. Geotechnical and Environmental Geophysics. Series ins Geophysics N. 5. Ed. Stanley H. Ward - Tulsa - Society of Exploration Geophysicists - Vol I – Review and tutorial. - pp 147-185.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Mineração Jundu S. A. pela autorização para a publicação dos resultados.