

ASPECTOS HIDRODINÂMICOS DOS AQUÍFEROS ALUVIONARES A OESTE DA BACIA DO RIO GUANDU, MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA/ RIO DE JANEIRO

Giselle Ramalho Barbosa¹; André Luiz Mussel Monsores²; Alexis Rosa Nummer³; Alan Wanderley Albuquerque Miranda⁴; Diego Rodrigues Martins Castro⁵ & Décio Tubbs Filho⁶

Resumo - O presente artigo compreende parte do Projeto “Estudos Hidrogeológicos dos Aquíferos Intergranulares a Oeste do Rio Guandu, Município de Seropédica/ RJ”, elaborado pelo Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro – DRM/ RJ, a fim de atender as medidas de compensação exigidas na implantação de usinas termelétricas em território fluminense. Teve o financiamento da Sociedade Fluminense de Energia Ltda – ELETROBOLT, e contou com a participação das empresas MINERAL, ASA – Assessoria e Serviços Ambientais e AGRAR. Aqui está sendo abordado os aspectos hidrodinâmicos da área, com vistas a fornecer informações sobre a potencialidade do sistema aquífero intergranular estudado, tendo como base os dados de condutividade hidráulica, transmissividade, coeficiente de armazenamento e capacidade específica obtidos através de teste de bombeamento, interpretados com o auxílio do método de Newman, utilizando o software Aquifer Test, bem como de ensaios de permeabilidade na zona não saturada, buscando determinar a permeabilidade vertical nos diferentes tipos de solos e coberturas que ocorrem na área. A elaboração do mapa potenciométrico do Aquífero Intergranular evidenciou a zona de recarga nas regiões topograficamente mais elevadas com o fluxo subterrâneo na direção de N (norte) - NW (noroeste) para S (sul) – SE (sudeste), sendo verificada sua descarga na direção do Rio da Guarda.

Abstract - This present paper shows hydrodynamics aspects of the intergranular aquifer of the west of the River Guandu basin, in SE Brazil. The hydrodynamic parameters of the aquifer like conductivity (K), transmissivity (T) and storativity (S), had been determined from the analysis of the data of pumping test recovery using Newman’s methodology, with aid of “Aquifer Test”

¹ Geóloga, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geologia, Setor de Hidrogeologia, UFRJ. E-mail:gisaramalho@hotmail.com.

² Hidrogeólogo convidado. E-mail: emnosso@uol.com.br.

³ Professor Adjunto Departamento de Geociências – Laboratório de Geoprocessamento Aplicado/ UFRuralRJ.

⁴ Mestrando do curso de pós-Graduação em Geologia UERJ.

⁵ Aluno de graduação do curso de Geologia da UFRuralRJ.

⁶ Professor adjunto Departamento de Geociências – Hidrogeologia Ambiental – UFRuralRJ.

software, and also using the results of permeability assays in the vadose zone. According with the average values of hydrodynamic parameters acquired, it could be classified as a medium potential exploitation intergranular aquifer.

Palavras-Chave - Aquífero intergranular; bacia do Rio Guandu; aspectos hidrodinâmicos.

INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Através do mapa potenciométrico elaborado foi possível conhecer as zonas de descarga, recarga e trânsito do aquífero, bem como o sentido do fluxo subterrâneo. Os testes de bombeamento mais os resultados dos ensaios de infiltração *in situ* dos solos forneceram dados a respeito de áreas com maior ou menor transmissividade, condutividade hidráulica e relacionado aos ensaios, permeabilidade vertical.

A região de estudo situa-se na zona oeste do Município do Rio de Janeiro, englobando todo o município de Seropédica e parte de Itaguaí (Figura 1). O acesso pode ser feito tanto pela antiga estrada Rio-São Paulo (BR-465) como pela estrada Presidente Dutra (BR-462). Várias estradas vicinais cortam a área, bem como uma ferrovia. O interesse na bacia do Rio Guandu explica-se pela existência de importante aquífero intergranular relacionado aos depósitos fluviais e pela vizinhança com a ETA (Estação de Tratamento de Água) do Guandu, principal distribuidora de água para a Região Metropolitana da Cidade do Rio de Janeiro. Dessa forma, dentro do projeto desenvolvido, a parte de avaliação hidrodinâmica teve como objetivo o conhecimento das capacidades dos materiais aluvionares em receber, armazenar e transmitir água, com vistas a determinar a potencialidade do aquífero intergranular estudado, fornecendo subsídios aos órgãos governamentais gestores no sentido de planejar a utilização racional deste manancial.

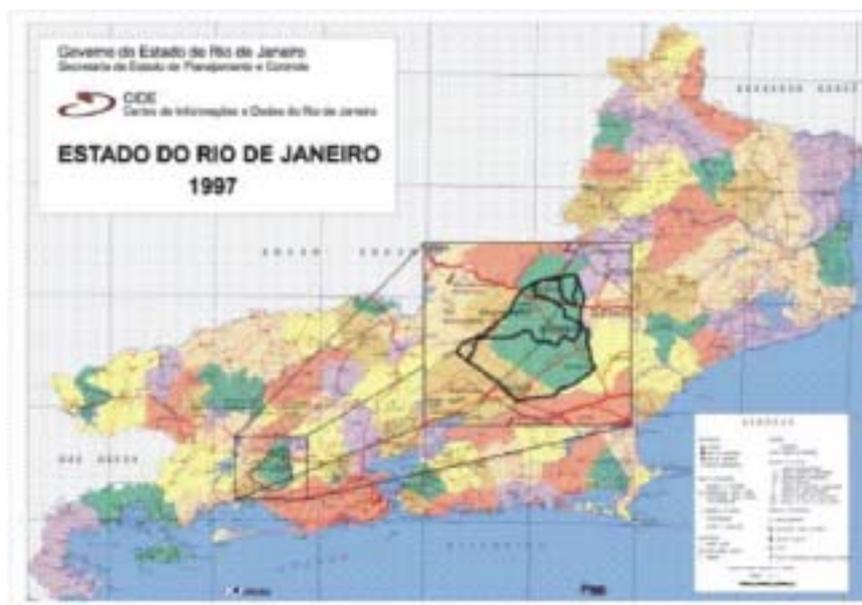


Figura 1 – Mapa de Localização da Área (Adaptado de Fundação CIDE, 1997).

CONTEXTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA

Topograficamente o município de Seropédica é caracterizado pela Região Serrana (RS), que envolve a porção NW da área e refere-se ao Domínio Geomorfológico da Serra do Mar, que apresenta compartimentos de maior desnivelamento acima de 800m , e pela Região de Baixada (RB) que se estende do pé das escarpas da RS até a orla marítima, onde segue seu contorno, apresentando colinas isoladas, que representam feições residuais das rochas do embasamento pré-cambriano.

Geologicamente a área é constituída de rochas de idade Pré-cambriana, fraturadas na direção preferencial NW/SE, sobrepostas por cobertura sedimentar Terciária/ Quaternária de origem flúvio-lacustre.

O contexto hidrogeológico é representado pelos sistemas aquíferos fraturados, de caráter livre a semiconfinado e permeabilidade associada principalmente a fraturamentos abertos nas rochas cristalinas. A espessura é indeterminada, podendo variar localmente de acordo com a existência ou não de fraturas abertas. Os sistemas de fraturamentos principais para o acúmulo de água são NE-SW e NW-SE. De acordo com informações restritas a dois poços construídos pela CEDAE, estes sistemas quando sotopostos ao sistema intergranular mostram alta produtividade do aquífero, com valores variando de 10.400 L/h e nível dinâmico de 102 metros a 20.200 L/h e nível dinâmico de 27,52 metros. Os sistemas intergranulares correspondem às áreas de ocorrência de sedimentos terciários/ quaternários, e têm importância hidrogeológica local. Este último, alvo do presente estudo, de caráter local livre a semiconfinado pertence ao sistema de aquífero alúvio-lacustre (Barreto *et al*, 2001), apresentando localmente variações litológicas, normalmente compostas por intercalações de areias e argilas, com matéria orgânica e intensa variação composicional. Esta heterogeneidade litológica confere aos aquíferos livres vazões exploráveis da ordem de 10 m³/ h, e

segundo perfis descritos por Carvalho (2001) espessuras dos sedimentos variando entre 16 e 20 metros, e camada de rochas alterada a partir de 16 metros podendo chegar a 40 metros de profundidade, mas normalmente não ultrapassando 30 metros.

METODOLOGIA

Nesse trabalho, foram utilizadas as Cartas Topográficas Paracambi (SF-23-Q-III-2), Itaguaí (SF-23-Z-A-VI-3), Piraí (SF-23-Q-III-1) e Santa Cruz (SF-23-Z-A-VI-4), do IBGE na escala 1:50.000. A folha Santa Cruz engloba a maior parte da área, incluindo toda a porção central e sudeste. Estes mapas foram utilizados como base para os trabalhos de digitalização, sendo georreferenciados segundo coordenadas UTM, utilizando o *software* AutoCAD 2000.

O levantamento de dados hidrogeológicos segue a metodologia convencional de cadastro de pontos d'água em campo, coletando informações pertinentes existentes e georreferenciando o poço cadastrado utilizando GPS. Os dados obtidos foram organizados na forma de banco de dados utilizando o *software* SIAGAS, cedido pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil, com arquivos de saída compatíveis ao *software* Access (Microsoft).

Foram realizadas quatro etapas de monitoramento de níveis d'água em dez poços, com objetivo de indicar a superfície piezométrica e linhas de fluxo predominantes dentro do sistema aquífero intergranular.

Os testes de bombeamento dos poços que captam apenas o aquífero fraturado foram executados pela CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos), acompanhados pela equipe executora do projeto que interpretaram os dados segundo o método escalonado com a finalidade de medir as perdas de carga totais existentes no poço, $BQ + CQ'$ e utilizando a recuperação para inferir informações do aquífero. Este teste permite uma aproximação do valor da transmissividade e da permeabilidade utilizando uma adaptação dos métodos de interpretação de Theis – Jacob. Os resultados são apresentados na forma de gráficos.

Os testes de aquífero realizados nos poços que captam o aquífero intergranular foram realizados pela equipe executora do projeto. No primeiro foi monitorado, além do poço, um piezômetro instalado a 13 metros de distância. No segundo, foram monitorados dois piezômetros, distando 1,90 e 1,40 metros do poço bombeado. A interpretação dos dados foi feita utilizando o *software* Aquifer Test da Waterloo Hydrogeologic segundo o método de Newman.

No desenvolvimento dos estudos foram realizados 11 ensaios de infiltração *in situ* com a finalidade de avaliar a condutividade hidráulica vertical (K_v) nas diferentes litologias presentes na zona não saturada. Nestes ensaios foi utilizada a técnica de anéis concêntricos, onde são cravados na superfície do solo dois cilindros concêntricos com diâmetros diferentes. Assim as variações do

nível no compartimento interno foram anotadas ao longo do tempo e aplicadas na equação: $K_v = (1/60000) (i/\Delta t) (\ln(h_0/h_f))$ onde: K_v = condutividade vertical; i = profundidade de cravação dos anéis; Δt = variação do tempo; h_0 = nível d'água inicial e h_f = nível d'água final (Campos, 1996).

Foram realizadas sondagens geofísicas com vistas a determinar a espessura do pacote sedimentar, bem como os tipos litológicos presentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a execução do projeto foram realizados apenas quatro testes de bombeamento e monitoramento da potenciometria em 10 poços, sejam tanto tubulares como escavados. Estas informações não são suficientes para o tamanho da área, sendo necessária a consciência de que os resultados apresentados são o mais fiéis possíveis, porém em muitos casos tiveram de ser interpretados e extrapolados com base em dados distanciados da área analisada.

Foram realizados quatro testes de bombeamento, sendo dois do tipo escalonado e dois tipo teste de aquífero. Os dois primeiros foram realizados em poços tubulares profundos, construídos pela empresa Geoplan – Assessoria Planejamento e Perfurações, contratada pela Cia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE) e captam somente o sistema aquífero fraturado, e os dois últimos executados em poços tubulares rasos, construídos por perfurador local, captam exclusivamente o sistema aquífero intergranular.

O primeiro destes foi executado em um poço com 120 metros de profundidade e que tem 21 metros de espessura de aluvião, denominado SEP 39, executado a vazão máxima com recuperação e escalonado em três etapas, com vazão de 3000 L/h na primeira, 5140 L/h na segunda e evoluindo para 8000 L/h na última. No teste de vazão máxima o rebaixamento apresenta uma queda muito rápida de nível quando imposta a uma vazão em torno de 20 m³/h, e quando a vazão fica em torno de 10 m³/h tende a estabilizar. Na figura 2 pode-se observar a recuperação do poço em 81 metros em 10 minutos, passando para um regime de recuperação mais lenta, em torno de 7,5 metros em quase 02 horas.

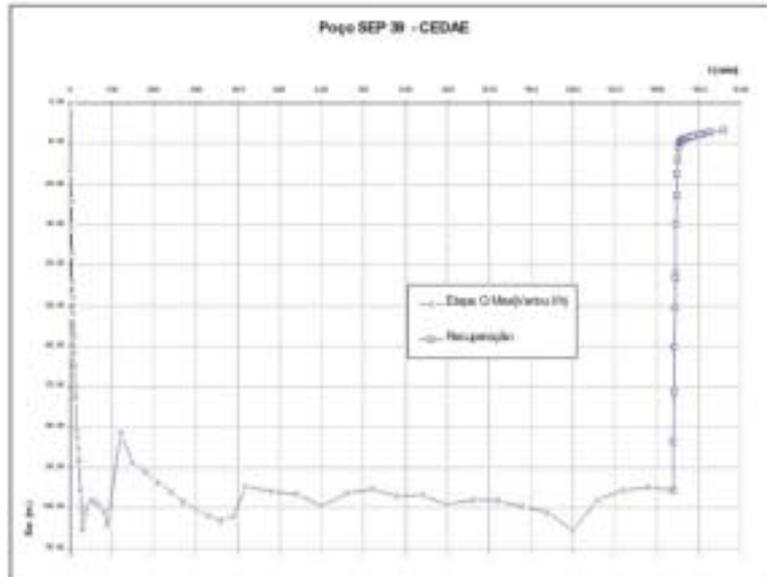


Figura 2 – Gráfico mostrando as curvas de rebaixamento e recuperação do poço chamado SEP 39, teste de vazão máxima.

Para o cálculo da transmissividade foram utilizados dois segmentos da curva do rebaixamento residual, criando uma linha de tendência para cada e conseguindo desta forma um ajuste satisfatório (R^2 próximo a 1) como mostra a figura 3.

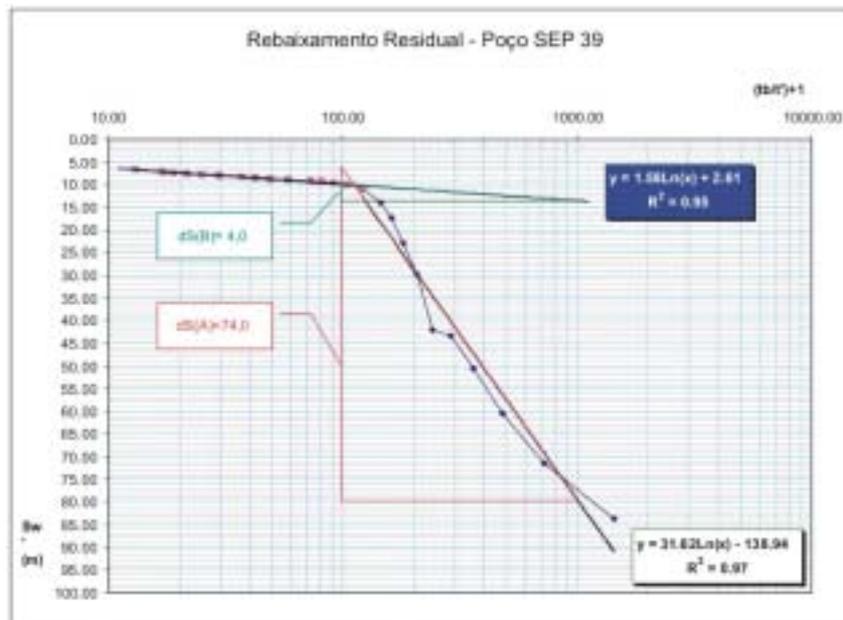


Figura 3 – Gráfico rebaixamento residual x t/t' , mostrando o ajuste da linha de tendência em ambas as partes da curva.

O comportamento dessa curva chama a atenção pela forte quebra entre 18 e 20 metros de profundidade, sugerindo que exista uma entrada d'água substancial neste nível, que coincide com o final da cimentação do poço.

O segundo teste foi realizado em um poço com sedimentos aluvionares perfurados até 23 metros, sendo daí perfurada a rocha cristalina do embasamento até 136 metros. O método utilizado foi o rebaixamento escalonado, em quatro etapas seguido do monitoramento da recuperação do nível d'água, com vazão de 4.000 L/h na primeira etapa, 10.000 L/h na segunda, aumentada para o total de 15.000 L/h na terceira e na última, correspondendo a vazão máxima, houve variação de 23.000 e 19.700 L/h, sendo calculada a vazão média em relação ao tempo de 20.530 L/h (Figura 4).

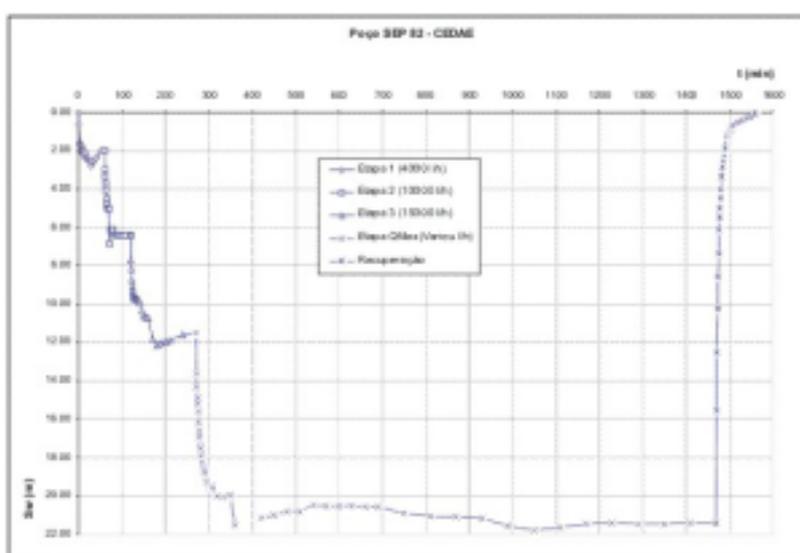


Figura 4 – Gráfico rebaixamento x tempo para o teste escalonado do poço chamado SEP 82.

Para o cálculo da transmissividade foi utilizado o coeficiente angular da reta medido em um ciclo logarítmico (Figura 5), onde é mostrado o gráfico do rebaixamento residual do poço SEP 82. Para o caso, Driscoll (1989) sugere que quando a curva intercepta o eixo t/t' em valores relativamente altos, como é o caso, o armazenamento do aquífero deve estar prejudicado, seja pela presença de ar nos poros, ou pela diminuição da espessura das fraturas por perda da carga de pressão provocada pelo rebaixamento do poço.

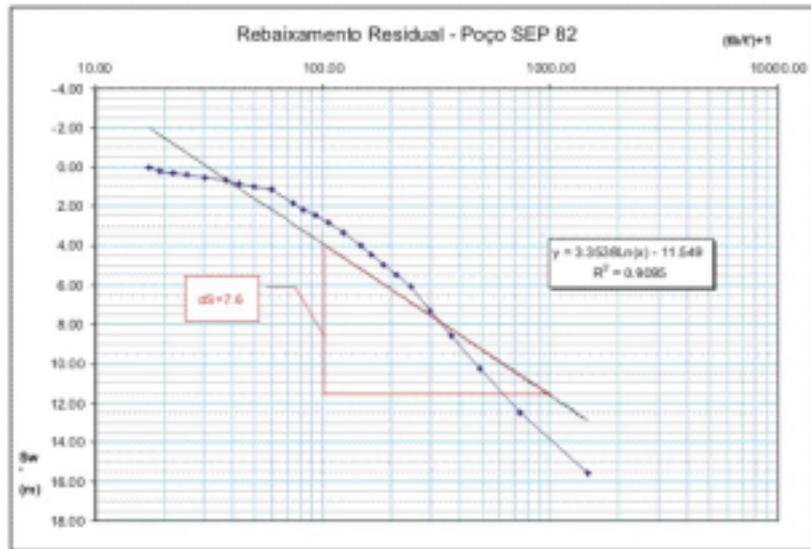


Figura 5 – Gráfico rebaixamento residual x t/t' , mostrando o ajuste da linha de tendência para o poço SEP 82, e o valor do coeficiente angular para um ciclo logarítmico.

Nos testes de aquífero a vazão foi calculada com auxílio do método de medição volumétrico, ou seja, a partir do tempo de enchimento de um barril de 220 litros.

O primeiro destes foi realizado em um poço com 18 metros de profundidade, chamado de SEP 41, e revestido com tubo de pvc de 4". O teste consistiu em monitorar a variação do rebaixamento e recuperação do nível d'água em relação ao tempo, tanto no poço bombeado, quanto no utilizado como piezômetro (poço abandonado, distando 13,7 metros do poço bombeado), a uma vazão constante de 6.500 l/h. Na figura 6 tem-se a relação do rebaixamento com o tempo do poço bombeado e do piezômetro, onde a estabilização do rebaixamento do poço com pouco menos de quatro horas é um fato marcante, visto que a vazão utilizada não ultrapassou 6.000 l/h. Com o término do bombeamento obteve-se uma rápida recuperação, indicando que o sistema aquífero tem um potencial bom, possivelmente podendo ser explorado a taxas de vazão maiores.

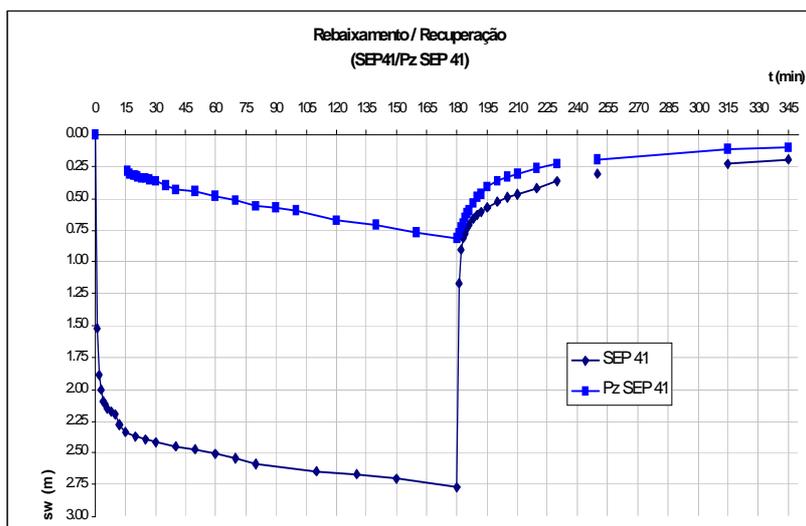


Figura 6 – Gráfico rebaixamento x tempo do poço bombeado e do piezômetro.

Para o cálculo da transmissividade utilizou-se os dados obtidos com o gráfico da figura 7.

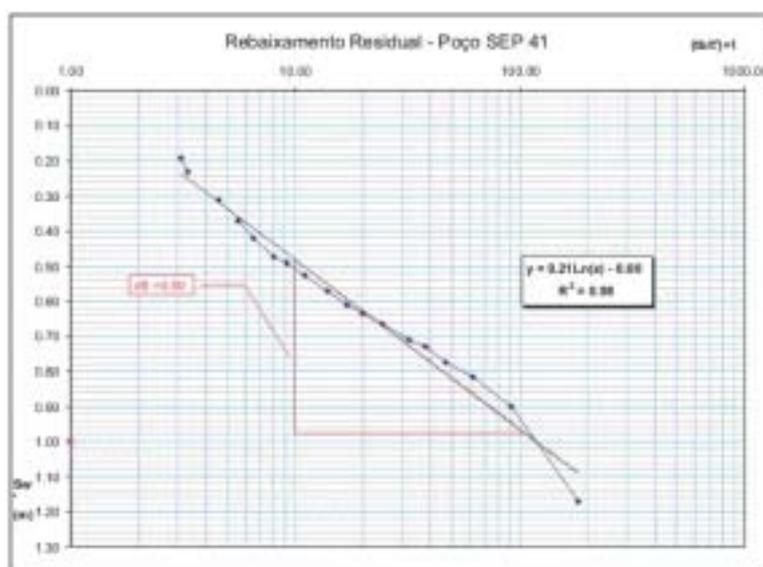


Figura 7 – Gráfico rebaixamento residual x t/t' , mostrando o ajuste da linha de tendência para o poço SEP 41, e o valor do coeficiente angular para um ciclo logarítmico.

Os valores de transmissividade, condutividade hidráulica e coeficiente de armazenamento aferidos a partir do teste de bombeamento do poço SEP 41 são mostrados na figura 8.

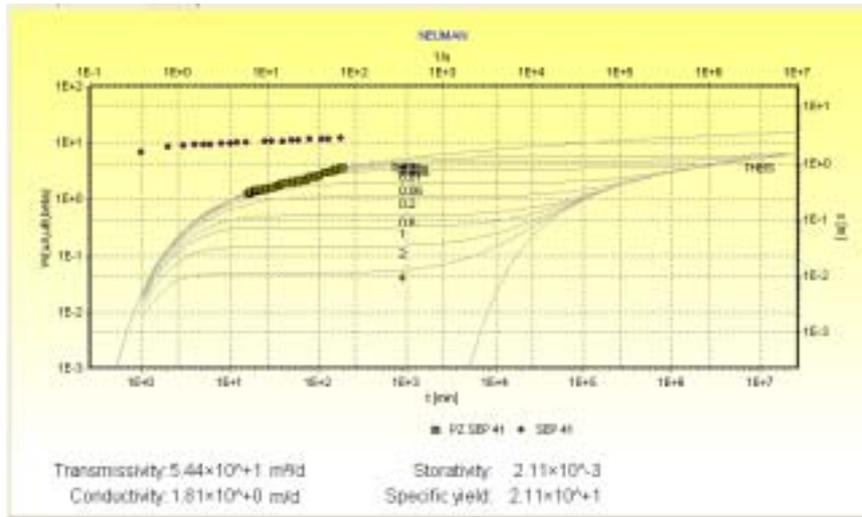


Figura 8 – Gráfico com os valores calculados de condutividade hidráulica, transmissividade, coeficiente de armazenamento e capacidade específica utilizando o software Aquifer Test, método de Newman.

O segundo teste foi executado em um poço com captação tripla, com profundidade de 11 metros cada poço, revestidos com tubo de pvc de 2". O teste de bombeamento foi executado em um dos furos, tendo sido os outros dois utilizados como piezômetros. O furo denominado de piezômetro Pz1 dista 1,90 metros, e o piezômetro Pz2 1,40 metros daquele tido como poço de bombeamento (SEP 80). Neste a vazão foi mantida constante em 800 L/h, e consistiu em monitorar o rebaixamento e recuperação dos três poços, utilizando um para o bombeamento e os outros dois como poços de observação. A figura 9 mostra o gráfico do rebaixamento contra o tempo do poço bombeado e dos piezômetros, com estabilização do nível dinâmico aos 4,5 metros de rebaixamento. O equipamento de bombeamento foi desligado e a recuperação se deu de forma muito rápida, tendo sido monitorada por três horas. Analisando os dados d'água nota-se que o rebaixamento no poço foi o dobro da distância entre o poço e os piezômetros. A proximidade dos poços e as diferenças de rebaixamento durante o teste de bombeamento, monitorada tanto no poço como nos piezômetros sugere que existem perdas de carga significativas, possivelmente devido a problemas construtivos.

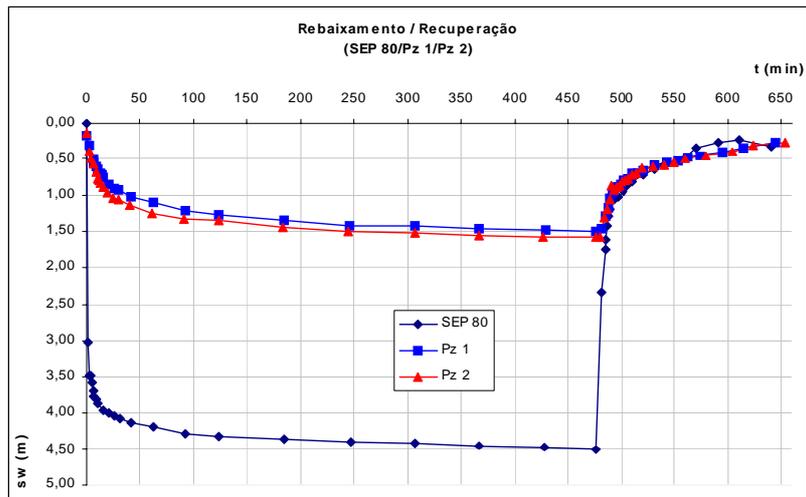


Figura 9 – Gráfico mostrando os rebaixamentos e recuperação do poço SEP 80 e dos piezômetros Pz1 e Pz2.

Para o cálculo da transmissividade foi utilizado os dados obtidos com o gráfico 10, considerando a vazão constante de 800 L/h.

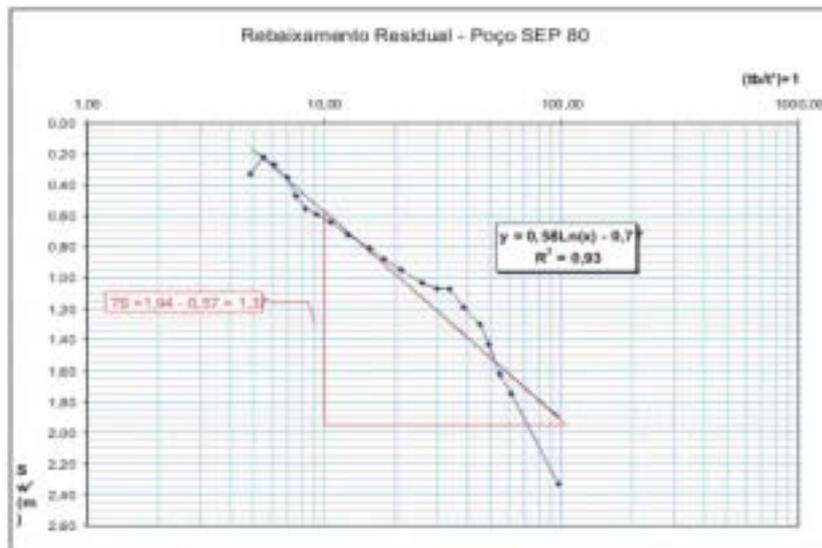


Figura 10 - Gráfico mostrando o rebaixamento residual obtido com o teste de bombeamento no poço 80.

Os valores de condutividade hidráulica e transmissividade do poço SEP 80, bem como esses dados mais os valores de coeficiente de armazenamento e capacidade específica dos piezômetros Pz1 e Pz2 foram calculados a partir da análise dos ensaios de bombeamento, conforme ilustrado nas figuras 11, 12 e 13, respectivamente.

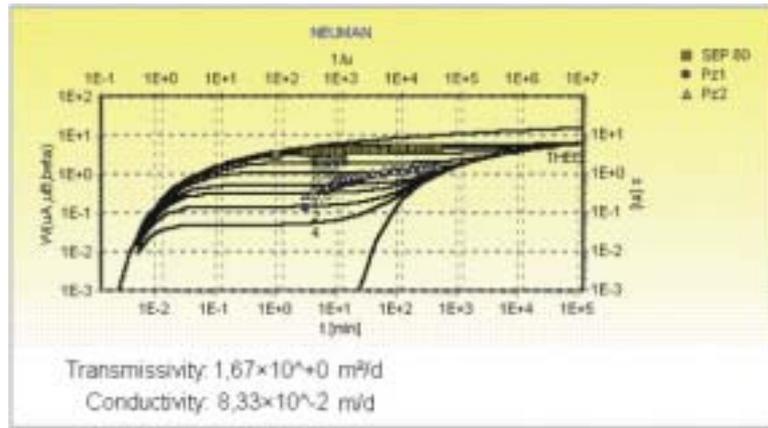


Figura 11 – Valores de transmissividade e condutividade hidráulica a partir dos dados de rebaixamento do poço SEP 80. Método de Newman com o auxílio do software Aquifer Test.

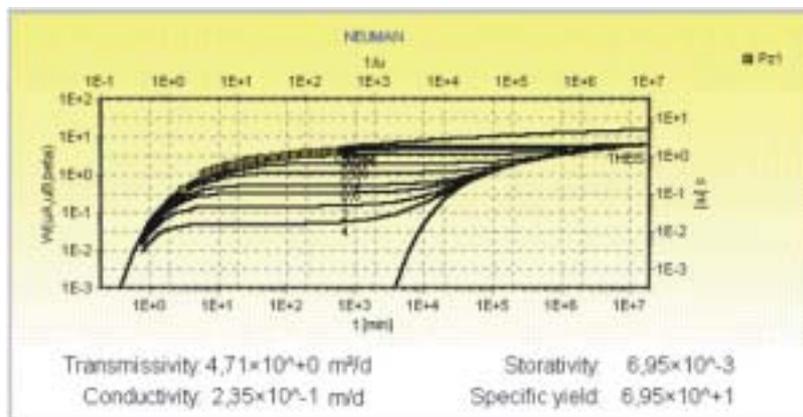


Figura 12 – Gráfico com os valores calculados de transmissividade, condutividade hidráulica, coeficiente de armazenamento e capacidade específica a partir dos dados de rebaixamento do piezômetro Pz1, poço SEP 80, com o auxílio do método de Newman, tendo sido utilizado o software Aquifer Test.

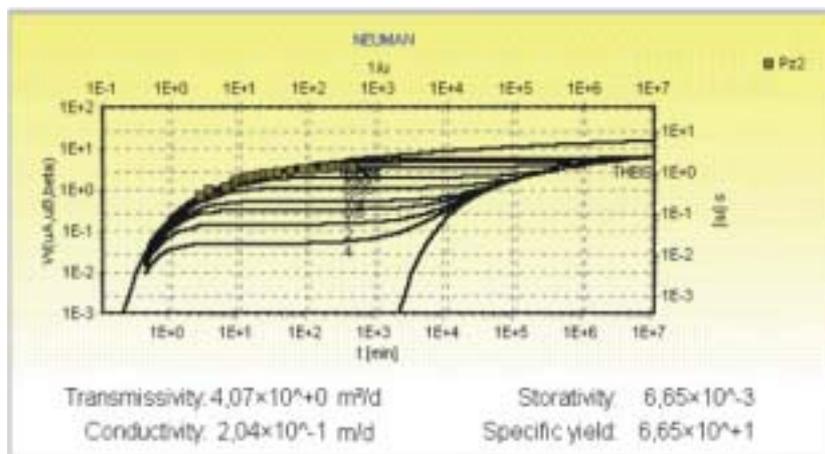


Figura 13 – Valores de transmissividade, condutividade hidráulica, coeficiente de armazenamento e capacidade específica calculados a partir dos dados de rebaixamento do piezômetro 2 em virtude do teste de bombeamento no poço SEP 80, tendo sido interpretado com o auxílio do método de Newman, utilizando o software Aquifer Test.

Os resultados dos testes de aquífero realizados nos poços descritos anteriormente mostram valores muito distintos, como era de se esperar pelas características geológicas diversas. O poço SEP 41 está localizado em uma das porções com maior potencial do aquífero intergranular, e apresentou permeabilidade de 10^{-3} cm/s, coincidente com a ordem de grandeza para areias (ABGE, 1996). O poço SEP 80 apresentou permeabilidade de 10^{-4} a 10^{-5} cm/s, coincidindo com o campo definido para areias finas e siltes. Os poços que captam o sistema aquífero fraturado, SEP 39 e SEP 82 apresentaram condutividades semelhantes a do poço SEP 80, em torno de 10^{-4} cm/s.

Segundo Driscoll (1989), a curva de rebaixamento residual nem sempre passa no ponto com valor 0 para o rebaixamento residual e 1 para t/t' , como é de se esperar em condições ideais. A análise do gráfico da figura 7 mostra que para o poço SEP 41 esta condição não é correta, entretanto, a figura 10 mostra que para o poço SEP 80, a linha do rebaixamento residual interceptaria o eixo t/t' próximo ao valor 3,5. Driscoll (1989) cita que para este caso é possível que exista uma fonte de recarga fornecendo água para o aquífero durante o teste, seja um rio, vazamentos etc. Entretanto, no local não foi identificada nenhuma fonte externa que pudesse ocasionar tal efeito.

As perdas de carga proporcionadas pelo poço SEP 80 também ressaltam no teste de bombeamento. A diferença de rebaixamento entre o poço e os piezômetros que estavam a 1,90 e 1,40 metros de distância é de 3 metros, ou seja, praticamente o dobro.

A potencialidade destes sistemas não deve ser avaliada simplesmente pelos dados de vazão e rebaixamento de poços, visto que a qualidade das construções pode influenciar, em muito, a eficiência dos poços. Os poços tubulares rasos, ponteira e escavados normalmente são construídos de forma artesanal e sem acompanhamento especializado, o que provoca a baixa qualidade das obras. Os dados obtidos a partir de testes de bombeamento de poços tubulares rasos, que captam o sistema aquífero intergranular, mostram que as perdas de carga são significativas, reduzindo o aproveitamento das condições naturais do aquífero.

Foram realizados ensaios de permeabilidade na zona não saturada a profundidades de 50 e 100 cm, com a utilização do método de *open and hole* (Campos, 1996), que permite estimar as permeabilidades a profundidades variáveis, com procedimentos de operação muito simples. Assim, em um furo, revestido com tubo de PVC e com o fundo aberto, foram medidas as variações das alturas de uma coluna de água em relação ao tempo. Os valores obtidos foram calculados a partir da equação: $K_v = (2,303) \times (r/4\Delta t) \times [\log(h_0/h_f)]$ onde: K_v é a condutividade vertical; r é o raio interno do tubo, Δt é a variação do tempo; h_0 é o nível d'água inicial e h_f é o nível d'água final (Campos, 1996). Esses ensaios apresentaram valores muito baixos, variando entre 10^{-8} e 10^{-10} , e entre 10^{-5} e 10^{-7} para profundidades de 50 a 100 cm. Segundo ABGE (1996) as argilas variam de 10^{-7} a 10^{-9} e as areias finas e siltes de 10^{-3} a 10^{-7} . Desta forma, levando em conta que a permeabilidade vertical,

normalmente apresenta valores mais baixos que a horizontal para os mesmos materiais, os resultados encontrados estão coerentes. Apesar disto, são aconselháveis certas precauções na utilização dos valores encontrados, pois a aplicação da metodologia pode apresentar inconsistências.

O Mapa Potenciométrico do aquífero intergranular (Figura 14) foi obtido com base nos dados de potenciometria de 32 poços medidos no período de dezembro de 2002 até fevereiro de 2003, ou seja, no período das chuvas. A cota dos poços foi obtida com um GPS Garmin 12, sendo considerada como aceitável para a escala de 1:50.000. Para as áreas com pouca densidade de informação foi utilizada a profundidade média do nível d'água de 3,5 metros como base para a interpretação das cotas potenciométricas. A profundidade do nível d'água varia desde poucos centímetros até cerca de 10 metros, mas normalmente mantêm-se entre 2 e 7,5 metros com uma média de 3,54 metros. As variações devido a sazonalidade são marcantes, mas com pequenas amplitudes, geralmente em torno de 1 a 1,5 metros.

A análise do Mapa Potenciométrico do aquífero intergranular (Figura 14), mostra a direção geral do fluxo subterrâneo na direção de N (norte) a NW (noroeste) para S (sul) – SE (sudeste), em direção ao Rio da Guarda, e ao sul da área parece sofrer influência da atividade de extração de areia, que pode estar causando a depleção dos níveis piezométricos.

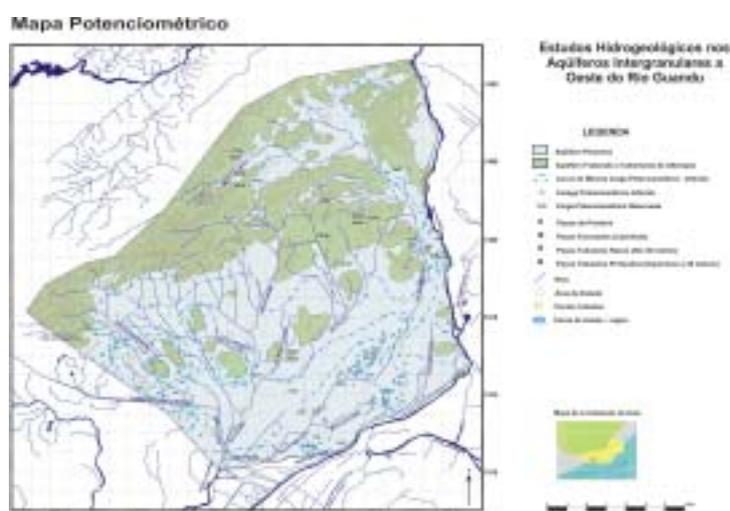


Figura 14 – Mapa Potenciométrico do Aquífero Intergranular a oeste do Rio Guandu.

As cotas piezométricas variam de 50 a 05 metros na parte sul do aquífero intergranular, sendo que predominam as cotas abaixo de 20 metros. Na porção do aquífero, a norte de Seropédica, próximo às cabeceiras do Valão dos Bois, as cotas tendem a ser maiores, variando entre 50 e 30 metros, mas predominando as cotas de 50 metros. Com isso pode-se falar que os sistemas intergranulares têm a recarga distribuída sobre a sua área de ocorrência, com tendência a apresentar maiores cargas potenciométricas nas regiões topograficamente mais altas, ficando a direção do fluxo condicionada aos desníveis topográficos.

BALANÇO HÍDRICO E RECARGA DO AQUÍFERO INTERGRANULAR

Os dados utilizados no balanço hídrico foram adaptados do método de Thornthwhite & Matter (1955), descrito em SIPE (1978) como um processo contábil no qual o solo funciona como “caixa ou reservatório” de água, não bastando apenas os dados de pluviosidade, mas também sendo necessário considerar as perdas, principalmente por evaporação e transpiração.

A tabela abaixo mostra o balanço hídrico calculado para a Estação Climatológica Ecologia Agrícola, onde EP = Evapotranspiração Potencial; P = Precipitação; P-EP = Precipitação Efetiva; Negativa Acumulada; ARM = Armazenamento no Solo; ALT = Alteração do Armazenamento; ER = Evapotranspiração Real; Déficit = Déficit Hídrico; Excesso = Excedente Hídrico (Adaptado de SIPE, 1978) (Figura 15).

Balanço Hídrico Mensal - Thornthwaite e Mather / 1955										
Estação	Ecologia Agrícola		Período de Observação	1931 - 1975			Altitude	33 metros		Valores em mm
Região	Metropolitana		Latitude	22° 46'			Obs:	Período de obs. com intervalos		
Município	Seropédica		Longitude	43° 41'						
Período	EP	P	P-EP	Negativa Acumulada	ARM	ALT	ER	Déficit	Excesso	
Jan	146,3	207,4	61,1	0,0	125,0	0,0	146,3	0,0	61,1	
Fev	130,0	167,3	37,3	0,0	125,0	0,0	130,3	0,0	37,3	
Mar	124,3	191,2	66,9	0,0	125,0	0,0	124,3	0,0	66,9	
Abr	90,1	95,1	5,0	0,0	125,0	0,0	90,1	0,0	5,0	
Mai	70,9	55,1	-15,8	-15,8	109,2	-15,8	70,9	0,0	0,0	
Jun	58,4	36,7	-21,7	-37,5	91,5	-17,7	54,3	4,0	0,0	
Jul	56,3	28,3	-28,0	-65,5	73,0	-18,5	46,8	9,5	0,0	
Ago	67,7	36,2	-31,5	-97,0	56,0	-17,0	53,1	14,5	0,0	
Set	76,5	53,4	-23,1	-120,1	47,0	-9,0	62,3	14,1	0,0	
Out	92,0	95,4	3,4	-111,8	50,4	3,4	92,0	0,0	0,0	
Nov	102,0	136,0	34,0	-46,6	84,4	34,0	102,0	0,0	0,0	
Dez	127,1	189,1	62,0	0,0	125,0	40,5	127,1	0,0	21,4	
Total Anual	1141,6	1291,2	149,6			0,0	1099,5	42,1	191,7	

No balanço hídrico, a entrada é a **Precipitação** (P; tabela acima), as saídas a evapotranspiração e o excedente hídrico, enquanto o armazenamento seria o estoque. Assim, para um determinado período, o armazenamento é uma função do seu valor no mês anterior e das entradas e saídas de água. O ARM tem um limite máximo, devido ao tipo de solo e das exigências hídricas da vegetação, denominado de **Capacidade de Campo** (CAD).

O cálculo do ARM deve ser feito simultaneamente ao da **Negativa Acumulada**, que é a soma da negativa acumulada do mês anterior com a **Precipitação Efetiva** (PEF = P - EP; tabela acima) do mês em questão. Este cálculo inicia no primeiro mês em que aparece um valor negativo da PEF, utilizando o valor da negativa acumulada do mês em questão aplicado a uma série de tabelas da retenção de umidade no solo, onde é necessário eleger um índice para o CAD, de acordo com as

características de solo e vegetação da área. O valor CAD utilizado no cálculo dos valores da tabela acima foi de 125mm (SIPE, 1978).

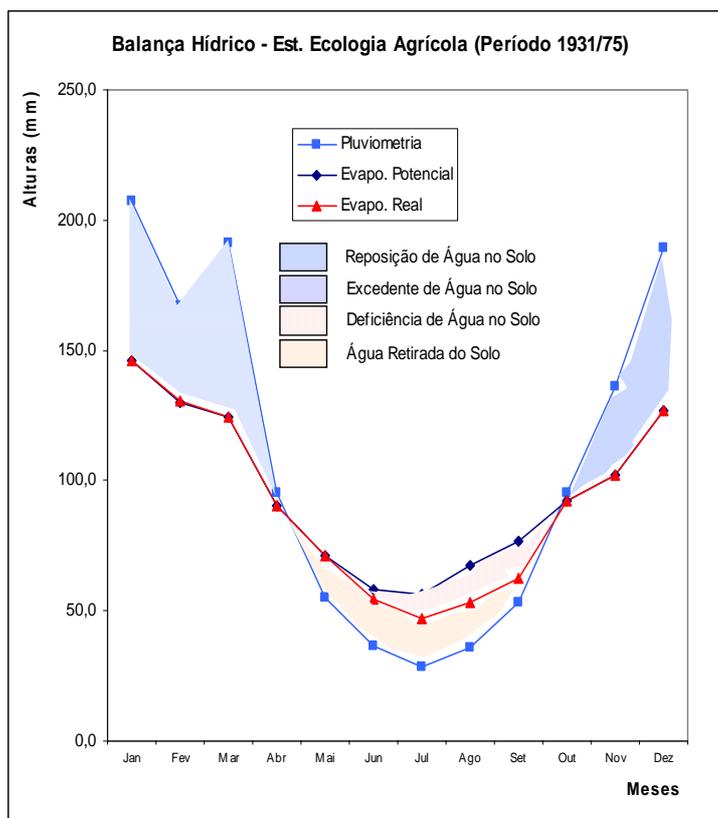


Figura 15 - Balanço hídrico da Estação Ecologia Agrícola (1931 – 1975) (Fonte: SIPE,1978).

Quando os valores do armazenamento superam a capacidade de campo, ocorrem as perdas anteriormente referidas como excedente hídrico. Por outro lado, caso a pluviosidade seja inferior à evapotranspiração potencial (EP) e a quantidade de água efetivamente evapotranspirada (ER) for inferior à evapotranspiração potencial (EP), ocorre deficiência hídrica ($DEF = EP - ER$).

A quantidade de água efetivamente evapotranspirada (ER) é função da pluviosidade (P) e do nível de armazenamento de água no solo (ARM). Assim, na ocorrência de deficiência hídrica (DEF), parte da água armazenada é perdida por evapotranspiração ($ER(t) = P(t) - ARM(t) + ARM(t - 1)$), onde t é o mês analisado. A quantidade de água armazenada que o solo fornece à evapotranspiração num determinado período ($A(t) = ARM(t) - ARM(t - 1)$), é função do nível de armazenamento no período anterior $ARM(t - 1)$ e da diferença entre o volume de água precipitada e a evapotranspiração potencial no período ($P(t) - EP(t)$). Assim, quanto menor $ARM(t - 1)$, menor é $A(t)$, bem como, quanto maior em valor absoluto $P(t) - EP(t)$, maior é $A(t)$.

SÍNTESE CONCLUSIVA

A potencialidade dos sistemas aquíferos é variável, dependendo das características do meio. No Sistema Aquífero Fraturado foram identificadas potencialidades, tanto média (principalmente nos sistemas onde ocorram espessas camadas de solo residual) e quanto baixas, na área das Serras e morrotes, onde a declividade tende a ser muito alta, e as coberturas pouco espessas, diminuindo assim a potencialidade do aquífero. Nas áreas em que o sistema fraturado está coberto pelo aquífero intergranular, acredita-se que as potencialidades sejam maiores porém, são necessários estudos maiores para identificar as zonas de maior potencial.

O sistema aquífero intergranular varia espacialmente, mas de uma maneira geral é um sistema promissor para a captação de água. Outra função deste aquífero é de recarregar o sistema fraturado sotoposto, visto que de uma maneira geral os sistemas aquíferos estão em conexão lateral, mostrando que de maneira genérica eles se encontram todos intercomunicados.

O sistema aquífero intergranular, pela pouca espessura, em média de 10 metros, com máximo observado de 20 metros e estimado de 50 metros (Sondagens geofísicas), não deve por si só suportar grandes volumes de exploração de água, entretanto pode ser combinado com a exploração do sistema fraturado e conforme postulado por Tubbs (comunicação verbal), utilizadas as cavas abandonadas dos areais para recarga artificial ou exploração do aquífero.

A importância dos aquíferos a oeste do rio Guandu é evidente, devendo ser considerado de forma estratégica para o abastecimento das comunidades no seu entorno. Os estudos ora apresentados, de forma alguma esgotam o tema, sendo necessária sua continuidade. Devem ser implantadas medidas de conscientização para a população local, aproveitando a criação recente dos Comitês de Bacia, a proximidade com a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e os sistemas de captação da CEDAE, que utilizam águas do rio Guandu para o abastecimento da cidade do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABGE 1996, Ensaio de Permeabilidade em Solos – Orientações ao Usuário. Boletim 04, ABGE, São Paulo. 34p.
- [2] BARRETO, A. B. da C.; MONSORES, A. L. M.; LEAL, A. de S.; PIMENTEL, J. 2001. Hidrogeologia do Estado do Rio de Janeiro. CPRM, DRM/RJ 23p.
- [3] CAMPOS, J. C. V. 1996. Estudo hidrogeológico da bacia do Rio Cabuçu – Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro – RJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado em Hidrogeologia 100p.

- [4] CAPUCCI, E. B.; MARTINS, A. M.; MANSUR, K. L.; MONSORES, A. L. M. 2001. Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas – Orientação aos usuários. Projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ. 70p.
- [5] CIDE – Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro; 1997. Mapa Político do Estado do Rio de Janeiro. Escala 1:450.000.
- [6] CIDE – Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro; 1997. Território – Estado do Rio de Janeiro. 80 p.
- [7] DAVIS, S.N.; DeWIEST, R. J. M.; 1966. Hydrogeology. 2ed. New York: John Wiley & Sons, 463 p.
- [8] DRISCOLL, F.G.; 1989. Groundwater and Wells. 2ed. St. Paul, Minnesota: Johnson Division, 1089 p.
- [9] FEITOSA, F. A C.; FILHO, J. M.; 2000. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. 2ed. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 391p.
- [10] FEITOSA, F. A C.; 1999. Curso Teste de Bombeamento em Poços Tubulares, ABAS/ RJ, 156 p.
- [11] MELLO, L. C.; GARCIA, J. M. P. XXXX. Prospecção geofísica eletroressistivimétrica para água subterrânea na Fazenda Agroecológica da EMBRAPA/PESAGRO, Seropédica – RJ. *In:* SBGF, Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, 4, XXXX p1010-1012.
- [12] MELLO, L. C. 1992. Condições geoeletricas e hidroestruturais da baixada de Santa Cruz/Itaguaí no Campus da UFRRJ. *In:* ABAS, Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 7 Belo Horizonte p235-239.
- [13] MELLO, L. C.; FILHO, H. M. 1993. Geoeletroressistividade da baixada Santa Cruz/ Itaguaí, Campus da UFRRJ: potencial hídrico subterrâneo e de areias. *In:* SBGF, Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, 3, Rio de Janeiro, p405-409.
- [14] MONSORES, A. L. M.; BARRETO, A. B. C.; LEAL, A. S.; PIMENTEL, J.; 2001. Sistemas aquíferos porosos do Estado do Rio de Janeiro: Apoio a gestão de recursos hídricos. *In:* ABRH, Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 14, Aracaju.
- [15] SILVA, L. C. 2001. Geologia do Estado do Rio de Janeiro. CPRM, DRM/RJ 79p.
- [16] WREGE, M. & POTTER, P.; Hidrogeologia Básica de Água Subterrânea. Rio Grande do Sul: Instituto de Pesquisas Hidráulicas e Instituto de Geociências. 85p.