



**Favorabilidade de Aquíferos Fraturados - Bacia Hidrográfica do
Rio São Domingos- Estado do Rio de Janeiro**

Hydrogeological Favorability of Fractured Aquifers – São Domingos River Basin,
Rio de Janeiro State

Luana Alves de Lima¹; Gerson Cardoso da Silva Jr.¹;
Juliana Magalhães Menezes¹ & Vinícius da Silva Seabra²

¹Instituto de Geociências - Departamento de Geologia da UFRJ
Avenida Athos da Silveira Ramos, 274. CCMN – IGEO - Universidade Federal do Rio de Janeiro
Cidade Universitária, Ilha do Fundão - 21.949-916.

²Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rua Dr. Francisco Portela, 1470 – Patronato - 24435-005 – São Gonçalo - RJ
e-mails: luana_lima20@hotmail.com; gerson@geologia.ufrj.br;
menezesgeo@yahoo.com.br; vinigeobr@yahoo.com.br
Recebido em: 23/08/2009 Aprovado em: 12/10/2009

Resumo

Estudos de favorabilidade hidrogeológica têm sido desenvolvidos com o intuito de diminuir a incerteza na locação de poços e definir o potencial hidrogeológico dos aquíferos cristalinos. O emprego de técnicas de geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm mostrado eficiente na determinação de áreas de alto potencial hidrogeológico nesses estudos de favorabilidade. A área de estudo do presente trabalho é a Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos (BHRSD), localizada no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, englobando integralmente o Município de São José de Ubá e uma pequena parte do Município de Itaperuna. O estudo teve como objetivo principal determinar a favorabilidade hidrogeológica da BHRSD, contribuindo tanto para o gerenciamento da água na região como na construção de uma metodologia para a cartografia de favorabilidade de aquíferos fraturados. Como resultados, elaboraram-se cartas de favorabilidade hidrogeológica da BHRSD contendo cinco classes de favorabilidade e mostrando, de forma geral, dois grandes domínios: a porção central apresentando classes de maior favorabilidade e as cabeceiras da bacia com classes de menor favorabilidade. Concluiu-se que: 1) a favorabilidade da BHRSD tem forte subordinação ao quadro geológico-estrutural da bacia; 2) o método utilizado mostrou-se eficiente na avaliação da favorabilidade hidrogeológica de aquíferos fraturados. Espera-se que tal metodologia venha a contribuir à gestão e aproveitamento sustentado dos recursos hídricos subterrâneos na região.

Palavras-chave: aquíferos fraturados; favorabilidade hidrogeológica; SIG

Abstract

Studies of aquifer favorability have been developed to reduce uncertainty in water well location and to define the hydrogeological potential of crystalline aquifers. The use of geoprocessing tools and Geographic Information Systems (GIS) proved efficient in determination of areas with a higher hydrogeological potential. The area of study is the São Domingos River Basin (SDRB), located in the Northwestern Region of Rio de Janeiro State, Brazil, including the entire São José de Ubá and a small part of Itaperuna municipalities. The main objective is to determine the hydrogeological favorability of the SDRB as a contribution to the management of the region's water resources, as well as elaborate a methodology to produce a cartography of hydrogeological favorability. As a result, hydrogeological favorability maps of SDRB were elaborated, comprising five classes of favorability, with two great domains: the central portion presenting classes of higher favorability and the upper basin with classes of lower favorability. The conclusions are: 1) favorability of the SDRB is strongly conditioned by the basin's geologic-structural settings; 2) the method used proved efficient in the evaluation of the fractured aquifers favorability.

Keywords: fractured aquifers; hydrogeological favorability; GIS

1 Introdução

Estudos de caráter hidrogeológico que buscam tanto a quantificação do recurso hídrico subterrâneo quanto a avaliação da sua qualidade e vulnerabilidade à contaminação são atualmente de grande relevância. A preservação, gestão e uso adequados das águas subterrâneas são preocupações constantes à medida que as águas superficiais nem sempre atendem as necessidades de consumo. Portanto, estudos de favorabilidade hidrogeológica de aquíferos são importantes para caracterizá-los de acordo com o seu potencial, auxiliando na gestão desse recurso e garantindo assim a sua sustentabilidade.

O presente estudo tem como área de execução a Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos (BHRSD), localizada no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. É uma região de sistema aquífero cristalino, predominantemente agrícola e o abastecimento de água, tanto para consumo doméstico quanto para a agricultura, se dá prioritariamente por intermédio de poços rasos (cacimbas) e poços profundos (tubulares), sendo o recurso hídrico superficial utilizado secundariamente.

O presente estudo conta com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, e teve como base metodológica trabalhos anteriores realizados no país em aquíferos compostos por rochas cristalinas (Barreto *et al.*, 2000; Freitas *et al.*, 2000; Nogueira & Soares, 1996 e Souza *et al.*, 2003). É parte integrante do projeto “Caracterização de Aquíferos Fraturados no Noroeste Fluminense e Elaboração de Metodologia para Estimativa de Vulnerabilidade”, financiado pelo MCT/CNPq 02/2006 – Edital Universal e foi desenvolvido pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa

Agropecuária - Solos e com o Departamento de Recursos Minerais - RJ.

O objetivo principal do presente trabalho é determinar a favorabilidade hidrogeológica da Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos, contribuindo tanto para o gerenciamento da água subterrânea da região quanto para a elaboração de metodologia de construção de mapa de favorabilidade dentro do contexto de aquíferos fraturados.

2 Caracterização da Área de Estudo

2.1 Localização

A área de estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos (BHRSD) que está localizada no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, englobando o município de São José de Ubá integralmente e parte do Município de Itaperuna (Figura 1).

2.2 Aspectos Fisiográficos

A região estudada possui um clima característico do Noroeste e Norte do Estado do Rio de Janeiro. Segundo o critério de Köppen (1948), é o clima tropical quente e úmido (Aw), com períodos de seca no inverno e chuvoso no verão. Ortega *et al.* (2006) realizaram o balanço hídrico da região, compreendendo dados de estação pluviométrica instalada nas proximidades do município de São José de Ubá no período de 1960 a 1990, comprovando a maior concentração de chuvas no verão e déficit hídrico no inverno. Ainda segundo aqueles autores, a precipitação média anual na BHRSD é de 1172 mm, sendo dezembro o mês mais chuvoso, com 219 mm e 19% da precipitação anual, e julho o mês de menor precipitação.

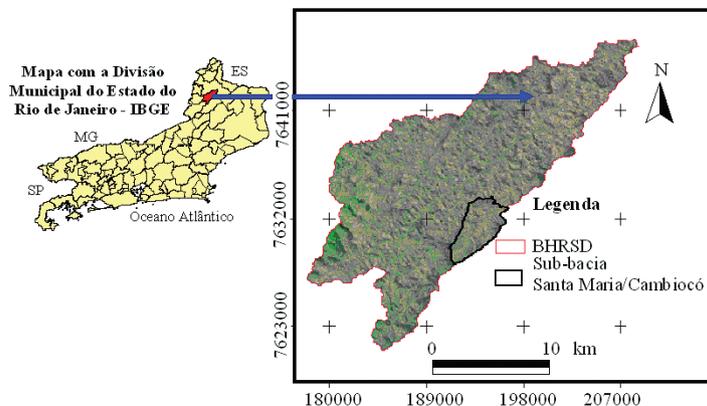


Figura 1 Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos (BHRSD). Coordenadas UTM em m (Zona 23S).

Dantas (2000) identificou a *geomorfologia* da área de estudo como sendo situada na unidade geomorfológica Depressão Interplanáltica com Alinhamentos Serranos do Norte-Noroeste Fluminense. Esta unidade consiste em uma zona colinosa, alternada bruscamente por alinhamentos serranos de direção predominante WSW-ENE. O Norte do Estado é caracterizado por essa unidade onde a direção preferencial dos alinhamentos serranos mantém semelhança morfológica e estrutural com os alinhamentos que ocorrem no médio vale do rio Paraíba do Sul.

Lumbreras *et al.* (2006) classificaram os solos da BHRSD e concluíram que de forma geral é possível dividir a bacia em dois domínios de solos ligados às suas feições geomorfológicas regionais: 1) um domínio restrito às regiões mais baixas (várzeas) representados por Gleissolos e Cambissolos e Planossolos nos sedimentos coluvionares e colúvio-aluvionares nas regiões mais elevadas; e 2) nas regiões de morros e montanhas predominam os Argissolos vermelho e vermelho-amarelos que gradam para Neossolos litólicos nos relevos mais acentuados. Conseqüentemente, a deficiência hídrica regional é minimizada nas baixadas e nas áreas mais elevadas há uma maior erodibilidade e defici-

ência hídrica. Em relação ao uso do solo na BHRSD, Fidalgo & Abreu (2005) diagnosticaram que a classe predominante é a de pastagens.

2.3 Geologia Regional e Local

A região Noroeste Fluminense é constituída por terrenos pré-cambrianos sujeitos a metamorfismo de alto grau incluídos no contexto geotectônico que deu origem a Faixa Ribeira (Almeida 1973 *apud* Heilbron *et al.*, 2006). A porção central da Faixa Ribeira apresenta a uma divisão entre domínios ocidental e oriental, sendo que no primeiro ocorrem para e ortognaisses milonitizados com vergência para NW do Domínio Tectônico Juiz de Fora, e na porção oriental aparece o Domínio Tectônico Cambuci, caracterizado por dobramentos verticais a sub-verticais de alto grau de metamorfismo em para e ortognaisses.

Segundo Heilbron *et al.* (2006), a BHRSD está instalada ao longo do contato tectônico que divide os terrenos ocidental e oriental (Figura 2). A porção Norte e as cabeceiras da bacia são compostas pelo Domínio tectônico Juiz de Fora e a vertente Sul é composta por rochas do Domínio Cambuci.

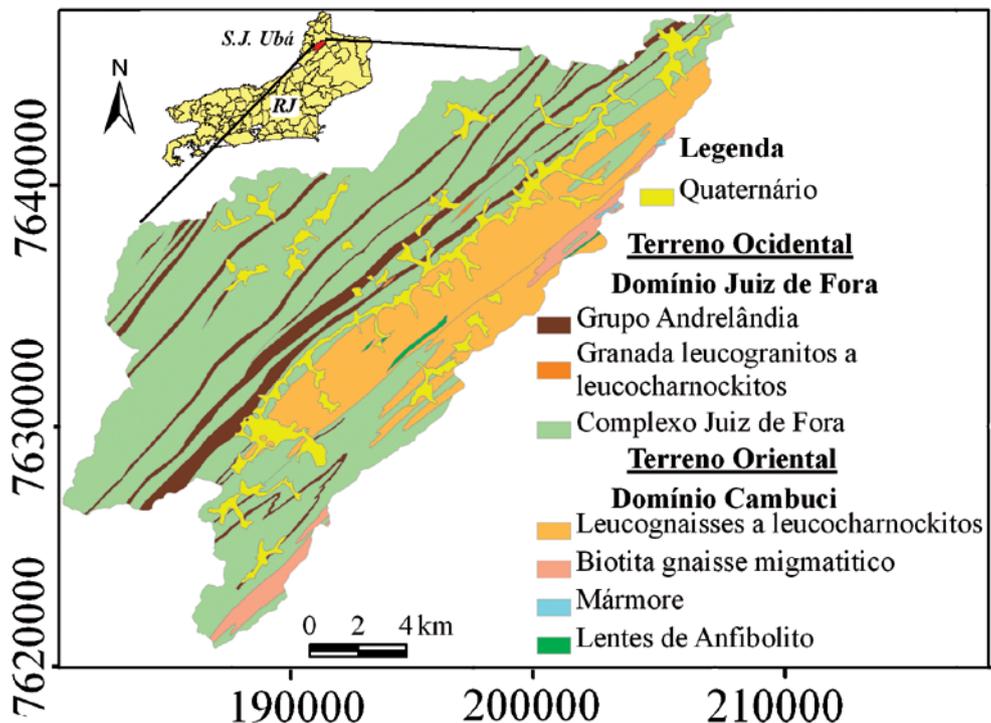


Figura 2 Mapa Litológico da BHRSD (adaptado de Heilbron *et al.*, 2006). Coordenadas UTM em m (Zona 23S).

Dessa forma, a BHRSD apresenta um importante contato tectônico onde a vertente norte apresenta rochas granulíticas do Complexo Juiz de Fora, de maior resistência à erosão, e a vertente sul é composta por leucocharnockitos do Domínio Cambuci, que possuem maior suscetibilidade à erosão, por apresentar composição quartzo-feldspática e elevado grau de milonitização.

A seguir a descrição dos dois domínios que ocorrem na BHRSD descritos por Heilbron *et al.* (2006):

Domínio Juiz de Fora: Contém rochas de grão médio a grosso, esverdeadas a escuras, com ortopiroxênio (hiperstênio), pouca biotita e hornblenda, quartzo acima de 20% e concentração variada de feldspato potássico e plagioclásio, classificadas como enderbitos e charnockitos gnaissificados. Os afloramentos se encontram peculiarmente na forma de lajes convexas que sugerem caráter isotrópico a rocha. Entretanto, a petrografia indica a presença de uma fina foliação milonítica, que se intensifica em certos locais. A relativa ausência de minerais micáceos explica, portanto, a ausência de uma planaridade marcante nos afloramentos. Este fato propicia grau elevado de resistência à erosão das rochas deste complexo, em especial ao longo da BHRSD.

Domínio Cambuci: Aflora em sua maior parte como uma rocha leucocrática homogênea, de composição granítica a granodiorítica, com cristais isolados de biotita, piroxênio e anfibólio. Seus planos de foliação se intensificam nas proximidades de zonas de cisalhamento, constituindo lâminas submilimétricas de biotita e opacos, fitas de quartzo centimétricas e por domínios quartzofeldspáticos. Apresenta enclaves de rochas máficas, hornblenda-gnaisses bandados, granada-gnaisses e rochas calcissilicáticas. Composicionalmente pode ser caracterizada como uma rocha quartzo-feldspática. Apresenta elevada alteração na maioria dos afloramentos. Sua foliação é pronunciada e se desenvolve a partir de fitas de quartzo e feldspato, comprovando o caráter milonítico da rocha.

2.4 Hidrogeologia

A hidrogeologia da região é caracterizada pela presença de aquíferos fraturados e aquíferos sedimentares rasos, sendo que 57,4 % da população utilizam água oriunda de poço ou nascente (Prado *et al.*, 2005).

Ferreira *et al.* (2006) através da técnica de Sondagem Elétrica Vertical (SEV) determinaram a extensão do aquífero sedimentar da BHRSD (sedimentos aluviais quaternários), caracterizado por uma camada subhorizontal com espessuras que variam de 2 a 12 metros e o aquífero fissural apresentando faixas de 30 a 50 metros de profundidade com fraturas apresentando *trend* SW-NE. Mansur *et al.* (2006) definiram um possível controle geológico estrutural entre as áreas de mais alto e baixo nível piezométrico da BHRSD, mostrando a importância do aquífero cristalino no comportamento da água subterrânea.

Quanto à caracterização hidrogeoquímica da área, Menezes *et al.* (2009) definiram as águas subterrâneas da BHRSD como sendo predominantemente bicarbonatadas-mistas com tendência à bicarbonatadas-sódicas, ocorrendo ainda, os tipos cloretada-sódica e bicarbonatada-cálcica. Nas águas profundas ocorre a presença dos íons Ca^{+2} e Mg^{+2} em maior quantidade, refletindo o maior tempo de contato da água subterrânea percolante com materiais mais básicos, anfibólitos, ígneas com caráter intermediário.

3 Metodologia

A primeira etapa do trabalho consistiu na discussão dos fatores condicionantes da favorabilidade hidrogeológica e de um levantamento bibliográfico que permitiram a obtenção dos temas, ou seja, dos fatores condicionantes à favorabilidade hidrogeológica. Os temas escolhidos foram: Densidade de Fraturas, Litologia, Tipo de Solo, Uso e Cobertura do Solo e Declividade. Esses temas foram então incorporados a um Banco de Dados Geográficos

Temas	Fonte	Resolução
Litologia	Heilbron <i>et al.</i> , 2006	1:50.000
Solos	Carvalho Filho <i>et al.</i> , 2000	1:500.000
Uso e Cobertura do Solo	Fidalgo & Abreu, 2005	1:50.000
Mapa de Declividade	Embrapa Solos, 2006	1:90.000

Tabela 1 Tabela com as referências e resolução dos temas obtidos para a composição da matriz de favorabilidade da BHRSD.

(BDG) e consequentemente integrados à matriz de favorabilidade de aquíferos fraturados. O mapa de solos necessitou antes ser vetorizado em ambiente SIG (ArcGIS 9.0) para a sua incorporação no BDG. Na Tabela 1 é possível identificar as fontes dos mapas obtidos.

O mapa Densidade de Fraturas foi confeccionado para o presente estudo em escala 1:90.000 e gerado a partir de Imagem Landsat 7 ETM+, que serviu de base para a vetorização de lineamentos estruturais utilizando a ferramenta estatística “ponderador de densidade Kernel” (ArcGIS 9.0), que gera áreas de influência de acordo com a largura e quantidade de fraturas, possibilitando elaborar o mapa de densidade de fraturas. O mapa de densidade de fraturas foi igualmente integrado ao BDG, juntamente com os outros temas.

Com os temas escolhidos incluídos no BDG foi possível gerar uma matriz, que recebeu o nome de Matriz de Favorabilidade Hidrogeológica, representando os temas considerados importantes para favorabilidade e suas respectivas classes.

Questionários foram gerados a partir da Matriz de Favorabilidade e aplicados a profissionais da área, a fim de que fossem atribuídos pesos aos temas e notas às classes. Uma vez com as notas e pesos estabelecidos, esses dados foram tabulados em ambiente SIG e no ArcGIS 9.0 utilizou-se a ferramenta de interseção (*intersect*) para a sobreposição

dos temas. Com os temas tabulados e sobrepostos calculou-se o Índice de Favorabilidade que obedeceu a seguinte expressão.

No cálculo do Índice de Favorabilidade, por se trabalhar com variadas notas obtidas por diversas opiniões, foram utilizados dois métodos estatísticos de tendência central (média e mediana) para definição dos pesos e das notas finais que seriam utilizadas na elaboração do Índice. A média e a mediana desses pesos e notas obtidos encontram-se na Tabela 2.

Ambos os valores de média e mediana foram utilizados para a confecção do Índice de Favorabilidade e como resultado, dois mapas de favorabilidade foram obtidos.

O Índice de Favorabilidade final foi subdividido em 4 classes distintas para a realização da análise de favorabilidade: muito pouco favorável, pouco favorável, moderadamente favorável, e favorável.

De acordo com as notas finais atribuídas aos temas e suas respectivas classes pode-se dizer que a determinação da favorabilidade hidrogeológica obedece a seguinte hierarquização: importância da densidade de fraturas >declividade >litologia >tipo de solo >uso e cobertura do solo.

Na Figura 3 é apresentado o fluxograma de atividades realizadas para a confecção do mapa de favorabilidade hidrogeológica.

$$\text{ÍNDICE DE FAVORABILIDADE} = (P_{\text{DENSIDADE FRATURA}} \times N_{\text{DENSIDADE FRATURA}}) + (P_{\text{TIPO DE SOLO}} \times N_{\text{TIPO DE SOLO}}) + (P_{\text{LITOLOGIA}} \times N_{\text{LITOLOGIA}}) + (P_{\text{USO E COBERTURA}} \times N_{\text{USO E COBERTURA}}) + (P_{\text{DECLIVIDADE}} \times N_{\text{DECLIVIDADE}}) \quad (1)$$

Onde,

P é o peso de cada tema e

N são as notas atribuídas a cada classe, utilizadas para a Análise Multicritério.

4 Resultados

Dois mapas de favorabilidade hidrogeológica

foram obtidos, um para os valores de média e outro para os valores de mediana (Figuras 4 e 5).

Matriz de Favorabilidade		
Temas	Peso (Média)	Peso (Mediana)
Densidade de fraturas	9,11	10,00
Litologia	5,89	7,00
Tipo de solo	5,33	6,00
Declividade	6,67	8,00
Uso e cobertura	4,67	5,00
Classes	Nota (Média)	Nota (Mediana)
Tema: Densidade de Fraturas		
Substrato Muito Fraturado	9,89	10,00
Substrato Fraturado	8,44	8,00
Substrato Moderadamente Fraturado	6,78	7,00
Substrato Fraturado	4,89	4,00
Substrato Muito Pouco Fraturado	3,56	2,00
Tema: Tipo de Solo		
Cambissolo Álico	6,44	7,00
Latosolo Vermelho -Escuro Álico	6,67	7,00
Solos Litólicos Eutróficos	6,22	5,00
Tema: Litologia		
Granada Biotita Gnaise	5,90	6,00
Leucogranito	3,50	3,00
Complexo Juiz de Fora	3,50	4,00
Leucocharnoquito	7,50	8,00
Anfibolito	4,50	4,00
Biotita gnaise migmatito	6,50	6,00
Mármore	7,25	7,00
Tema: Uso e Cobertura do Solo		
Pastagens	6,22	5,00
Área Urbana	2,56	3,00
Floresta Secundária (Mata Alterada)	7,44	8,00
Solo Exposto	5,44	5,00
Afloramento Rochoso	5,00	5,00
Tema: Declividade		
Declividade Alta (>45%)	3,56	4,00
Declividade Moderada (15-30%)	5,89	6,00
Declividade Baixa (5-15%)	7,89	8,00
Declividade Muito Baixa (<5%)	9,22	10,00

Tabela 2 Matriz de Favorabilidade Hidrogeológica contendo a média e a mediana dos pesos e das notas atribuídas aos temas e às classes.

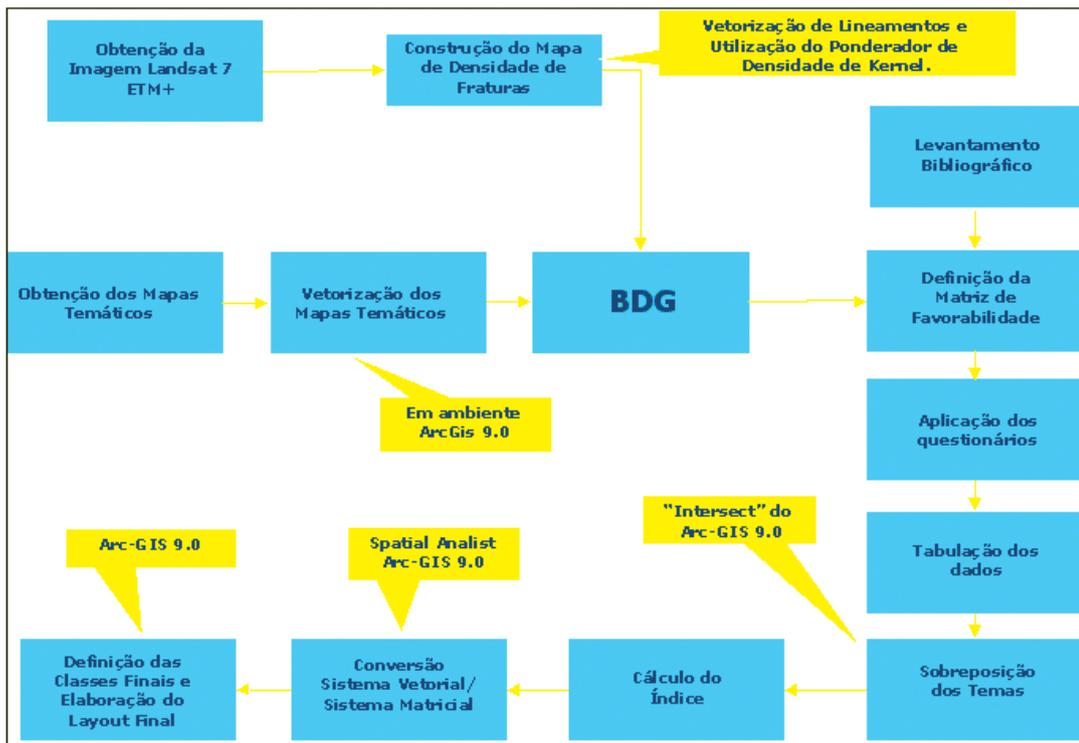


Figura 3 Fluxograma de Atividades para a confecção do Mapa de Favorabilidade Hidrogeológica da BHRSD.

Comparando os dois resultados das Figuras 4 e 5, verifica-se que o método aplicado com valores de média se mostra mais próximo à realidade, pois a localização dos poços tubulares existentes (Figura 6) mostra maior compatibilidade com os resultados da Figura 4.

Observando os dois mapas de favorabilidade hidrogeológica da BHRSD, pode-se dizer que existem dois domínios fortemente distintos. A porção central da bacia constitui a de maior favorabilidade e as cabeceiras apresentam tendência menos favorável. Isso pode ser explicado devido ao maior fraturamento na porção central, constituindo uma zona que bordeja o contato tectônico que divide o Domínio Juiz de Fora do Domínio Cambuci. Por sua vez, o curso do Rio São Domingos ao longo da bacia está encaixado ao longo desse contato tectônico, e as regiões próximas a esse contato são caracterizadas por falhas de empurrão, limitando lentes de rochas milonitizadas com foliação subvertical. Esse quadro

refletiu um maior número de lineamentos estruturais na porção central e, conseqüentemente, zonas de maior densidade de fraturas. Como o tema densidade de fraturas é o que recebe maior nota no presente estudo, este quadro estrutural proporcionou a maior favorabilidade das regiões mais fraturadas.

Outro fator que reforça a maior favorabilidade na porção central, é que além desta ser a mais fraturada, é composta por unidades geológicas que receberam as maiores notas dentro do tema litologia. Essas unidades são o Leucocharnoquito, mármores e biotita gnaiesses que segundo Heilbron *et al.* (2006), são rochas mais susceptíveis à erosão, devido a sua composição mineralógica e elevado grau de milonitização.

Por outro lado, as regiões menos favoráveis que constituem as cabeceiras da bacia são compostas por rochas do Complexo Juiz de Fora de caráter homogêneo, menos fraturadas, e de menor resistência à erosão apesar de miloníticas, além de apresentarem maior declividade, contribuindo para uma menor favorabilidade.

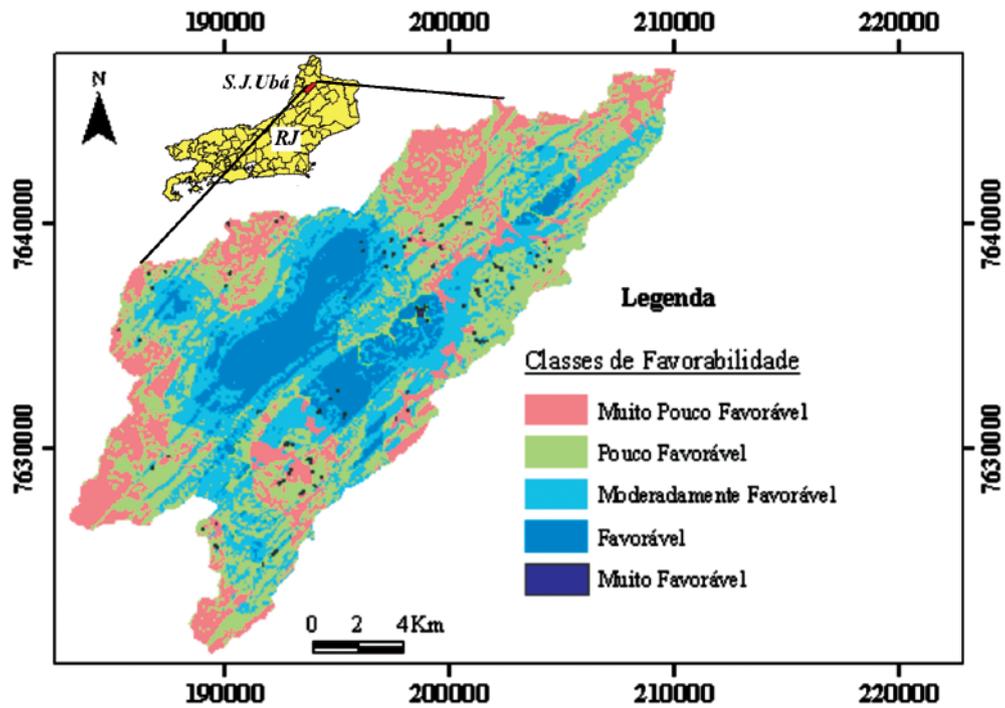


Figura 4 Mapa de Favorabilidade Hidrogeológica com os valores de média. Datum: Córrego Alegre 23S.

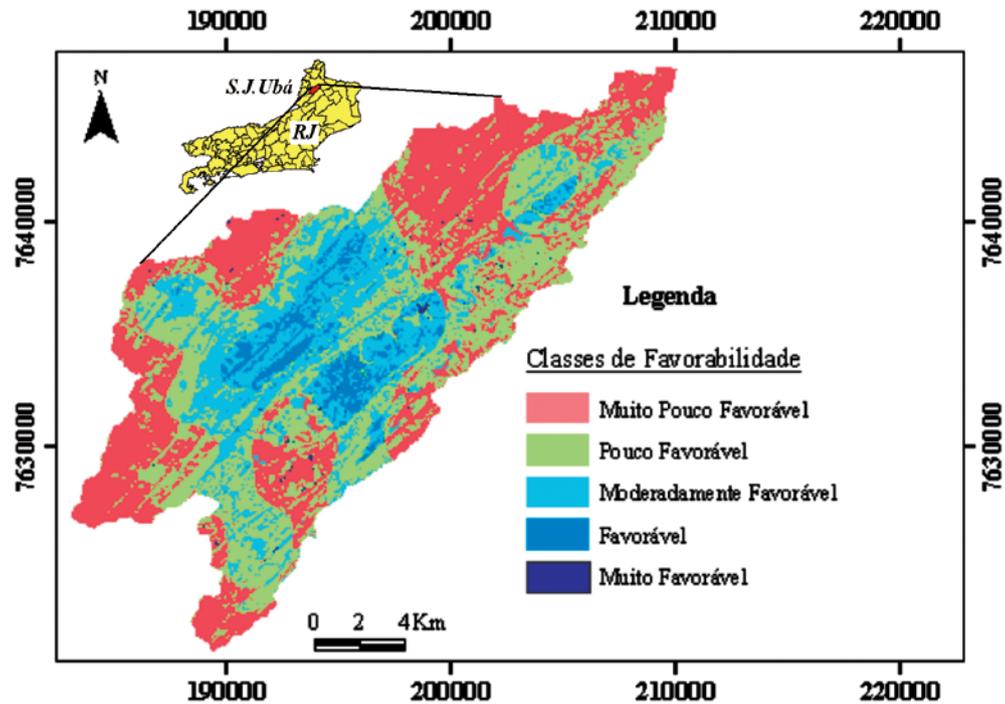


Figura 5 Mapa de Favorabilidade Hidrogeológica com os valores de mediana.

Comparando os mapas de favorabilidade hidrogeológica com a localização de poços e pontos de água (Figura 6), pode-se observar que as áreas centrais indicadas de maior favorabilidade coincidem com as maiores concentrações de poços. Entretanto, observando a localização dos poços profundos percebe-se que se restringe à área indicada como mais favorável, não existindo poços profundos nas áreas indicadas como de menor favorabilidade. Esse fato é coerente e reafirma a região como de menor favorabilidade, uma vez que a inexistência de poços nessa região é consequência da menor produtividade do aquífero cristalino.

A parte noroeste da BHRSD se mostrou, segundo as Figuras 4 e 5, como altamente desfavorável. Antes da execução dos mapas, trabalhos de

campo para levantamento de pontos de água e poços, mostraram que nessa região não existem poços, sendo altamente seca e desabitada.

Apesar de os poços rasos estarem diretamente ligados ao aquífero sedimentar, estes se encontram instalados nos sedimentos aluvionares próximos às drenagens que na bacia são fortemente controladas por lineamentos estruturais; estes lineamentos, por sua vez, acarretam elevado índice de favorabilidade. Segundo Heilbron *et al.* (2006), as estruturas e falhas apresentam em sua maior parte atitude subvertical, mostrando que somando a cobertura sedimentar, essas drenagens controladas por estruturas representam uma relevante zona de recarga, apresentando maior favorabilidade e forte ligação entre o aquífero raso e o aquífero cristalino.

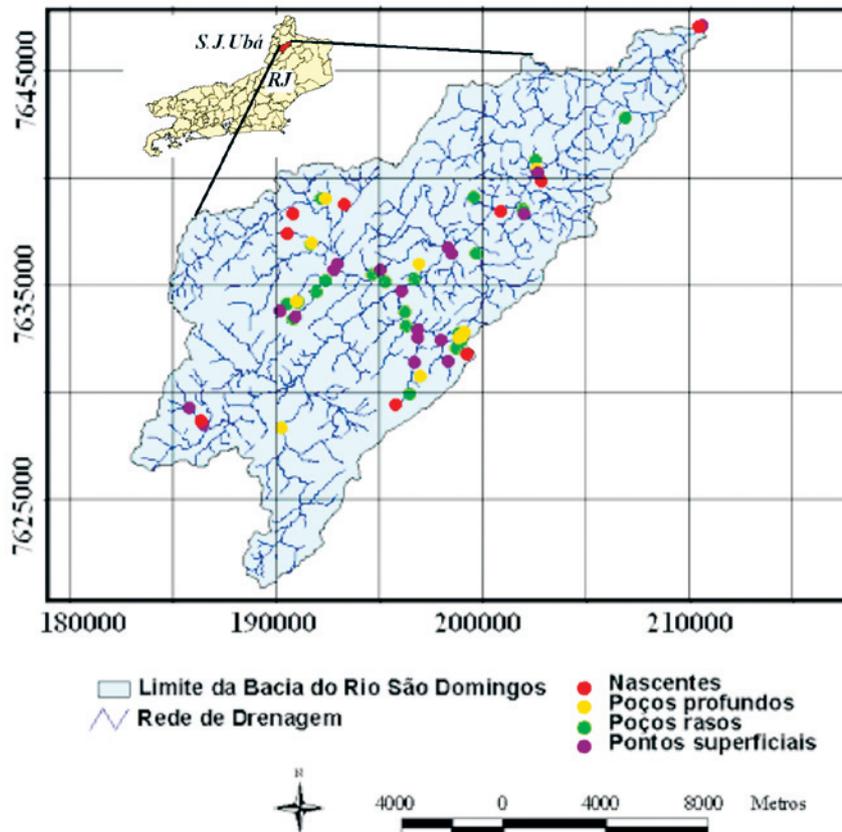


Figura 6 Localização dos pontos de amostragem de água, classificados pelo tipo de corpo d'água (Prado *et al.*, 2005).

5 Conclusões

Os resultados apresentados neste trabalho mostram que o modelo utilizado teve boa resposta no contexto regional da BHRSD. O *layout* final de favorabilidade indicou duas zonas distintas, sendo a porção central a mais favorável e nas cabeceiras da bacia menos favorável. Este resultado está fortemente ligado ao contexto geológico-estrutural da BHRSD, que condiciona este quadro.

O confronto da carta de favorabilidade, resultante dos valores de média dos pesos dos temas e notas das classes, com o mapa de pontos de água cadastrados mostrou forte ligação, validando o método utilizado.

Sugere-se a utilização de ferramentas adicionais para comprovar os resultados, em particular técnicas hidrogeoquímicas para enriquecer o modelo conceitual e levantamentos geológico-estruturais para quantificar adequadamente a importância das fraturas no funcionamento hidrogeológico.

6 Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, que por meio do Edital Universal - MCT/CNPq 02/2006 permitiu a realização desta pesquisa.

7 Referências

- Barreto, A.B.C.; Monsore, A.L.M.; Leal, A.S. & Pimentel, J. 2000. *Hidrogeologia do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília: CPRM, 2000. 1 CD-ROM.
- Carvalho Filho, A.; Lumberras, J.F.; Lemos, A.L.; Santos, R.D.; Calderano Filho, B. & Wittern, K.P. 2000. *Mapa de Solos do Estado do Rio de Janeiro*. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000. 1 CD-ROM.
- Dantas, M.E. 2000. *Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro – Texto Explicativo do Mapa Geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro*. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000. 1 CD-ROM.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2006. Mapa de Declividade. *In: WORKSHOP DE INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES OBTIDAS NO ÂMBITO DO PROJETO PRODETAB AQUÍFEROS*, Rio de Janeiro, 2006. *Anais*, Rio de Janeiro, Embrapa. 1 CD-ROM.
- Ferreira, C. R. C.; La Terra, E. F. & Menezes, P. T. L. 2006. Modelagem Geofísica para Água Subterrânea em Aquíferos Fissurais em São José de Ubá (RJ). *In: WORKSHOP DE INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES OBTIDAS NO ÂMBITO DO PROJETO PRODETAB AQUÍFEROS*, Rio de Janeiro, 2006. *Anais*, Rio de Janeiro, Embrapa. 1 CD-ROM.
- Fidalgo, E.C.C & Abreu, B.M. 2005. Uso de imagens Aster para o mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio São Domingos, RJ. *In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*. 2005. *Anais*, Goiânia: INPE, 2005. p. 3747-3753.
- Freitas, M.A. 2000. Determinação do potencial hidrogeológico de rochas cristalinas através de técnicas de geoprocessamento. *In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS*, 1, Fortaleza, 2000. *Anais*, Fortaleza: ABAS/ALHSUD, 2000.
- Heilbron, M.; Duarte, B.; Nogueira, J.R.; Almeida, C.G.; Tupinambá, M.; Geraldês, M.; Guia, C.; Miranda, A.W.A.; Silva Filho, R.S.; Medeiros F.F. F. & Mansur, K. 2006. Geologia da bacia do Rio São Domingos, São José de Ubá, Rio de Janeiro. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE*, 9, Niterói, 2006. *Boletim de Resumos*, Niterói, SBG.
- Köppen, W. 1948. *Climatologia*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.
- Lumberras, J.F.; Naime, U.J.; Motta, P.E.F.; Palmieri, F.; Carvalho Filho, A.; Baruqui, A.M.; Calderano, S.B.; Fidalgo, E.C.C.; Moreira, D.M. 2006. Solos da Bacia Hidrográfica do rio São Domingos, RJ. *In: WORKSHOP DE INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES OBTIDAS NO ÂMBITO DO PROJETO PRODETAB AQUÍFEROS*, Rio de Janeiro, 2006. *Anais*, Rio de Janeiro, Embrapa. 1 CD-ROM.
- Mansur, K.L.; Martins, A.M.; Medeiros, F.; Vieira, H.; Gomes, L.C. & Silveira, M.L. 2006. Estágio Atual do Conhecimento sobre a Dinâmica da Água Subterrânea com Base no Monitoramento Piezométrico e na Geologia

- do Rio São Domingos-RJ. *In: Workshop de Integração de Informações Obtidas no Âmbito do Projeto PRODETAB Aquíferos, Rio de Janeiro, 2006. Anais, Rio de Janeiro, Embrapa. 1 CD-ROM.*
- Menezes, J.M.; Prado, R.B.; Silva Júnior G.C. Mansur. K.L. Oliveira E.S. 2009. Qualidade da Água e Sua Relação Espacial com as Fontes de Contaminação Antrópicas e Naturais: Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos - RJ. *Eng. Agríc., Jaboticabal, 29(4): 687-698.*
- Nogueira F, J. & Soares, P. C. 1996. Análise da distribuição da água subterrânea em Curitiba através de geoprocessamento. *In: GIS BRASIL, Curitiba, 1996. Anais, Curitiba, Sagres, p.261-272.*
- Ortega, A.G.; Fidalgo, E.C.C.; Bastos, C.L. & Abreu, M.B. 2006. Caracterização climática da Bacia do Rio São Domingos. *In: WORKSHOP DE INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES OBTIDAS NO ÂMBITO DO PROJETO PRODETAB AQUÍFEROS, Rio de Janeiro, 2006. Anais, Rio de Janeiro, Embrapa. 1 CD-ROM.*
- Prado, R.B.; Menezes, J.M.; Mansur, K. L.; Martins, A.A; Freitas, P.; Silva Junior, G.C. Da; Carvalho, L.G.; Pimenta, T.S. & Lima, L.A. 2005. Parâmetros de Qualidade da Água e sua Relação Espacial com as Fontes de Contaminação Antrópicas e Naturais: Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos, RJ. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16, João Pessoa, 2005. Anais, João Pessoa, ABRH. 1 CD-ROM.*
- Souza, A.L.N.; Fernandes, V.H.; Carvalho, L.G. & Antunes, M.A.H. 2003. Ferramentas de geoprocessamento para estudos de potencial hidrogeológico. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 21, Belo Horizonte, 2003. Anais, Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Cartografia.*