



Mapeamento das estruturas usando Magnetometria e Sísmica de Refração na região de Tamoios, Cabo Frio-RJ.

Alan Freitas Machado¹, Miguel Ângelo Mane², Marco Antônio Rodrigues Ceia³, Sérgio Adriano Moura Oliveira³, Kassi Bragança Costa², Gabriela Machado², João Henrique Marques De Souza², Nydia Sipriano de Oliveira²

¹Instituto de Física/, ²Faculdade de Geologia/UERJ; ³UENF/LENEP

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no III Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 26 a 28 de novembro de 2008. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do III SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

Este trabalho integra métodos geofísicos com a finalidade de mapear as estruturas rasas objetivando a localização de aquíferos rasos na região de Tamoios – Cabo Frio – RJ. No método proposto foram desenvolvidos inicialmente estudos baseados em produtos de sensoriamento remoto para identificação de feições estruturais com probabilidade de armazenamento de água subterrânea.

Foram utilizadas fotografias aéreas para estudos de detalhe e imagens de alta resolução do LANDSAT-TM para estudos regionais. Durante o mapeamento geológico adquiriu-se medidas de feições estruturais. Aplicou-se o método geofísico em áreas previamente selecionadas. Após a aquisição dos dados iniciou-se a fase de processamento e integração dos resultados.

A geologia da área na maior parte estudada, os depósitos da Formação Barreiras encontram-se recobertos, em discordância, por sedimentos areno-argilosos, com grânulos, castanho-amarelados, delimitados na base por nível de cascalhos de quartzo e fragmentos de material ferruginizado – depósitos pós-Barreiras. A caracterização faciológica dos depósitos da Formação Barreiras aflorantes no Estado do Rio de Janeiro permitiu relacioná-los a um ambiente fluvial entrelaçado, com variações dentro deste modelo deposicional. Sendo assim, os depósitos estudados no setor Região dos Lagos indicam deposição em um ambiente fluvial entrelaçado dominado por cascalhos, com participação importante de fluxos gravitacionais, documentando uma situação mais proximal".

Introdução

A área de estudo situa-se no Parque Ecológico Municipal do Mico Leão Dourado, Distrito de Tamoios, Município de Cabo Frio, Rio de Janeiro (RJ) (Figura 1). Essa área constitui uma pequena região homogênea limitada entre o rio São João ao norte, o principal sistema fluvial da área e o Morro de São João que representa uma serra de pequeno porte e de extensão apreciável além de planícies que compõem a costa onde fica o parque. De acordo com a ReSub 2001, essa região perdeu as suas

características de zona rural (ainda há remanescentes das antigas atividades que aí se desenvolviam), podendo-se considerá-la hoje como de vocação mista, pois corresponde a área de expansão urbana com um processo de ocupação das áreas livres, particularmente nos locais mais próximos às rodovias e o desenvolvimento turístico com condições de impacto ambiental muito importantes.

Este trabalho esta inserido em uma etapa de campo iniciada em março de 2007 em um contexto de aplicação de diferentes metodologias de investigação geofísica.

Este projeto foi motivado pela grande demanda de água potável que a região apresenta em função da grande densidade ocupacional na área e tem como objetivo geral, a geração de informações técnicas que auxiliem a prefeitura municipal de Cabo Frio e aos órgãos do governo a utilizarem racionalmente os recursos hídricos subterrâneos para a pesquisa e o eventual abastecimento de comunidades urbanas e empreendimentos de melhoria junto ao Parque Ecológico Municipal do Mico Leão Dourado na região de Tamoios, distrito de Cabo Frio.

A parceria entre a prefeitura de Cabo Frio e a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), se insere no âmbito de formação de recursos humanos (estudantes do curso de geologia) e ao mesmo tempo na geração de informações, técnicas com ferramentas de investigação em sub-superfície de modo a contribuir para o banco de dados de recursos, em especial hídricos, da referida área.

Vale salientar que a área em torno do Parque Ecológico Municipal do Mico Leão Dourado, tem importância vital na preservação das espécies nativas, tanto de fauna quanto da flora nas diversidades biológicas da região, bem como o conhecimento do potencial e das variações do nível de água daquela localidade podem ter com diversos impactos oriundos de atividades antrópicas.

Áreas de preservação ambiental e parques ecológicos em particular, constituem sem dúvida o melhor espelho da luta pela preservação do nosso meio, a garantia de qualidade de vida e o resgate natural desses meios devido as degradações de toda a natureza que se instalaram ao longo dos anos nas regiões estratégicas ao turismo, urbanismo e instalação industrial.

Neste contexto, a água subterrânea desempenha um papel muitas vezes vital para a população do estado do Rio de Janeiro de modo geral, sendo que a sua escassez ou o aumento da exploração, é mais acentuada em regiões de urbanização crescente e desordenada, tais como a Região dos Lagos, Niterói e Baixada Fluminense.

Outro fator que ainda persiste, é com relação a atitude generalizada de subestimar os riscos de contaminação ou poluição das águas subterrâneas, o que justifica conhecer o substrato e a estrutura dos pacotes de sedimentos que podem conter aquíferos confinados. Todavia, não se pode ignorar a necessidade crescente de estudos relativos ao uso e proteção dos recursos hídricos como um fator de desenvolvimento sustentável das atividades humanas e da qualidade ambiental.

As águas subterrâneas são de fundamental importância para o município, principalmente nas áreas rurais onde o abastecimento ocorre em função da construção de poços tubulares e cacimbas. A importância do estudo hidrogeológico local é bastante significativa mediante a necessidade, disponibilidade e qualidade dessas águas. Sendo assim, as diferentes metodologias geofísicas serão importantes no mapeamento desse bem mineral.

Geologia da área

O litoral brasileiro começou a se formar há cerca de 150 milhões de anos com a reativação pós-paleozóica que acarretou a separação do supercontinente Gondwana acompanhada por eventos tectono-magmáticos, acarretados pela extrusão de magma alcalino, dando origem ao Oceano Atlântico e inúmeras bacias sedimentares. Este evento foi denominado reativação pós-paleozóica (ALMEIDA e CARNEIRO, 1987).

Os lineamentos estruturais predominantes, que além de condicionar a fragmentação da Gondwana se mantém impresso no relevo, possuem duas direções principais: direção denominada Brasileira (nordeste / sudeste) e a direção Caraíba (noroeste / sudeste) (TESSLER e GOYA, 2005). No registro mais completo da evolução das planícies costeiras foram identificados, a partir do fim do terciário, quatro ciclos transgressivo-regressivos (VILLWOOCK et al., 1986).

De acordo com TESSLER e GOYA (2005), Na maioria das planícies costeiras brasileiras, a Formação Barreiras e as unidades correlatas a esta formação são compostas por seqüências sedimentares com idades anteriores ao final do Terciário. Ao longo do Quaternário, dois ciclos transgressivos e regressivos modelaram as planícies costeiras brasileiras, consequência de oscilações relativas do nível do mar.

A denominação Barreiras vem sendo empregada com sentido estratigráfico desde Moraes Rêgo (1930 apud Batista, 1984), onde se descreve depósitos arenosos e argilosos, de cores variadas, com concreções ferruginosas, identificados nos baixos platôs amazônicos e nos tabuleiros da costa do norte, nordeste e leste brasileiro de idade desde o fim do Mesozóico até o início do Quaternário, sendo normalmente aceita entre o Mioceno - Plioceno a Pleistoceno (Brito et al. 1996). Através da caracterização faciológica realizada por Suguio e Nogueira (1999), buscou-se, além da interpretação paleoambiental desses depósitos, contribuir para o conhecimento do quadro estratigráfico do Cenozóico do Estado do Rio de Janeiro.

Conforme propôs Moraes et al (2006), de acordo com suas características semelhantes, as seqüências estratigráficas foram reunidas e definidas em três setores distintos: Norte Fluminense, Búzios e Região dos Lagos. Nestes setores foram reconhecidas três fácies de

cascalhos (Cch, Ccp e Cmm), três fácies arenosas (Aca, Ah, Am) e duas fácies lamosas (La1 e La2). Segundo a autora: "No setor...Região dos Lagos, ocorre o predomínio de fácies de cascalhos (fácies Cch e Ccp) intercaladas com sedimentos arenosos (fácies Am e Aca) e lamosas (fácies La1 e La2). A intercalação de fácies de cascalho, arenosas e lamosas indica ação conjunta de processos trativos de alta energia (fácies Cch, Ccp, Am e Aca) e de fluxos gravitacionais (La1 e La2), levando à interpretação de um modelo deposicional de ambiente fluvial entrelaçado dominado por cascalhos, com elevada contribuição de fluxos gravitacionais .

Na maior parte da área estudada, os depósitos da Formação Barreiras encontram-se recobertos, em discordância, por sedimentos areno-argilosos, com grânulos, castanho-amarelados, delimitados na base por nível de cascalhos de quartzo e fragmentos de material ferruginizado – depósitos pós-Barreiras.

A caracterização faciológica dos depósitos da Formação Barreiras aflorantes no Estado do Rio de Janeiro permitiu relacioná-los a um ambiente fluvial entrelaçado, com variações dentro deste modelo deposicional. Sendo assim, os depósitos estudados no setor Região dos Lagos indicam deposição em um ambiente fluvial entrelaçado dominado por cascalhos, com participação importante de fluxos gravitacionais, documentando uma situação mais proximal".

Metodologia

A magnetometria é o procedimento de medição do campo magnético da Terra, embasado na Teoria do Potencial. É a metodologia que auxilia na identificação de falhas, prospecção mineral, petróleo, água subterrânea, dentre outros. É um método de grande produtividade o que permite a cobertura rápida de áreas extensas.

Os mapas de anomalia magnética apresentam variações do campo magnético terrestre geradas a partir da variação petrológica da litosfera, ou seja, da constituição das rochas da superfície terrestre. A forma como esta anomalia se apresenta no mapa varia em função da profundidade, do tamanho, da forma e do que esta anomalia é composta. Por exemplo, rochas ígneas apresentam anomalias positivas, ou seja, são "magnéticas" enquanto as rochas sedimentares as apresentam na forma de anomalias negativas por possuírem minerais magnéticos em quantidades muito inferiores às quantidades apresentadas pelas rochas ígneas (USGS, 1997b). Neste trabalho apresentamos um perfil de campo total que serviu após uma modelagem direta, mostrar as estruturas em subsuperfície, como falhas e a topografia do embasamento.

Sísmica de reflexão é o principal método geofísico usado na prospecção de hidrocarbonetos por fornecer detalhes da estrutura da crosta bem como de propriedades físicas das camadas que a compõem. Neste método observa-se o comportamento das ondas sísmicas que, após penetrarem na crosta, são refletidas nos contatos das camadas com diferentes propriedades elásticas e retornam à superfície onde são detectadas

por sensores (geofones ou hidrofones). Os dados registrados são processados em computador para obtenção de uma seção sísmica com uma escala horizontal que indica o comprimento e uma escala vertical em tempo ou em profundidade. Como são duas dimensões, este método é conhecido como sísmica 2D. Se a distância entre as linhas for pequena (entre 300 e 600 metros) assim como a distância entre a fonte e os receptores (entre 25 e 70 metros) obtém-se um grande volume de dados que podem ser combinados em qualquer direção para obtenção de uma linha sísmica ou mapas em subsuperfície (*time-slices*). Trata-se da sísmica 3D.

Aquisição de Dados

O equipamento utilizado neste trabalho para medir a intensidade campo magnético terrestre, é o magnetômetro de Precessão de Protons Modelo ENVIMAG, fabricado pela Scintrex LTd. Canadá, com sensibilidade de 0.1 nT (Figura 2). O equipamento utilizado para sísmica de refração foi um sismógrafo Strataview de 24 canais, fabricado pela Geometrics Inc. Para a geração do sinal sísmico foi utilizada uma fonte de impacto modelo ESS200, fabricada pela GISCO Co. O levantamento magnetométrico consistiu de um perfil

com direção aproximada: S-N, com espaçamento entre

estações de 10m. A topografia do terreno era

aproximadamente constante.

Processamento

O processamento básico dos dados magnéticos consistiu de remoção de "spikes" e correção da variação diurna. O IGRF da área prevê os seguintes valores para o campo magnético e suas componentes:

- ✓ Intensidade Total: 23474 nT,
- ✓ Intensidade Horizontal: 18603 nT,
- ✓ Declinação: -22,182°,
- ✓ Inclinação: -37,453°.

Interpretação e Conclusão

A partir do modelo obtido pela inversão dos dados de sísmica de refração (modelo inicial), foi realizada uma modelagem direta dos dados magnetométricos utilizando-se o programa GM-SYS. Algumas mudanças em relação ao modelo inicial foram implementadas de modo a poder correlacionar a curva calculada com os dados observados (Figura 3). Basicamente o modelo final (magnetométrico) apresentado difere da sísmica de refração pela inclusão de falhas, as quais são mais sensíveis ao método magnetométrico. Além disso, como o perfil magnetométrico é mais extenso, é possível observar outros detalhes ao final do perfil como, por

exemplo, o aumento do pacote sedimentar. As susceptibilidades magnéticas utilizadas foram 0,0003 para os sedimentos e 0,003 para o embasamento.

A figura 4 (painéis esquerdo e direito) mostra o resultado modelado pela sísmica de refração, onde observa-se duas camadas de sedimentos, com a primeira camada definida em torno de 4 metros, sendo este, possivelmente, o nível do lençol freático. A segunda camada, mais espessa, apresenta variação entre 15–35 metros.

No modelo da magnetometria inferimos algumas falhas, notando-se que estas apresentam uma direção preferencial NW-SE. Como não há grande variação de susceptibilidade magnética entre os sedimentos, modelamos em apenas duas camadas. As falhas inferidas na magnetometria apresentam concordância bastante interessante com as inferidas ao modelo da sísmica. Acreditamos que, possivelmente, nessas falhas existam acúmulo de água subterrânea.

Em relação ao embasamento, os dois modelos coincidem principalmente nos primeiros 200 m (Figura 4). A partir daí ocorrem algumas divergências, em especial as falhas observadas na magnetometria que não foram observadas pela sísmica de refração. A inclusão destas falhas melhorou significativamente o modelo magnético. Diferenças na compactação e conteúdo de água, bem como fraturas no embasamento podem alterar o valor das velocidades de propagação das ondas sísmicas. A partir de 500 m do início do perfil, não informações de dados sísmicos, somente magnéticos. A futura incorporação de outros dados geofísicos (elétricos e eletromagnéticos) previstos nesta linha de pesquisa irá ajudar a melhorar a convergência destes modelos.

Agradecimentos

A secretaria de Meio Ambiente do município de Cabo Frio pelo suporte logístico aos levantamentos de campo e a Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ – Pelo incentivo à pesquisa e liberação dos professores e alunos para aquisição de dados no campo.

Referências (Arial Bold, 9) Veja normas da RBGF

Geosoft, 2000, Data processing and Analysis Systems for OASIS-Montaj – TUTORIAL and USER GUIDE, 1999, Ontario, 65p.

USGS, 1997a, Compiling Magnetic Databases - [Http://geomag.usgs.gov/](http://geomag.usgs.gov/), USGS Open-File Report, in Internet.

USGS, 1997b, Introduction to potential Fields: Magnetics - [Http://geomag.usgs.gov/](http://geomag.usgs.gov/), USGS Open-File Report, in Internet.

USGS, 2001, "History of Magnetic Observatory" - [Http://geomag.usgs.gov/](http://geomag.usgs.gov/), in Internet.

ALMEIDA, F.F. M.; CARNEIRO, C.D.R. (1987). Magmatic occurrences of post permian age of South America platform. *Boletim IG-USP, Série Científica*, 20: 71-85.

BRITO, I.M.; MELLO, C.L.; MADEIRA, C.V. (1996). Avaliação do significado estratigráfico do termo Barreiras. An. Acad. Bras. Cienc., 69(1):136-137.

FERRARI AL. (2001). Evolução Tectônica do Graben da Guanabara. São Paulo. 412p. (Tese de Doutorado, IG/USP).

TESSLER, M.G.; GOYA, S.C. (2005). Processos costeiros condicionantes do Litoral Brasileiro *Revista do Departamento de Geografia*: 11-23.

SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A.C.R. (1999). Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e o seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. *Geociências*, São Paulo, 18(2): 61-479.

RAMOS, R.R.C.; (2003). Sistemas aluviais terciários da Bacia de Resende, Estado do Rio de Janeiro, Brasil análise de fácies e revisão estratigráfica. Rio de Janeiro. 221p. (Tese de Doutorado, Depto. de Geologia - IGEO/UFRJ).

MORAIS, R.M.O.; COSTA. F.O; (2006). Fácies sedimentares e Ambientes deposicionais associados aos depósitos da Formação Barreiras no Estado do Rio de Janeiro. *Revista do Instituto de Geociências. São Paulo*. V.6, nº2, p. 19-30.

VILLWOOCK, J.A.; TOMAZELLI, J.L.; LOSS, E.L.; DEHNHARDT, E.A.; HORN FILHO, N.O.; BACHI, F.A.; DEHNHARDT, B.A. (1986). Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province. In: RABASSA, J. (ed.). *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 4: 79-94.

Figuras



Figura 1 – Localização da área estudada



Figura 2 – Equipamentos utilizados para aquisição de dados: Magnéticos (painel esquerdo) e sísmica de refração (painel direito).

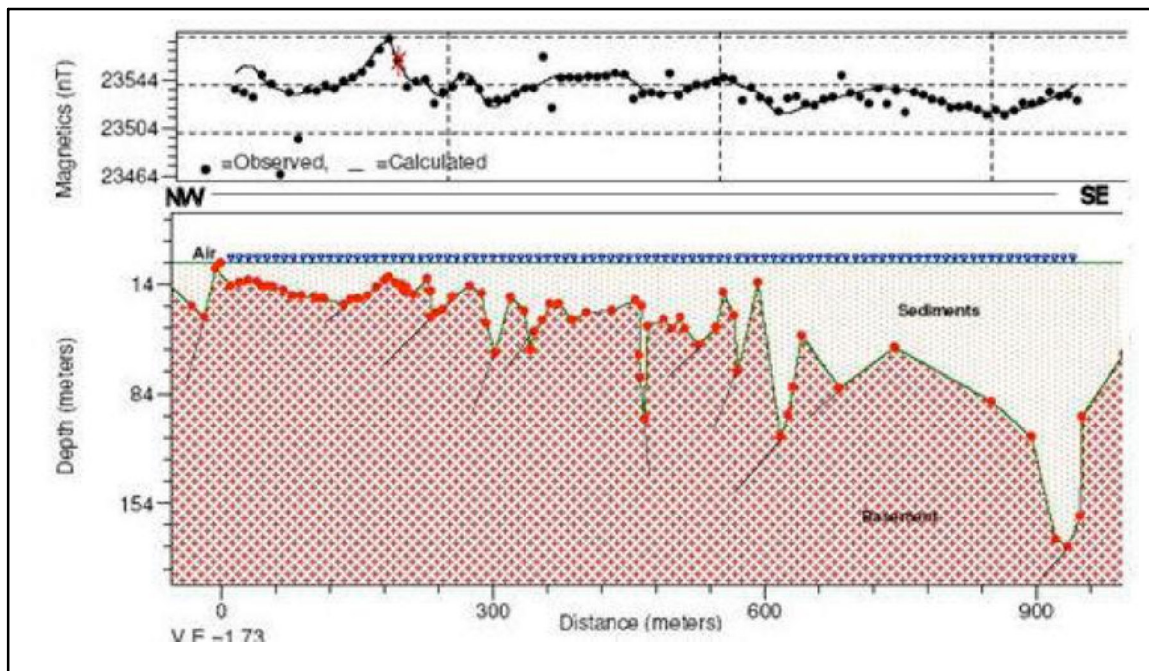


Figura 3 – Modelo final obtido utilizando-se os dados magnetométricos.

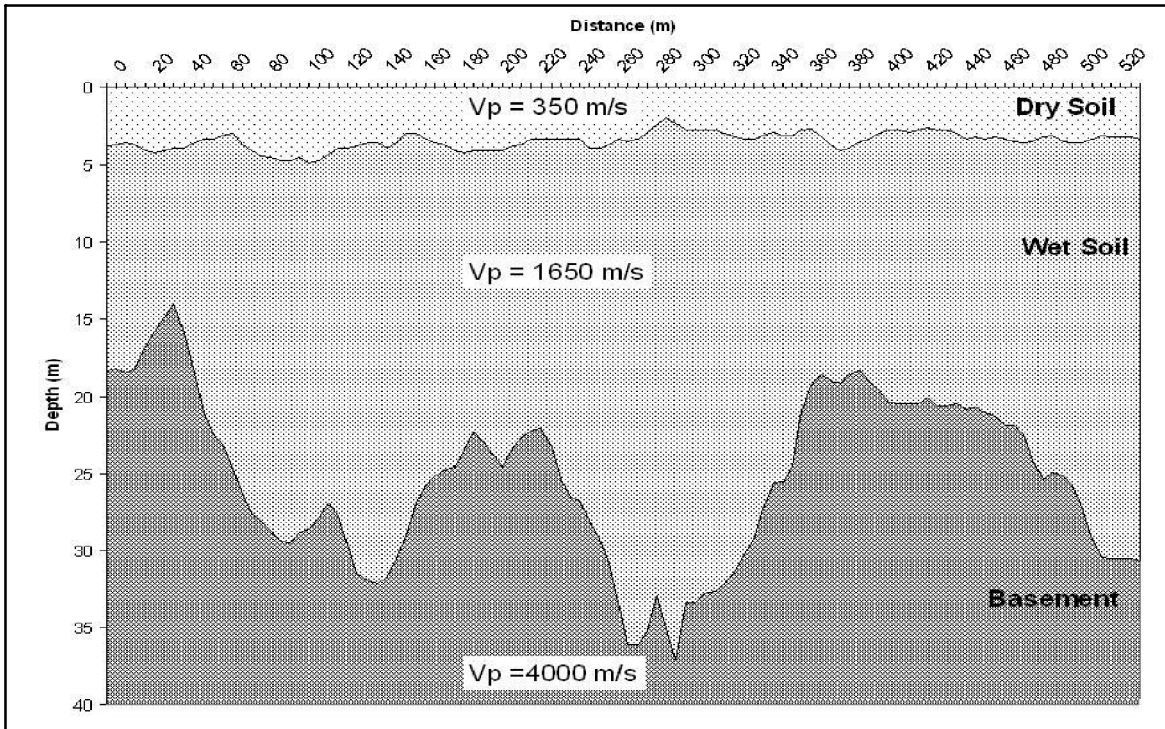


Figura 4 – Modelo sísmica de refração (0–300m - painel esquerdo) e (300–600m – painel esquerdo)