

APLICAÇÃO DE MÉTODOS GEOFÍSICOS AO ESTUDO DA PALEOGEOMORFOLOGIA DO SUBGRUPO ITARARÉ NA REGIÃO DE TIETÊ, SP: UM MODELO PARA PROSPECÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA.

Henrique Angelo Piovesan Dal Pozzo Depto de Geofísica – henrique@iag.usp.br

Vagner Roberto Elis Depto de Geofísica – IAG/USP – vagnelis@iag.usp.br

1 INTRODUÇÃO

A região do médio rio Tietê (figura 1) é em grande parte abastecida por águas subterrâneas, face às condições impróprias dos mananciais de superfície. O município de Tietê é totalmente abastecido pela extração de água subterrânea através de poços tubulares profundos que atravessam os sedimentos do subgrupo Itararé, representado localmente pelas Formações Tietê (fácies arenosas) e Capivari (fácies lamíticas) (Diniz, 1990). A dinâmica deposicional da Fm Tietê, aquífero principal da região, teve como arcabouço estrutural paleovales do subgrupo Itararé, resultando em uma descontinuidade lateral dessa unidade, daí a dificuldade em se estabelecer uma coluna estratigráfica geral para a área de estudo (Fúlfaro et al., 1991). Sistemas deltaicos prograram sobre estes vales, estes provavelmente originados por movimentos epirogenéticos que ocorreram na borda nordeste da bacia no Permiano (Saad et al, 1978), onde foram depositados espessos pacotes de sedimentos arenosos, que constituem bons reservatórios de água.

Os métodos tradicionais de investigação direta da subsuperfície são, na maioria das vezes, onerosos, levam muito tempo para serem executados e abrange áreas de escala local. No entanto, a aplicação da geofísica nesses estudos contribui de maneira significativa pela rapidez na aquisição dos dados, menor custo e maior abrangência. A construção de um modelo da geomorfologia do Subgrupo Itararé por meio de sondagens geofísicas e dados de poços e afloramentos, permitiu comprovar as idéias de diversos autores (Soares et al, 1977; Fúlfaro et al, 1982; Fúlfaro et al, 1984; Zalán et al, 1990, Fúlfaro et al, 1991; Perinotto et al, 1998) a respeito do Itararé Superior. Sendo assim, a locação de novos poços pode ser feita de maneira mais segura quanto à produtividade.

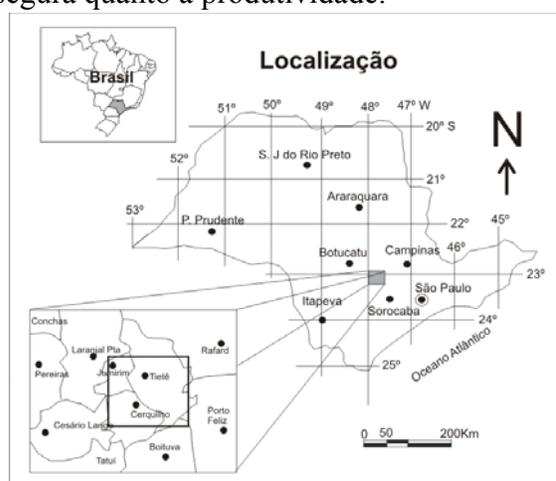


Figura 1: Localização da área de estudo.

2 ASPECTOS TECTÔNICOS E ESTRATIGRÁFICOS

A início da formação da Bacia do Paraná se deu logo após o término do ciclo Orogênico Brasileiro. Este ciclo orogênico foi um evento tectônico muito intenso e duradouro, onde crátons isolados foram colidindo e deformando os cinturões de dobramentos interpostos, causando intenso magmatismo em grandes áreas da América do Sul e África. Após a intensa deformação e granitogênese ocorrida, a litosfera tornou-se mais espessa pelo empilhamento advindo dos empurrões, ocasionando aumento considerável do gradiente térmico decorrente do acúmulo de rochas enriquecidas em radioisótopos. O subsequente resfriamento, ocorrido entre 500-450 Ma, representou a primeira subsidência e o início da sedimentação da Bacia do Paraná (Zalán et al, 1990).

Algumas áreas de subsidências mais aceleradas desenvolveram aulacógenos - grabens de grandes dimensões - de direção preferencial NW-SE que foram preenchidos por sedimentação de alta energia do tipo molássico e caráter continental, constituindo as seqüências Silu-Devonianas (Fúlfaro et al, 1982). Um soerguimento associado à orogenia Eoherciniana determinou o fim da deposição, causando a exumação de grande parte dos sedimentos dessa seqüência (Zalán, et al, 1990).

Conforme Saad et al (1978), posteriormente, em condições de menor atividade tectônica, foram depositados os sedimentos do Itararé médio e inferior, intercalando sedimentos glaciais e marinhos, em função do recuo e avanço das geleiras. Ao final da deposição do Itararé houve um recrudescimento das condições tectônicas relacionado à fase tardi-herciniana do tectonismo paleozóico andino, resultando em movimentos positivos da margem nordeste da bacia, e conseqüente erosão dessa seqüência (Cabral Junior et al, 1988). A movimentação reativou antigas zonas de falhas de direção preferencial NW (Fúlfaro et al, 1982). Sobre os vales erodidos no Itararé e zonas de subsidências regionais, prograderam sistemas deltáicos dos quais derivam os sedimentos da Formação Tietê. A continuidade do movimento ascensional, ainda durante a sedimentação da Formação Tietê, está atestada nos sedimentos que demonstram ambientes de alta energia e proximidade da área fonte, denotada pela imaturidade textural.

Soares et al (1977) definiu quatro associações litológicas do Itararé superior na região de Tietê. O sistema deltaico estaria composto pelas associações I, III e IV. A primeira correspondendo aos depósitos continentais fluviais e de planície deltáica; a segunda composta por depósitos mistos de prodelta e a última, depósitos marinhos com influência deltáica sob ação de escorregamentos e correntes de turbidez.

3 METODOLOGIA

Foram realizadas 34 Sondagens Elétricas Verticais com arranjo Schlumberger e abertura de AB/2 de 1000m visando determinar a geometria do aquífero composto pela Formação Tietê. Os dados de sondagens e de poços tubulares profundos foram plotados em seções transversais (figuras 3 e 4), a partir da qual chegou-se a um modelo da geomorfologia do Permiano (limite entre o Itararé médio e superior) para a área de estudo.

O método da eletrorresistividade

O método da eletrorresistividade baseia-se na medida da resistividade elétrica dos materiais terrestres “*in situ*” pela introdução de uma corrente elétrica no subsolo e monitoramento do campo potencial desenvolvido por esta corrente.

Ao se aplicar numa superfície plana de um semi-espaço homogêneo e isotrópico, um dispositivo arbitrário de quatro eletrodos, sendo dois para injetar corrente (A e B) e dois para medir a diferença de potencial (M e N), a resistividade é assumida como constante e pode ser calculada através da expressão:

onde ρ = resistividade elétrica (ohm.m) $\rho = K \times \frac{\Delta V}{I}$ geométrico que depende da abertura dos eletrodos; ΔV = diferença de potencial entre os eletrodos M e N e I = intensidade de corrente que passa entre os eletrodos A e B.

A técnica de sondagem (SEV) consiste em uma sucessão de medidas efetuadas na superfície com o mesmo tipo de arranjo e separação crescente entre os eletrodos de emissão e recepção, mantendo-se fixos o centro do arranjo (ponto de atribuição do ensaio) e sua orientação (Figura 2).

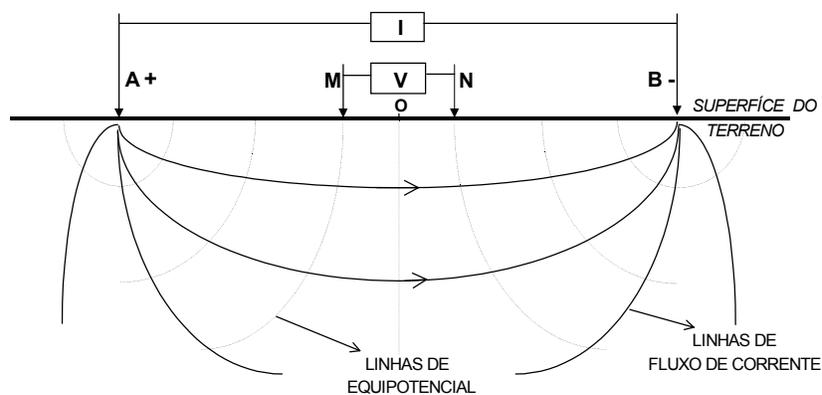


Figura 2: Disposição no campo - SEV

Aumentando-se a distância entre os eletrodos de corrente A e B, o volume total da subsuperfície incluída na medida também aumenta, permitindo alcançar camadas cada vez mais profundas. Os resultados sucessivos estarão, portanto, estritamente ligados às variações da resistividade com a profundidade.

A resistividade dos materiais geológicos varia conforme a composição mineralógica, porosidade, teor em água e quantidade e natureza dos sais dissolvidos. Geralmente argilas e siltes correspondem à valores baixos, enquanto que areias e rochas ígneas à valores mais altos. Dessa forma, a partir do modelo geoeletrico é possível obter um modelo litológico.

O método da polarização induzida (IP)

O método IP baseia-se na medida da voltagem secundária gerada pela polarização do meio, quando cortada a corrente. Os materiais geológicos possuem características que lhes atribuem maior ou menor capacidade de se polarizar. Argilas puras caracterizam-se por baixas resistividades e muito baixa polarizabilidade. Camadas arenosas têm altas resistividades e polarizabilidades intermediárias. Camadas siltosas possuem alta polarizabilidade e intermediárias resistividades. O parâmetro físico é obtido pela mesma técnica de sondagem.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Os valores de resistividade para os sedimentos arenosos da Formação Tietê variam entre 180 e 350 ohm.m, e valores de cargabilidade entre 15 e 40 mV/V, enquanto os sedimentos pelíticos da Formação Capivari (Itararé médio) apresentam resistividades entre 40 e 120 ohm.m e cargabilidade entre 2 e 10 mV/V. Foram encontrados valores de resistividade acima de 1000 ohm.m que correspondem aos sills de diabásio e embasamento cristalino. Na seção geolétrica (figura 4) foi possível separar as unidades geológicas envolvidas. O embasamento na porção WNW da área está significativamente mais elevado do que na porção ESE, mostrando a presença de um alto do Itararé na região de Jumirim. O “till Jumirim” descrito por Almeida (1964), constituídos por sedimentos glaciais e, portanto anteriores à Fm Tietê e à Fm Capivari, corrobora com os dados de subsuperfície. Essa elevação coloca a Fm Tietê em contato lateral, e, portanto discordante do Itararé médio e inferior, confirmando as idéias sobre o arcabouço estrutural da deposição da Formação Tietê dos autores citados na introdução deste artigo.

Aliado a delimitação, através das sondagens geofísicas, do paleovale regional do Itararé no qual progradou o lobo deltaico, observações em afloramento mostraram evidências de duas das associações litoestratigráficas descritas por Soares et al (1977). A seção geológica feita em superfície na região ESE da área mostrou seqüências turbidíticas flysch na base da seqüência, relacionados à associação III. Diamictitos de matriz arenosa com clastos centiméticos, relativamente arredondados, estruturados em lobos, que denotam fluxos gravitacionais sub-aquosos ocorrem na base. Esses pacotes atingem vários metros de espessura, intercalados com arenitos médio. Sobre estes, é possível notar uma seqüência de Bouma. Sobre os corpos de diamictitos ocorrem arenitos com estratificação cruzada longa intercalados com siltitos, arenitos finos de prodelta.

Siltitos com abundantes restos vegetais sobrepostos a arenitos finos a médios com estratificação cruzada, centimétrica a decimétrica ocorrem no topo da seqüência. É comum também a presença de paleocanais neste pacote de sedimentos fluviais e deltáicos sobre prodelta, evidenciando a associação I.

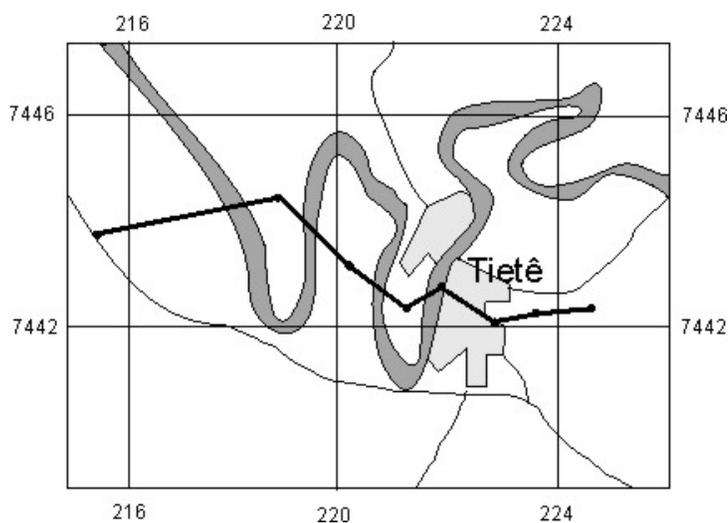


FIGURA 4: SEÇÃO GEOELÉTRICA ESTRATIGRÁFICA DO SUBGRUPO ITARARÉ – TIETÊ/SP.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M. de. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. Bol. Instituto de Geograf. e Geol., São Paulo, n. 41, 1964;
- CABRAL JUNIOR, M.; CAMPANHA, V. A.; MOTTA, J. F. M. & SAAD, A. R. Contribuição à estratigrafia e paleogeografia da interface Itararé e Tatuí (P) e considerações sobre sua potencialidade para carvão para o Estado de São Paulo. In: **Congresso Brasileiro de Geologia, 35. Anais...v. 2**. Belém: SBG, 1988. p. 879-893;
- DINIZ, H. N. **Estudo Hidrogeológico do Subgrupo Itararé no Médio Rio Tietê, município de Tietê-SP**. Dissertação de Mestrado, IG-USP, São Paulo, 1990;
- FÚLFARO, V. J.; SAAD, A. R.; SANTOS, M. V. & VIANNA, R. B. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Rev. Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 4, n. 12, p. 590-611, 1982;
- FÚLFARO, V. J.; STEVAUX, J. C.; SOUZA FILHO, E. E. & BARCELOS, J. H. A Formação Tatuí (P) no Estado de São Paulo. In: **Congresso Brasileiro de Geologia, 33. Anais...** Rio de Janeiro: SBG, 1984. p. 711-724;
- FÚLFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J.; BARCELOS, J. H. Formação Tietê: O pós-glacial no Estado de São Paulo. In: **Simpósio de Geologia do Sudeste, 2. Anais...**São Paulo: SBG/SP-RJ, 1991. p. 391-396;
- ORELLANA, E. **Prospeccion Geoelectrica en Corriente Continua**. Madrid: Paraninfo, 1972. 523p.;
- PERINOTTO, J. A. J.; FÚLFARO, V. J. & SILVA, S. B. As relações Grupo Itararé – Formação Rio Bonito (P-C da Bacia do Paraná) na região de Tietê (SP). In: **Congresso Brasileiro de Geologia, 40. Anais...** Belo Horizonte: SBG, 1998. p. 94;
- SAAD, A. R.; SANTOS, P. R. & ROCHA-CAMPOS, A. C. Evolução tecto-sedimentar do Grupo Tubarão (Neopaleozóico) na parte nordeste da Bacia do Paraná, Brazil. In: **Congresso Brasileiro de Geologia, 30. Resumos...** Recife: SBG, 1978. p. 137-138;
- SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; SINELLI, O.; WERNICK, E.; WU, F.T. & FIORI, A. P. Associações litológicas do subgrupo Itararé e sua interpretação ambiental. **Rev. Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 7, p. 113-149, 1977;
- ZALÁN, P. V. et al. Bacia do Paraná In: De RAJA GAGLIA, G. P. & MILANI, E. J. (coords.) **Origem e Evolução de Bacias Sedimentares**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 1990. p. 135-168.