

ESTÁGIO ATUAL DO CONHECIMENTO SOBRE A DINÂMICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA COM BASE NO MONITORAMENTO PIEZOMÉTRICO E NA GEOLOGIA DA BACIA DO RIO SÃO DOMINGOS - RJ

Martins, A. M. ⁽¹⁾ Mansur, K. L. ⁽¹⁾; Medeiros, F. ⁽³⁾, Vieira, H. ⁽⁴⁾; Carvalho, L. G. ⁽⁵⁾ e Silveira, M. M. L. ⁽⁶⁾

Resumo

O município de São José de Ubá ocupa cerca de 90% na Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos - BHRSD, na região denominada Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, castigada freqüentemente por severas e prolongadas estiagens, que secam a maioria dos tributários da bacia. Nessa ocasiões, a água subterrânea ganha importância crucial, tornando-se a alternativa para os diversos usos. Por este motivo, a BHRSD foi escolhida como área de abrangência do Projeto "Planejamento Conservacionista das Terras e Modelagem Preditiva de Sistemas Aqüíferos do Cristalino para a Recarga Hídrica em Bacias Hidrográficas de Relevo Acidentado", concebido para subsidiar tecnicamente a implantação de práticas conservacionistas em áreas de agricultura de base familiar, tendo como uma de suas diretrizes a racionalização do manejo e uso da água, através da maximização da infiltração e da retenção da água na bacia. O projeto, financiado pelo Banco Mundial/PRODETAB, tem a participação da EMBRAPA Solos, DRM-RJ, UFRJ, UERJ, Observatório Nacional, PUC-Rio, EMATER-RJ, INT, FEEMA, Prefeitura de S. José de Ubá, entre outras instituições. São apresentados e comentados neste trabalho os resultados preliminares de nove meses de monitoramento piezométrico do sub projeto "Monitoramento Integrado dos Recursos Hídricos e Definição das Zonas de Recarga dos Aqüíferos", coordenado pelo DRM-RJ.

Palavras-Chave: EXUTÓRIO, PIEZOMETRIA

Abstract

São Domingos Drainage Basin - SDDDB is almost ninety percent comprised by São José de Ubá county in the so called Rio de Janeiro State Northwest region. Often targeted by drastic and drawn out droughts, groundwater gains special importance for several uses because most streams become dry on those occasions. So, SDDDB was chosen as operation area of Ground Conservative Planning and Prediction Modelling of Fractured Rocks Aquifers Recharge in High-Altitude Drainage Basins Project, designed for technical support for implantation of conservation practices in community agricultural areas. Rational management of water use is strongly recommended to reach that purpose. Financed by BIRD, the project is carried out by some government organizations and universities like EMBRAPA-Solos, Observatório Nacional, DRM-RJ, UFRJ, UERJ, EMATER-RJ, FEEMA, INT and São José de Ubá City Hall. Preliminary results of nine months potentiometric monitoring comprised by DRM-RJ co-ordinated "Integrated water resources monitoring and aquifers recharge area delimitation" sub-project are presented and commented here.

Nota: DRM-RJ – Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro – Rua Marechal Deodoro, 351 – Centro – Niterói – RJ – 24030-060 -

⁽¹⁾ admarques@drm.rj.gov.br; ⁽²⁾ kmansur@drm.rj.gov.br; ⁽³⁾ felipemedeiros@drm.rj.gov.br;

⁽⁴⁾ hermanivieira@drm.rj.gov.br, ⁽⁵⁾ lsgomes@drm.rj.gov.br e ⁽⁶⁾ mgl@drm.rj.gov.br

1- Introdução

A Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos – BHRSD faz parte do complexo hidrográfico da Bacia do rio Paraíba do Sul, onde o rio São Domingos é afluente de segunda ordem do rio principal. Situada na região denominada Noroeste Fluminense, a BHRSD tem cerca de 90% de sua área de 280 km² ocupada pelo município de São José de Ubá, um dos maiores produtores de tomate do Estado do Rio de Janeiro.. Castigada por severas e prolongadas estiagens, que secam a maioria dos seus cursos d'água, a região tem na água subterrânea uma alternativa crucial para suas diversas demandas, nesses períodos. São José de Ubá, com exceção da sede municipal, tem toda sua população abastecida a partir de poços tubulares profundos, cacimbas e fontes para os diversos usos.

Por esta razão, a BHRSD foi escolhida como área de atuação do Projeto “Planejamento Conservacionista das Terras e Modelagem Preditiva de Sistemas Aquíferos do Cristalino para a Recarga Hídrica em Bacias Hidrográficas de Relevo Acidentado”, concebido para subsidiar tecnicamente a implantação de práticas conservacionistas em áreas de agricultura de base familiar, tendo como uma de suas diretrizes a racionalização do manejo e uso da água, através da maximização da infiltração e da retenção da água na bacia. O projeto, financiado pelo Banco Mundial/PRODETAB é coordenado pela Embrapa-Solos e é executado em parcerias com o DRM-RJ, UFRJ, UERJ, Observatório Nacional, PUC-Rio, EMATER-RJ, INT, FEEMA, Prefeitura, entre outras instituições.

O presente trabalho aborda o comportamento sazonal da piezometria, analisando os fatores intervenientes, em particular a geologia estrutural da área estudada.

2- Localização, Geomorfologia, Clima, Hidrografia

As Figuras 1 e 2 abaixo mostram a localização da BHRSD no Estado do Rio de Janeiro e em relação à Bacia do rio Paraíba do Sul. A região estudada está inserida no domínio geoambiental do Norte-Noroeste Fluminense, que consiste em uma vasta depressão interplanáltica, alternada com alinhamentos serranos de direção estrutural NE-SW. A área está contida em um desses alinhamentos serranos e é marcada pela forte incidência de erosão laminar e em sulcos, como evidenciam a grande quantidade de áreas desnudas em meio às pastagens, sobretudo na área de domínio de Argissolos Vermelhos pouco espessos, em relevo forte ondulado e montanhoso, sob condição de vegetação original de floresta tropical subcaducifólia.

Localização da Bacia do R. São Domingos no Estado do Rio de Janeiro

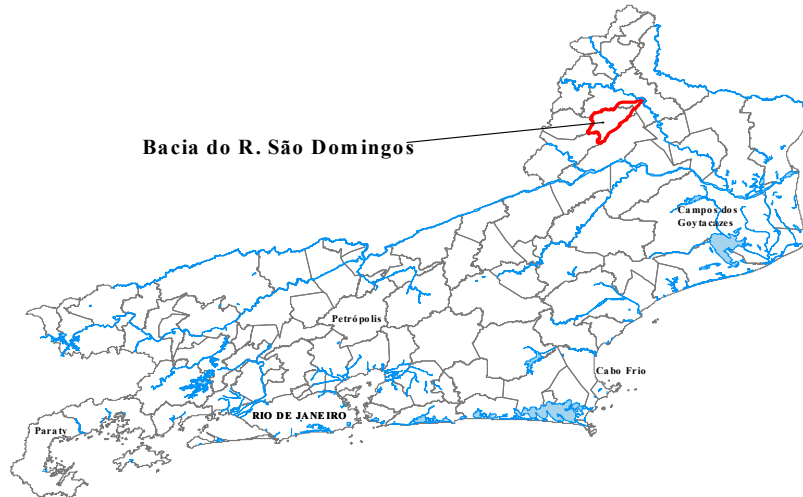


Figura 1 – Localização da Bacia no Estado

Bacia do R. São Domingos, São José de Ubá, RJ

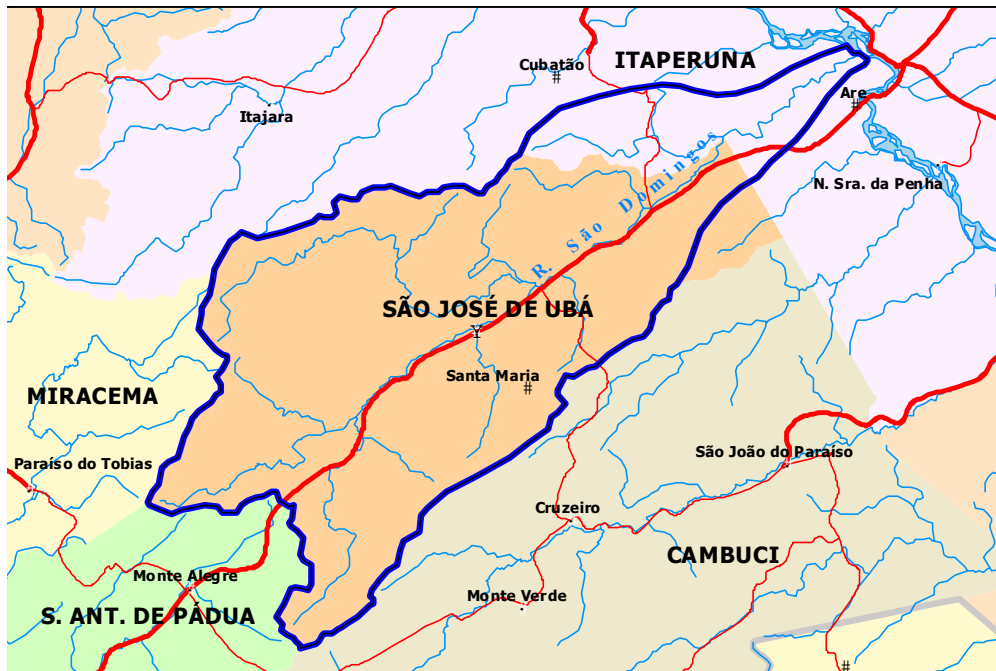


Figura 2 - Localização dos Municípios na Bacia

A deficiência hídrica prolongada (Fig.3) e o predomínio de relevo movimentado constituem importantes fatores limitantes às atividades agrícolas na área em estudo.

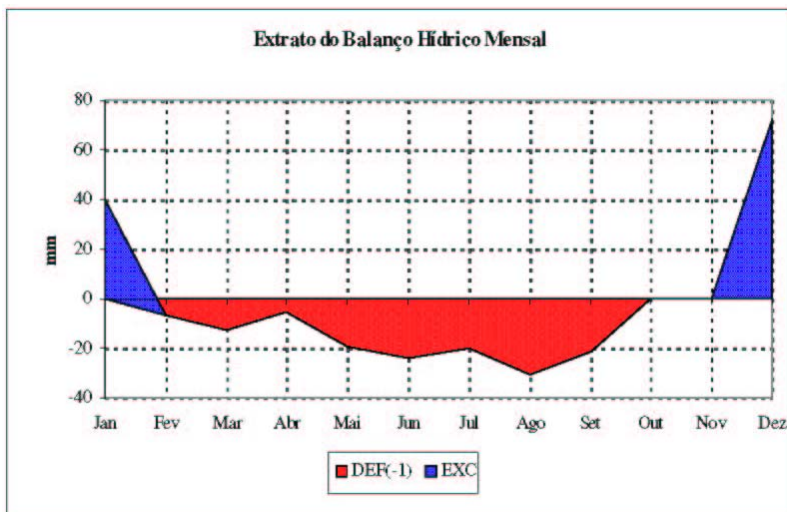


FIGURA 3 - Balanço hídrico para a BHRSD, média para as séries históricas compreendidas de 1960 a 1990 - Ortega, 2004 (in Menezes, 2005)

3- Geologia (Heilbron et al, 2005)

O substrato da BHRSD é constituído por rochas pré-cambrianas com idades entre 2,4 Ga e 500 Ma, integrantes da Faixa Ribeira. Regionalmente, a estruturação dessas rochas reflete um episódio de colisão continental entre o Cráton do São Francisco e um arco magmático do Neoproterozóico, ocorrido há 580 Ma. Estes compartimentos tectônicos são separados por uma importante descontinuidade estrutural que divide longitudinalmente a bacia. Grande parte do curso do Rio São Domingos é controlado por esta zona de fraqueza estrutural (Fig-4 – Mapa Geológico).

Ao norte desse limite, no Domínio Juiz de Fora, a principal estrutura observada é uma forte foliação milonítica, planar, com porfiroclastos de minerais mais competentes. Todos os contatos entre as diferentes unidades são fortemente deformados, lineares, constituindo claramente zonas de recarga do aquífero fraturado cristalino. Neste domínio, afloram três conjuntos rochosos distintos:

a) Complexo Juiz de Fora: compreende granulitos foliados de origem ígnea e coloração esverdeada. Quando mais deformados, assumem forte foliação milonítica planar, perdem a coloração esverdeada, apresentam paragêneses metamórficas de menor temperatura (retrogressão) e se transformam em um conjunto gnáissico branco e preto. As idades U-Pb indicam o intervalo entre 2.4 e 2.0 Ga.

b) Grupo Andrelândia: caracteriza-se por uma associação de gnaisses de origem sedimentar com composição pelítica a semi-pelítica e freqüentes texturas migmatíticas, com idades entre 1,0 e 0.79 Ga.. Apresentam lentes métricas de quartzitos, gonditos e rochas calcisilicáticas de coloração esverdeada.

c) Granada leucogranitos a leucocharnockitos foliados, com OPX e/ou biotita, formando corpos descontínuos ao longo dos contatos entre os dois conjuntos acima. Idades de corpos semelhantes situam-se entre 585 e 570 Ma.

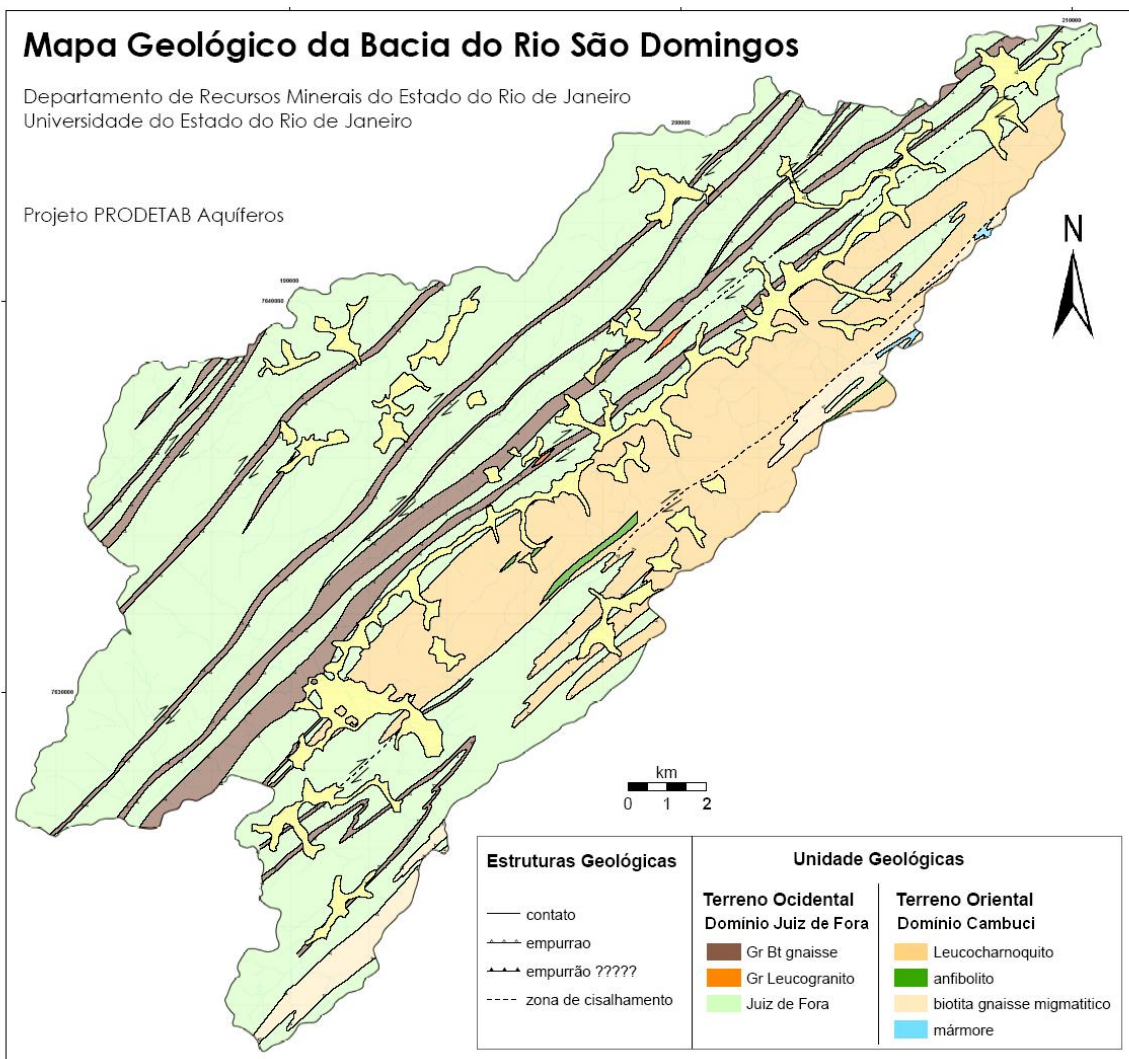


Figura 4 – Mapa Geológico da Bacia do Rio São Domingos

A sul da descontinuidade principal, no Domínio Cambuci, afloram outros dois conjuntos rochosos distintos. Diferentemente do domínio anterior, este se caracteriza por uma foliação gnáissica mais descontínua, migmatítica e freqüentes dobras em todas as escalas. Rochas miloníticas só foram encontradas na região de contato.. As unidades rochosas descritas são as seguintes:

a) Biotita gnaisses bandados, localmente com granada e sillimanita, com lentes de mármore dolomítico formam o conjunto metassedimentar . Texturas migmatíticas são muito freqüentes, com alta proporção de veios leucossomáticos, esverdeados e com OPX;

b) Leucognaisses a leucocharnockitos, com OPX e granada, foram interpretados como originados da fusão parcial do conjunto metassedimentar. Lentes de rochas mais refratárias, como biotitito com granada, rochas calcissilicáticas, granada gnaisses quartzosos e rochas básicas ocorrem no interior deste granitóide, reforçando sua origem como fusão parcial do conjunto anterior.

Um complexo arranjo de fraturas, importantes na geração de zonas de fraqueza no cristalino completam o quadro estrutural local.

4- Hidrogeologia

O aquífero fissural é predominante na bacia, uma vez que a pequena espessura dos aluviões e solos residuais e colúviais torna o aquífero poroso inexpressivo, prestando-se apenas para aproveitamento de cacimbas e poços tubulares manuais de pouca profundidade (2 a 4 metros).

A acumulação de água subterrânea é fortemente condicionada pelo baixo e mal distribuído regime pluviométrico regional, concentrado em cerca de 70% nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Além da distribuição irregular das chuvas ao longo do ano, o pequeno percentual de cobertura vegetal, a erosão dos solos e o assoreamento dos corpos d'água estão contribuindo para diminuir o volume de recarga. A erosão hídrica desagrega os torrões do solo devido ao impacto das gotas de chuva no solo nu, favorecendo o escoamento da água que não infiltra no solo, formando as enxurradas. Estas retiram da área de plantio o solo, os adubos, as sementes e mudas, restos de cultura, matéria orgânica e agrotóxicos, depositando-os em rios, açudes, barragens, causando maior turbidez da água, assoreamentos, enchentes e poluição ambiental. Desta forma, os rios têm reduzida a sua capacidade de armazenamento de água (grande parte dos cursos d'água secam durante a estiagem) como mostra a figura 5, mas é importante ressaltar que o manejo inadequado das terras e a retirada da cobertura vegetal são fatores agravantes deste processo. Assim, o ciclo hidrológico se encontra alterado e a reposição dos aquíferos se encontra também prejudicada. Processos erosivos e plantio morro abaixo são comumente observados (figuras 6 e 7).



Figura 5: Córrego com leito seco, na estiagem. Foto: Rachel Bardy Prado, 2003.



Figuras 6 e 7: Encosta com erosão laminar e plantio de tomate morro abaixo, respectivamente, em uma área da BHRSD. Foto: Rachel Bardy Prado, 2003.

Os demais fatores de recarga são constituídos pela rede de drenagem e densidade de fraturas. Conforme observado no item anterior, as rochas do Domínio Juiz de Fora situadas a norte da grande

descontinuidade que divide longitudinalmente a bacia, favorecem, pelas suas estruturas (foliação, contatos litológicos e densidade de fraturas) a recarga do sistema aquífero fissural.

5- Materiais e Métodos

Coordenado pelo DRM-RJ, o Subprojeto 2 - Monitoramento Integrado dos Recursos Hídricos e Definição das Zonas de Recarga dos Aquíferos utiliza diversas ferramentas e estudos como mapeamento geológico com ênfase na análise estrutural, levantamentos geofísicos, monitoramento piezométrico, da qualidade da água, da pluviometria e da fluviometria, que são conduzidos pelas diversas instituições. As seguintes metas já foram, estão sendo ou serão realizadas por conta deste subprojeto:

(a) monitoramento da qualidade da água: em 65 pontos de amostragem, sendo 27 cacimbas, 10 nascentes, 10 poços profundos e 18 superficiais. Parâmetros físico-químicos, incluindo metais pesados e análise bacteriológica (semestralmente); organofosforados e organoclorados (anualmente) - parceria com Embrapa-Solos; UFRJ, FEEMA e INT;

(b) mapeamento geológico detalhado: para conhecimento dos sistemas de falhas/fraturas para auxiliar o entendimento da circulação da água no meio fissural, bem como a identificação dos litotipos passíveis de influenciar a qualidade da água - parceria com a UERJ através da realização de um estágio de campo;

(c) caracterização geofísica: para esclarecimento de estruturas geológicas, espessura dos solos e presença de água – levantamento de duas áreas-alvo, já realizado em parte pela UERJ e ON;

(d) levantamento de parâmetros hidrodinâmicos dos meios poroso e fraturado através de ensaios de infiltração e testes de aquíferos utilizando poços e piezômetros: a ser realizado por UERJ, PUC-Rio e CPRM;

(e) monitoramento mensal da potenciométrica - para determinação das direções de fluxo e investigação da relação água subterrânea/água superficial e das áreas de recarga e descarga, bem como determinação da reserva renovável do aquíferos - feito com a UFRJ

a) *Escolha dos pontos de monitoramento* – usando-se um Modelo Digital de Terreno - MDT confeccionado a partir da base IBGE em escala 1:50.000, elaborou-se um mapa de classes de declividades (0° a 2° ; de 2° a 6° ; de 6° a 12° ; 12° a 18° e $> 18^{\circ}$), sobre o qual, com o auxílio do software ArcView 3.3, foram sobrepostas bases como a geologia e hidrologia. Procurando-se recobrir todo o território da bacia em termos de tipos de litologia, microbacias e áreas com declividade menor que 12° , foram selecionados cerca de 170 pontos para análise de qualidade e medição do nível piezométrico. Trabalhos de campo levaram à seleção de 39 poços domésticos e apontaram a necessidade de construção de outros 10 de monitoramento (Figura 8). Os 21 poços tubulares profundos do município não possuíam tubo piezométrico nem torneira na tubulação de saída da água bombeada para

coleta de amostras. Decidiu-se por implantar os tubos e torneiras em 10 poços da Prefeitura, que só agora iniciaram o seu monitoramento.

b) *Georeferenciamento dos poços* - empregando-se um par de GPS da marca Trimble, modelo GEOEXPLORER®3, foi realizado o georeferenciamento dos poços. As coordenadas obtidas no modo diferencial foram pós-processadas no *Software* Pathfinder Office 2.8 - Trimble com a finalidade de atingir precisão submétrica. A metodologia utilizada, com o transporte das coordenadas do Marco 337 em Miracema para a CEASA em S. José de Ubá (Figura 9), levou a uma precisão das medidas de 0,1 m para as coordenadas E e N e de 0,4 m para a altitude. A partir da base CEASA foram georeferenciados os 49 poços monitorados.



Figura 81- Implantação de poço de monitoramento em Santa Maria



Figura 9 - CEASA em São José de Ubá – DGPS instalado para medição

c) *Aquisição de dados dos poços* – as profundidades dos níveis d’água foram obtidas por meio de um medidor dotado de sensor elétrico, da marca Jaciri, tendo sido também medidas as alturas das bocas dos poços, com precisão de até duas casas decimais. Dessa forma as cotas piezométricas foram obtidas, subtraindo-se as profundidades do NA das cotas topográficas dos pontos d’água. Com estes dados foram construídas as curvas isopiezométricas mensais e determinada a direção e sentido do fluxo subterrâneo. A medida dos níveis d’água em cada poço selecionado é realizada toda primeira semana de cada mês. Os dados são lançados em planilha própria. Vale ressaltar o período já monitorado vai de outubro de 2005 a junho de 2006 e, portanto, não compreende 1 ano hidrológico completo.

d) *Geoprocessamento* - Os dados pontuais da altitude piezométrica foram calculados pela subtração entre um modelo digital de elevação, criado a partir das curvas de nível das cartas 1:50.000 do IBGE (Fls. Miracema e São João do Paraíso) e a profundidade do nível d’água calculada para cada

poço. Os dados resultantes foram interpolados através do aplicativo ArcView 3.3, utilizando-se o interpolador “Inverse Distance Weighted”, que estima o valor de cada célula numa matriz, através do cálculo da média dos valores de pontos amostrais na vizinhança de cada célula. O mais próximo que um ponto esteja do centro de uma célula que está sendo estimada, mais influência ele terá no processo de cálculo da média. Este processo assume que a variável sendo mapeada diminui, em termos de influência, com a distância a partir do ponto onde foi amostrada (ESRI, 2002).

e) Mapeamento Geológico – Estrutural – O mapeamento geológico foi realizado através de visitas às exposições rochosas e saprolitos. São reconhecidos os diferentes litotipos e observadas as relações de campo entre os mesmos. Também são caracterizadas e medidas as estruturas geológicas, tais como foliações, lineações, fraturas, dobras, falhas e etc. O trabalho de campo é ainda complementado com fotografias das principais feições geológicas. Os pontos visitados são localizados com auxílio de GPS, fotografias aéreas, etc. Do ponto de vista geológico e estrutural, na área da BHRSD afloram rochas cristalinas pré-cambrianas recobertas por sedimentos aluviais recentes ao longo das principais drenagens. Uma importante descontinuidade geológica corta a área longitudinalmente (rumo NE-SW) limitando os domínios Juiz de Fora a norte e Cambuci a sul (HEILBRON et al, 2005). Os aluviões e solos em geral são pouco espessos. Segundo JOSÉ R. MACEDO (comunicação pessoal, 26 de junho de 2006), os perfis de solo nos vales da BHRSD não chegam a atingir 2 metros de espessura.

6- Resultados e Discussão

O resultado dos 9 meses de monitoramento do nível piezométrico em 49 pontos de coleta de dados na BHRSD gerou um gráfico onde a variação do nível d’água mostra a predominância, para quase a totalidade dos poços, dos níveis mais altos no mês de janeiro e os mais baixos em junho de 2006. Esta constatação é coerente com a caracterização obtida por ORTEGA (2004, in MENEZES, 2005), conforme Figura 3 que apresenta o balanço hídrico para a BHRSD, evidenciando uma maior infiltração nos meses de verão.

A partir daí foram elaborados os mapas de interpolação de dados de nível piezométrico para os meses de janeiro e junho. Identificou-se que as microbacias de Santa Maria/Cambiocó, Barro Branco e Campo Grande permitiam uma melhor visualização da evolução da piezometria da BHRSD, o que pode estar sendo condicionado pelas características hidrogeológicas e a maior densidade de pontos de monitoramento. Também fundamental para análise espacial dessas informações

foi o lançamento do mapa geológico (HEILBRON et al., 2005) como um *layer* dos mapas de interpolação, conforme observado nas Figuras 4A, B e C.

Microbacia de Barro Branco – está inserida no Domínio Juiz de Fora. Predominam ortoderivadas granulíticas, segmentadas por lentes alongadas na direção NE-SW compostas por metassedimentos pelíticos, ricos em granada e biotita. Em todo conjunto encontra-se impressa uma forte deformação milonítica, que forma regiões com rochas muito estiradas e com forte lineação. Os principais córregos da microbacia estão encaixados na direção principal de foliação das rochas. O mapa isopiezométrico mostra que o fluxo da água subterrânea ocorre no sentido do exutório da microbacia, sendo que, na porção mais baixa, seu sentido é mais coerente com o *strike* das camadas do que com canal da drenagem, demonstrando um controle geológico- estrutural no escoamento sub-superficial.

Microbacia de Campo Grande – encontra-se no limite entre os domínios tectônicos Juiz de Fora e o Cambuci, o qual ocorre na microbacia principalmente como metassedimentos compostos por biotita gnaisses bandados freqüentemente migmatíticos e com intercalações de mármore (Heilbron et al., 2005). Neste domínio, a deformação é caracterizada por uma foliação gnáissica e dobramentos, com rochas miloníticas restritas às regiões de contatos tectônicos. Os córregos da porção NE da microbacia tem configuração mais dendrítica, enquanto os do restante da área são encaixados segundo a direção preferencial de foliação das rochas. Observa-se, também, um fluxo subterrâneo preferencial na direção do exutório da microbacia, sendo que a área de nível piezométrico mais alto ocorre somente nas cabeceiras do Ribeirão São Romão, não existindo no Córrego da Areia. Por outro lado, a zona de cisalhamento que corta a microbacia na sua porção NW, parece influenciar na configuração da área de mais baixo nível piezométrico.

Microbacia Santa Maria / Cambiocó – também encontra-se no limite dos domínios Juiz de Fora e Cambuci. Como diferença da Microbacia de Campo Grande, há uma maior ocorrência de ortognaisses charnoquíticos leucocráticos com OPX e granada com lentes de metassedimentos e metabásicas. A região de Cambiocó aparece como uma importante área que reúne condições de recarga (mais do que a de Santa Maria) e a descarga do fluxo subterrâneo se dá também no exutório. A zona de cisalhamento que separa os dois domínios tectônicos parece separar, também, as áreas de mais alto e baixo nível piezométrico.

7- Conclusão

- a) Parece haver um controle geológico-estrutural entre as áreas de mais alto e baixo nível piezométrico.

- b) Não foi possível representar diferenças nos mapas de superfície piezométrica entre os meses de maior e menor pluviosidade, apesar de se verificar variações no nível d'água de até 70 cm nesses períodos nos poços monitorados.
- c) É fundamental que o monitoramento piezométrico se prolongue por mais 1 ano, uma vez que a pequena variação encontrada entre os meses de estiagem e os de chuvas pode estar influenciada pelo regime pluviométrico atípico nos meses de monitoramento. Esta extensão dos trabalhos poderá propiciar a possibilidade de monitoramento dos poços profundos, o qual só foi iniciado há 3 meses em 3 pontos.

8- Referências Bibliográficas

HEILBRON; Monica DUARTE, Beatriz P.; NOGUEIRA, José Renato; ALMEIDA, Júlio Cesar H.; TUPINAMBÁ, Miguel; GERALDES, Mauro C.; GUIA, Clayton; MIRANDA, Alan W. A.; SILVA FILHO, Romeu S.; MEDEIROS Felipe F. F.; MANSUR, Kátia. “Geologia da bacia do rio São Domingos, São José de Ubá, Rio de Janeiro”. In *Boletim de Resumos do 9º Simpósio de Geologia do Sudeste (SBG)*, p. 118, Niterói, Brasil. 2005.

ESRI. “Using ArcGIS Spatial Analyst”, Manual, 2002.

MANSUR, Kátia; MARTINS, Aderson; FREITAS, Pedro Luiz. “Monitoramento integrado dos recursos hídricos e definição das zonas de interesse para recarga dos aquíferos na bacia do rio São Domingos, São José de Ubá, RJ”. In *Boletim de Resumos do 9º Simpósio de Geologia do Sudeste (SBG)*, p. 117, Niterói, Brasil. 2005.

MENEZES, Juliana M. *Hidrogeoquímica da bacia hidrográfica do rio São Domingos - São José de Ubá/RJ*. Dissertação de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

PRADO, Rachel Bardy; FREITAS, Pedro, MENEZES, Juliana; MANSUR, Kátia; MARTINS, Aderson; PIMENTA, Thais; CARVALHO, Luís “Caracterização da qualidade da água na BHRSD em conformidade com a legislação e sua relação espacial com o meio físico e fontes de contaminação’ in *ANAIS do XVI Congresso da ABRH – João Pessoa - 2005*

