

MAPEAMENTO MORFOESTRUTURAL PARA CARACTERIZAÇÃO DE AQUÍFERO FRATURADO NOS PLANALTOS DO PARAITINGA E PARAIBUNA-SP

Coelho, J.O.M. (UNESP- RIO CLARO) ; Mattos, J.T. (UNESP - GUARATINGUETÁ) ; Pupim, F.N. (UNESP - RIO CLARO)

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo identificar zonas de captura e concentração de águas subterrâneas, em planaltos cristalinos do Estado de São Paulo, a partir da análise morfoestrutural. Foram considerados no mapeamento os lineamentos estruturais, as juntas e o mergulho aparente das camadas. As principais zonas identificadas foram o Alto Estrutural de Natividade da Serra, como potencial zona de captura e o Baixo Estrutural de Lagoinha, como potencial zona de concentração de águas subterrâneas.

PALAVRAS CHAVES

morfoestrutura; água subterrânea; sensoriamento remoto

ABSTRACT

The aim of this paper is characterize groundwater recharge and concentration zones in weathered metamorphic and igneous rocks of São Paulo State, Brazil. It applies morpho-structural analysis, based in the interpretation of structural lineaments, joints and the layers dip. The Natividade da Serra Anticline, a potential recharge zone, and Lagoinha Syncline, a potential concentration zone, were identified as main groundwater zones.

KEYWORDS

morphostructural analysis; groundwater; remote sensing

INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas constituem recurso de vital importância e interesse estratégico, gerando uma demanda crescente por novas técnicas de prospecção, exploração e manejo. Mattos et al. (1982) e Soares et al. (1982a e 1982b) implementaram o mapeamento morfoestrutural na identificação de trapas de hidrocarbonetos na Bacia do Paraná e Mattos et al. (1986) adapta a mesma sistemática para a prospecção de águas subterrâneas. Desde então, a sistemática da análise morfoestrutural vem sendo utilizada para a caracterização hidrogeológica em diversos contextos fisiográficos (TAKAHASHI et al. 1993; EVANGELISTA et al. 1998; NASCIMENTO et al. 2006; MADRUCCI et al. 2003 e 2005; MATTOS et al. 2007). Este trabalho realiza um Mapeamento Morfoestrutural, a partir de técnicas de fotointerpretação, com o objetivo de identificar as potenciais zonas de captura e concentração de águas subterrâneas, em rochas cristalinas intensamente fraturadas dos planaltos do Paraitinga e Paraibuna, região leste do Estado de São Paulo. As deformações rúpteis consideradas no mapeamento foram os lineamentos estruturais e as juntas, já as deformações dúcteis consideradas foram as linhas de forma dos contornos estruturais. As informações obtidas foram combinadas no Mapa Síntese Morfoestrutural, onde pode ser observada a convergências de evidências favoráveis à recarga e descarga de águas subterrâneas. A área estudada possui cerca de 4.250 km² de extensão e sua litologia é constituída principalmente por gnaisses, xistos e migmatitos, intercalados por corpos graníticos (HASUY et al. 1978). Predominam altitudes em torno de 900m, a dissecação do relevo é de média a forte e as formas predominantes são de topos convexos e topos aguçados, segundo classificação de Ross & Moroz (1997). O índice pluviométrico varia entre 1.100 mm e 1.700 mm anuais, decrescendo no sentido oeste. A temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente ultrapassa os 22°C, segundo Conti (1975).

MATERIAL E MÉTODOS

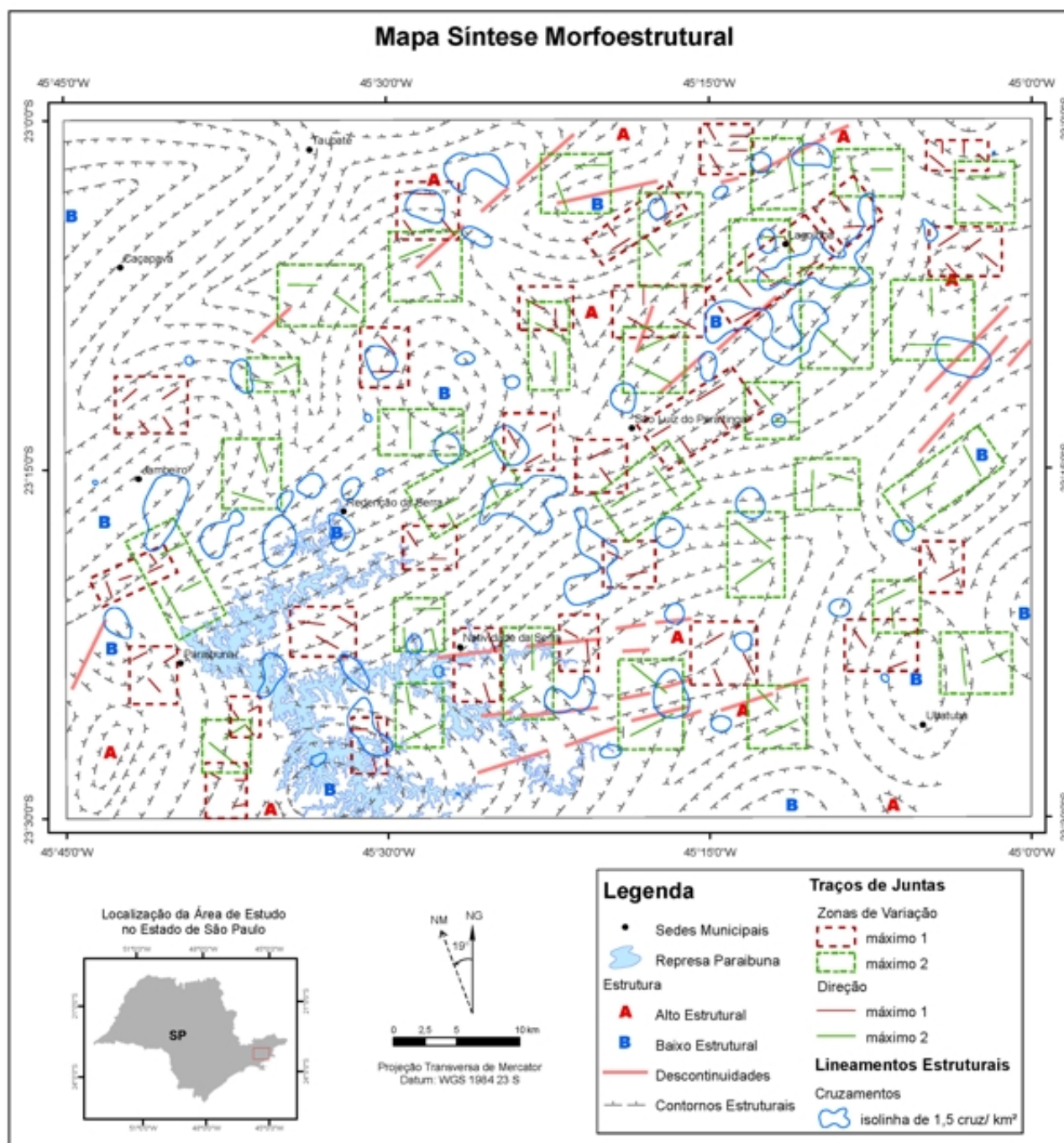
Os lineamentos estruturais (O'LEARY et al. 1976) foram traçados em imagem ETM+ Landsat 7, banda 4, na escala de 1:100.000, a partir das feições lineares de drenagem e de quebras negativas de relevo. Após traçados os lineamentos estruturais foram marcados os pontos de interceptação entre eles e então foi gerado o mapa de densidade de cruzamentos de lineamentos estruturais, com a ferramenta Kernel Density, da extensão Spatial Analyst, do software ArcGis 9.2, utilizando como parâmetro de varredura o raio de 2.000 metros. As juntas (LOCZY & LADEIRA 1980) foram mapeadas em imagem ETM+ Landsat 7, banda 8, em escala de 1:50.000 a partir das feições lineares de drenagem e de quebras negativas de relevo. Foi gerado então o mapa de zonas de variação de máximo 1 e 2, a partir da divisão da área de estudo em parcelas de 16 km², identificação das duas principais direções de orientação das juntas para cada parcela (máximo 1 e 2) e identificação das zonas de maior variação na orientação dos máximos 1 e dos máximos 2. Para a análise das deformações dúcteis a rede de drenagem foi extraída de folhas topográficas 1:50.000, adensada pelas curvas de nível e então reduzida a uma escala de 1:150.000. Sobre a rede de drenagem reduzida foram marcadas as assimetrias de drenagem, bem como as feições anelares e radiais presentes (SOARES et al. 1982a). A partir do mapa de assimetrias de drenagem foi inferido o mergulho das camadas e então foram traçadas as linhas de forma e destacados os altos e baixos estruturais e as principais descontinuidades. Para que sejam observadas em conjunto tanto as deformações rúpteis quanto as deformações dúcteis mapeadas, foi criado o Mapa Síntese Morfoestrutural, possibilitando observar a morfoestrutura geral da área e a convergência de evidências favoráveis à infiltração, percolação e acúmulo de águas subterrâneas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os lineamentos estruturais identificados se orientam principalmente segundo a direção N60E e N70E, na forma de feixes e N40W a N70W, estes com distribuição homogênea na área. Na porção NE da área de estudo é frequente ainda a presença de lineamentos na direção leste-oeste, porém com menor persistência e maior espaçamento do que se observa duas direções anteriores. A maior densidade de cruzamento de lineamentos estruturais encontrada foi de 3,99 cruzamentos/km², sendo a densidade média 0,56 cruz/km². As zonas de maior densidade de cruzamento de lineamentos estruturais estão localizadas no município de Lagoinha, a leste do município de São Luiz do Paraitinga e no município de Jambeiro. As juntas mapeadas apresentam orientação preferencial variando entre as direções N30W e N40W, e uma segunda orientação preferencial nas direções entre N60E e N70E. Foram identificadas 27 zonas de variação de máximo 1 e 30 zonas de variação de máximo 2, com destaque às zonas de variação de máximo 1 próximas à área urbana de São Luiz do Paraitinga. Nesta área ocorre o cruzamento das direções N60E e N35W, seguindo uma tendência regional que se estende até próximo à área urbana de Redenção da Serra. As áreas de maior concentração de juntas apresentaram densidades entre 1,51 e 3,00 juntas por km², sendo que o valor máximo obtido foi de 2,98 juntas/km². Quanto aos contornos estruturais, foram identificados pelo mapeamento 12 baixos estruturais e 10 altos estruturais. Os altos estruturais são estreitos, com menos de 10 km em seu eixo maior e se encontram "apertados" entre os baixos estruturais. O maior alto estrutural identificado se localiza entre os municípios de São Luiz do Paraitinga e Ubatuba e possui cerca de 20 km em seu eixo menor e 30 km em seu eixo maior, alongado na direção NE. Os baixos estruturais identificados pelo mapeamento são amplos, com eixos de maior largura variando em torno de 10 e 20 km, atingindo o máximo de 30 km num baixo extremamente alongado em direção NE no município de Lagoinha. As descontinuidades nas linhas de forma estão orientadas principalmente entre as direções N30E e N80E e sua maior concentração ocorre na porção Leste da área de estudo, entre os municípios de São Luiz do Paraitinga e Ubatuba, acompanhando a direção do eixo maior do grande alto estrutural ali presente. Observando a convergência de evidências favoráveis à captação e à concentração de águas subterrâneas no Mapa Síntese Morfoestrutural (Figura 1) é possível inferir as potenciais zonas de recarga e de descarga de aquífero. As zonas favoráveis à recarga de água subterrânea identificadas se referem aos altos estruturais, com presença de zonas variação de máximos de 1 e 2 e alta densidade de cruzamentos lineamentos estruturais. Esta convergência de evidências foi encontrada principalmente no alto estrutural de Natividade da Serra e no alto estrutural localizado à leste da área urbana de Lagoinha. As zonas mais favoráveis à concentração de água subterrâneas identificadas se referem aos baixos estruturais, com presença de zonas variação de máximos 1 e 2, alta densidade de cruzamentos

lineamentos estruturais e presença de altos estruturais no entorno. Esta convergência de evidências foi encontrada principalmente no baixo estrutural de Lagoinha/São Luiz do Paraitinga e no baixo estrutural de Jambeiro.

Figura 1



Mapa Síntese Morfoestrutural

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Mapeamento Morfoestrutural, realizado a partir de técnicas de fotointerpretação, apresentou informações relevantes a respeito da permeabilidade do maciço, colaborando com a identificação e caracterização de zonas de captura e concentração de águas subterrâneas. Porém, devido ao

caráter sinóptico e à escala de mapeamento, esta sistemática é indicada para estudos de reconhecimento de grandes áreas, se fazendo necessárias investigações de maior detalhe para melhor caracterização das zonas identificadas como de interesse. A sistemática de mapeamento aqui utilizada é passível de ser reproduzida em áreas fisiograficamente diversificadas, seu custo de execução é relativamente baixo e as informações obtidas são pertinentes a diversos tipos de estudo do fraturamento rochoso, tais como estudos da suscetibilidade do terreno ao desenvolvimento de processos erosivos acelerados e movimentos de massa, bem como estudos da permeabilidade do maciço e sua suscetibilidade à infiltração de poluentes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Capes e ao CNPq pelo financiamento concedido à pesquisa e agradecemos também aos demais colaboradores, cujos nomes não serão listados devido ao risco de omissão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

CONTI, J. B. Circulação Secundária e Efeito Orográfico na Gênese das Chuvas na Região Lesnordeste Paulista. São Paulo: IGEOG/USP, 1975. 82p.

EVANGELISTA, T.M.; VENEZIANI, P.; MENDONÇA, A.S.F.; TEIXEIRA, E.C. Avaliação de etapas intermediárias de técnica de sensoriamento remoto aplicada à pesquisa de água subterrânea, em relação ao seu produto final. In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 1998, INPE. Anais..., p. 395-403, 1998.

HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; BISTRICHI, C.A.; STEIN, D.P.; GALVÃO, C.A.C.F.; GIMENEZ, A.F.; ALMEIDA, M.A.; PIRES NETO, A.G.; MELO, M.S; SANTOS, M.C.S.R. (1978) Geologia da região administrativa 3 (Vale do Paraíba) e parte da região administrativa 2 (Litoral) do Estado de São Paulo. IPT/DMGA. 78p.

LOCZY, L.; LADEIRA, E.A. Geologia estrutural e introdução à geotectônica. Ed. Edgard Blucher, Rio de Janeiro, CNPq, 1980, 134p.

MADRUCCI, V.; ARAÚJO, C. C.; TAIOLI, F. Sensoriamento remoto, aerogeofísica e geoprocessamento aplicados ao estudo de aquífero fraturado em terreno cristalino, leste do Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências, v. 33 (2), p. 43-52, Jun 2003.

MADRUCCI, V.; TAIOLI, F.; ARAÚJO, C. C. Análise integrada de dados de sensoriamento remoto, geologia e geofísica no estudo de aquífero fraturado, Lindóia- SP. Revista Brasileira de Geofísica, v. 23 (4), p. 437-451, 2005.

MATTOS, J.T.; BALIEIRO, M.G.; SOARES, P.C.; BARCELLOS, P.E.; MENESES, P.R.; CSORDAS S.M. Análise morfoestrutural com uso de imagens MSS-Landsat e radar para pesquisa de hidrocarbonetos no estado de São Paulo. São Jose dos Campos, INPE, RTR/015,1982, 167p.

MATTOS, J.T. DE; VENEZIANI, P; SAMPAIO, O. S. Estudos de fraturamentos para pesquisa de água subterrânea no Estado de Sergipe com produtos de sensoriamento remoto. In: Simpósio Latino Americano de Sensoriamento Remoto; IV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto; VI Reunion Plenária Selper, 1986, Gramado, 1986.

MATTOS, J.T.; SILVA, A.R.; PRATA, B.L. Definição de zonas de captura e concentração de águas subterrâneas, em parte do Vale do Paraíba e serras do Mar e Mantiqueira - SP: Uma Abordagem por Sensoriamento Remoto Orbital. In: I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul, Taubaté, Brasil, 2007. Anais..., 2007, p. 317-324.

NASCIMENTO, F.M.F; LA TERRA, E. F.; GERMANO, C. R.; COELHO, F. B. N.; MACIEL, M. M.; COELHO, F. P.; FERREIRA, C. A.; FONTES, S. L.; FLEXOR, J. M.; LIMA, F. M. S. Estudos geológico-geofísicos para locação de Poços tubulares no sertão sergipano. In: II Simpósio Brasileiro de Geofísica, Natal, Brasil, 2006. Anais... , vol. 1, 2006.

O'LEARY, D.W.; FRIEDMAN, J.D.; POHN, H.A. Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. Geol. Soc. of Am. Bul., n. 87, p. 1463-1469, 1976.

ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo: USP, v. I e II, 64 p e 2 mapas, escala 1:500.000, 1997.

SOARES, P. C.; LUZ, M. E. R.; REDAELLI, R., GUERRA, S. M. S. Análise morfoestrutural em fotos aéreas: aplicação na prospecção de hidrocarbonetos na Bacia do Paraná. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2, São José dos Campos, 1982. Anais... II Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 1, 1982. P. 157-168, 1982a.

SOARES, P. C.; BARCELLOS, P. E.; CSORDAS, S. M.; MATTOS, J. T.; BALIEIRO, M. G.; MENESES, P. R. Lineamentos em imagens de Landsat e Radar e suas implicações no conhecimento tectônico da Bacia do Paraná. In. I Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2, 1982, Brasília. Anais... Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. v. 1, p.153-157, 1982b.

TAKAHASHI, H.A.; HAERTEL, V.; LISBOA, N.A. caracterização morfoestrutural e hidrogeológica de aquíferos em meio fraturado através de técnicas de sensoriamento remoto e análise estatística em setor do Planalto Meridional - RS. In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais... 1993.