

COMPORTAMENTO DO FLUXO SUBTERRÂNEO EM UM AQUÍFERO ALUVIAL NO SEMI-ÁRIDO ALAGOANO

Magaly Vieira Costa dos Santos¹; Cleuda Custódio Freire² & Vladimir Caramori Borges de Souza³

RESUMO --- Este trabalho apresenta as informações obtidas no âmbito de Bacias Experimentais e Representativas no Semi-Árido brasileiro, particularmente na bacia experimental do Riacho Gravatá, localizada no semi-árido alagoano. O presente artigo reúne informações obtidas sobre a evolução do fluxo subterrâneo associada à precipitação numa região carente de recursos hídricos, como é o caso do semi-árido alagoano. Para tal avaliação, foi instalada uma bateria composta por 15 piezômetros e realizado o monitoramento da evolução do nível freático e demais parâmetros que compõe o ciclo hidrológico. As análises aqui realizadas foram direcionadas para verificar a influência mensal do fator precipitação, na evolução do nível freático. Com os resultados obtidos verifica-se que a precipitação é o fator determinante para a recarga do aquífero e que apenas precipitações superiores a 100mm, são capazes de contribuir com a recarga deste tipo de aquífero, que é tão importante para o desenvolvimento sócio-econômico da região.

ABSTRACT --- This work presents the information obtained in the ambit of Experimental and Representative Basins in the Semi-arid Brazilian, particularly in stream Gravatá's experimental basin, located in the semi-arid from Alagoas. The present article gathers information obtained about the evolution of the underground flow associated the precipitation in a lacking area of water resources, as it is the case of the semi-arid from Alagoas. For such evaluation, a composed battery was installed by 15 piezometer and accomplished the monitoring of the evolution of the table level and other parameters that it composes the hidrologycal cycle. The analyses here accomplished they were addressed to verify the monthly influence of the factor precipitation, in the evolution of the table level. Com the obtained results are verified that the precipitation is the decisive factor for the recharge of the aquifer and that just superior precipitations to 100mm, are capable to contribute with the recharge of this aquifer type, that is so important for the socioeconomic development of the area.

Palavras-chave: Aquífero aluvial, piezometria, variação de nível.

1) Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento - PPGRHS/UFAL - magalvyvieira@hotmail.com.
2) Professora do Centro de Tecnologia/UFAL - cleudafreire@bol.com.br.
3) Professor do Centro de Tecnologia/UFAL - Campus - vcaramori@yahoo.com

1 - INTRODUÇÃO

O grande desafio para a região nordeste é integrar de forma estratégica os recursos superficiais e subterrâneos, de modo que conhecendo a dinâmica dos processos hidrológicos possa proporcionar melhores condições de vida e um maior desenvolvimento sócio-econômico da região com características especiais como o semi-árido brasileiro.

A região em estudo insere-se na parte alagoana do semi-árido nordestino, região que sofre continuamente com a carência de recursos hídricos, sendo os aquíferos aluviais, uma importante formação no contexto hídrico, devido às formações hidrogeológicas local, que é basicamente formada por rochas cristalinas, sendo as águas subterrâneas deste local, condicionadas a fraturas e a fissuras, além de muitas vezes possuírem características desfavoráveis ao consumo humano, pelo elevado teor de salinidade (Cabral *et al*, 2004). O interesse do estudo do aquífero aluvial no semi-árido, explica-se pelo fato de que estes, muitas vezes possibilitam o desenvolvimento da agricultura de pequena escala, ajudando ao desenvolvimento sócio-econômico da região e ainda tornam-se uma importante reserva em períodos de estiagem, são fáceis de escavar ou perfurar, tornando a exploração rápida e barata.

Alguns autores estudaram a interação entre a precipitação e a interação desta com um aquífero aluvial, entre outros pode-se citar:

Monteiro (1999) estudando os mecanismos de recarga de um aquífero aluvial concluiu que as chuvas que caem diretamente sobre o leito aluvial, é o principal componente no processo de recarga, bem como o escoamento superficial proveniente de sua bacia de captação.

Khazaei *et al* (2003) estudando um modelo para a estimativa da recarga pela interação precipitação-fluxo subterrâneo, na região semi-árida do Sudeste do Irã, mostrou que em termos espaciais os processos de recarga sofrem uma diminuição do total precipitado em torno de 42 a 87%, com relação às áreas de aquíferos aluviais, ou seja, as áreas aluviais são mais favoráveis à recarga proveniente da precipitação.

Montenegro *et al* (2002) aplicou um modelo de simulação computacional para verificar a disponibilidade hídrica em um aquífero aluvial no agreste pernambucano, após a calibração do modelo verificou-se que a contribuição na recarga do aquífero é de cerca de 20% do total precipitado.

Assim sendo, a análise do comportamento os aquíferos aluviais tornam-se uma parte significativa no que se refere aos recursos hídricos do semi-árido vem despertando grande interesse para o desenvolvimento de ações que melhore as condições de sobrevivência em regiões com tais características.

Este trabalho compreende a apresentação de uma análise preliminar dos resultados obtidos no Projeto de pesquisa intitulado de: Bacias Experimentais e Representativas do Semi-Árido, financiado pela FINEP/CT-HIDRO, que conta ainda com 9 instituições de pesquisa na região nordeste.

2 – OS AQUÍFEROS ALUVIAIS NO SEMI-ÁRIDO

A região do semi-árido é formada por um sistema de aquíferos cristalinos de baixa potencialidade hidrogeológica, que comprometem tanto a sua quantidade, como a qualidade destas águas. Outra formação aquífera existente na região, são os aquíferos aluviais, estes são geralmente de pouca profundidade (chegando a encontrar essas formações entre 2 e 6 metros), além disso esta tem alta capacidade de infiltração, baixo escoamento superficial e boa drenagem natural, o que possibilita a existência de um grande suprimento de água no lençol freático o qual, pela sua profundidade, está protegido da evaporação.

Devido à sua constituição, o aquífero aluvial é um aquífero poroso e livre. Sendo basicamente formado por materiais heterogêneos, variando de pedregulhos e areias grossas a siltes e argilas. Estes possuem largura e espessura muito variáveis, em função de vários fatores de constituição (Carvalho, 2004). Nessas aluviões, as altas permeabilidades compensam freqüentemente suas pequenas espessuras saturadas, sendo possível obter vazões de exploração que atingiram, em alguns casos específicos, a ordem de 150 m³/h, embora os valores mais comuns variem entre 8 e 15 m³/h(Feitosa, 1997).

A importância dos aluviões dentro do semi-árido para o suprimento de água das populações é indiscutível, principalmente pelas alternativas de uso que estes oferecem, tais como a construção de barragens subterrâneas e a obtenção de poços amazonas e/ou cacimbas de modo a proporcionar que os impactos decorrentes das secas sejam minimizados, fazendo com que estes sejam uma grande fonte de estudos. Do ponto de vista das reservas disponíveis, os aquíferos aluviais são considerados uma das mais importantes formações para a região semi-árida no contexto hídrico, devido principalmente às ocorrências naturais de sua formação, no entanto existe uma grande carência de dados sobre estes tipo de sistema.

De acordo com Davis e De Wieste (1966, *apud* Vieira 2002), existem cinco razões básicas que explicam o interesse em explorar a água subterrânea destas formações aquíferas:

- i. São fáceis de escavar ou perfurar, tornando a exploração rápida e barata;

- ii. Frequentemente estas formações se encontram depositadas nos fundos dos vales, onde o nível freático se encontra próximo à superfície do terreno;
- iii. Quase sempre estão em localização que favorecem as recargas provenientes dos rios, riachos ou lagos;
- iv. Os sedimentos apresentam uma porosidade efetiva maior que das outras formações hidrogeológicas aquíferas.
- v. Os valores das condutividades hidráulicas apresentam-se maiores que nas outras formações hidrogeológicas.

Assim sendo, este trabalho visa conhecer os processos hidrológicos de forma detalhada, em especial neste estudo, em se conhecer o comportamento da piezometria em um determinado período do aquífero aluvial na região, em relação a outros fatores intervenientes do sistema, de forma que se possa compreender melhor a variação de nível piezométrico durante os períodos de chuva e de estiagem. Este tipo de análise, é fundamental no que se refere ao conhecimento dos recursos hídricos do semi-árido, é uma forma de estimular o desenvolvimento de ações que melhorem as condições de sobrevivência em regiões com tais características.

3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A área em estudo insere-se no semi-árido alagoano, região que tem como principais características, a grande variabilidade da espacial da precipitação e as altas taxas de evaporação, além das características apresentadas a seguir:

2.1 – Localização

A área em estudo insere-se no município de Santana do Ipanema - Alagoas, ocupa uma área de 437,8 km². Tem uma população de aproximadamente 41 mil habitantes sendo que 58% residente no meio urbano e 42% no meio rural. Limita-se ao norte com o Estado de Pernambuco e com o município de Poço das Trincheiras; ao sul com os municípios de Carneiros, Olivença e Olho D'água; a leste com o município de Dois Riachos; e a oeste, com os municípios de Senador Rui Palmeira e Poço das Trincheiras. A sede do município está distante 207 km da capital Maceió, com as seguintes coordenadas geográficas: 9°22'12" de latitude sul e 37°14'24" de longitude oeste de Greenwich (IICA, 2007). O município localiza-se na área inserida no sertão alagoano (Figura 1). Seu clima é influenciado pelos sistemas meteorológicos e pelos efeitos orográficos provocados pelo conjunto de maciços e cristas residuais do planalto da Borborema, que também exercem influência no balanço hidrotérmico da região.

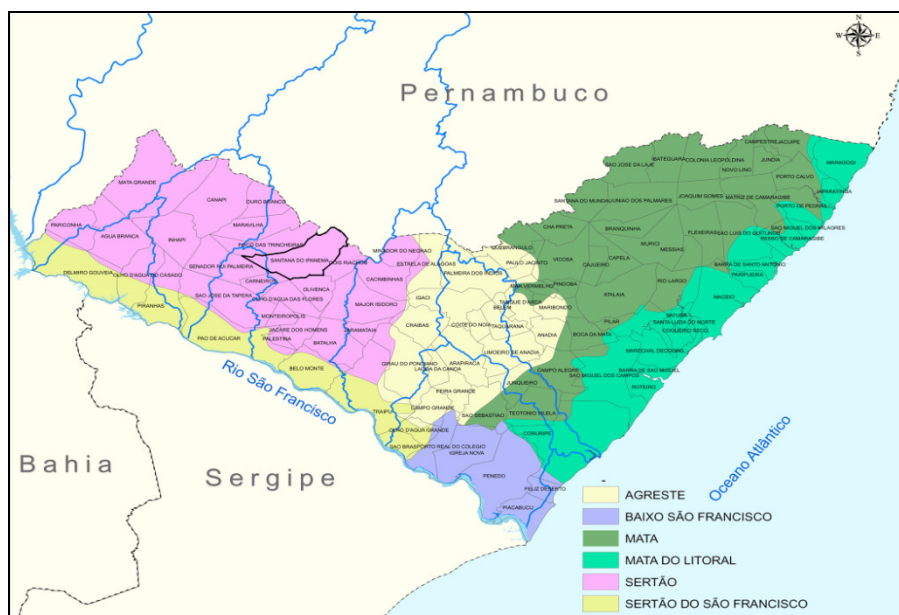


Figura 1: Município de Santana do Ipanema. Área inserida no sertão alagoano.
Fonte: IICA(2005)

2.2 – Características hidroclimatológicas

Os dados pluviométricos do município mostram um período chuvoso principal com duração de quatro a cinco meses, temperaturas anuais médias de 24°C a 26°C, mínimas entre 18°C e 21°C e máximas entre 27°C e 33°C (LOPES, 2005). As precipitações totais anuais variam de aproximadamente 300 mm nos anos mais secos a 1.800 mm nos anos mais chuvosos, com valores médios em torno de 900 mm (maio, junho e julho são os três meses mais chuvosos, e, outubro, novembro e dezembro, os três meses mais secos) conforme Figura 2.

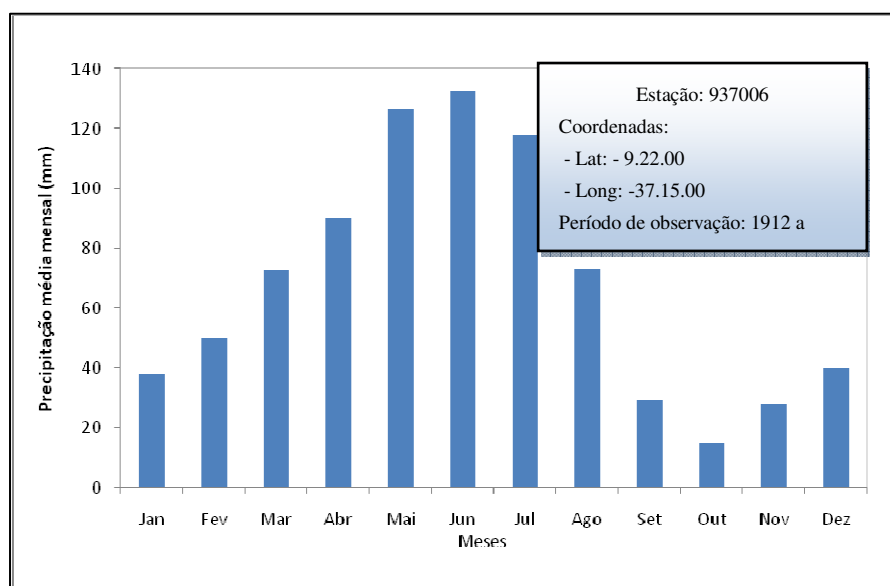


Figura 2 : Média histórica pluviométrica de 83 anos para o município de Santana do Ipanema.
Fonte: Hidroweb (2008).

2.3 – Características hidrogeológicas

A região em estudo é composta basicamente por duas formações aquíferas: o aquífero cristalino com a profundidade média de 50 metros e os aquíferos aluviais, com o nível freático mais próximo da superfície.

Os aquíferos cristalinos cobrem aproximadamente 70,8% de todo o estado de Alagoas (Figura 3) e predomina em toda a área da bacia do rio Ipanema. A água armazenada nos aquíferos do domínio cristalino tem sua origem principal no processo de infiltração das águas meteóricas, ficando condicionada, portanto, às características climáticas ao longo de toda a extensão da bacia.

Assim, foram então definidos nesta área os Domínios Aquíferos Poroso e Fraturado, com porosidade intergranular e com porosidade secundária fissural respectivamente. O Domínio Poroso é representado pelos depósitos recentes (aluviões) e o Domínio Fraturado é denominado de Aquífero Fissural e/ou cristalino, em função da ampla homogeneidade geológica da região (LOPES, 2005).

2.4 - Características da hidrográficas

A hidrografia do Município é representada principalmente pelo rio Ipanema. Como todos os rios alagoanos da vertente do rio São Francisco, o rio Ipanema é um rio intermitente (Figura 3). Outro rio que também banha o Município é o Dois Riachos, localizado no extremo nordeste da área, apresenta menor importância, uma vez que atravessa somente uma pequena porção do seu território. Também é um rio temporário com fluxo d'água corrente apenas no período chuvoso.



Figura 3: Rio Ipanema no Município de Santana do Ipanema no período chuvoso e seco, respectivamente.

3 – O APARATO EXPERIMENTAL

Foi instalado no município de Santana do Ipanema-AL, a bacia experimental do Riacho Gravatá, esta é sub-bacia possui uma área de drenagem de aproximadamente 125 Km² na qual foi

definidas outras três sub-bacias e uma micro-bacia (Figura 4). A área onde foi implantado o aparato experimental possui uma área de drenagem de aproximadamente 2,5 Km². Nesta área foi instalado um total de 15 piezômetros, para o acompanhamento do nível freático ao longo do período em estudo, que, juntamente com o acompanhamento dos processos hidrológicos (principalmente da precipitação), o que permitirá a caracterização desse sistema que se constitui em uma importante reserva hídrica para uso em períodos de estiagem.

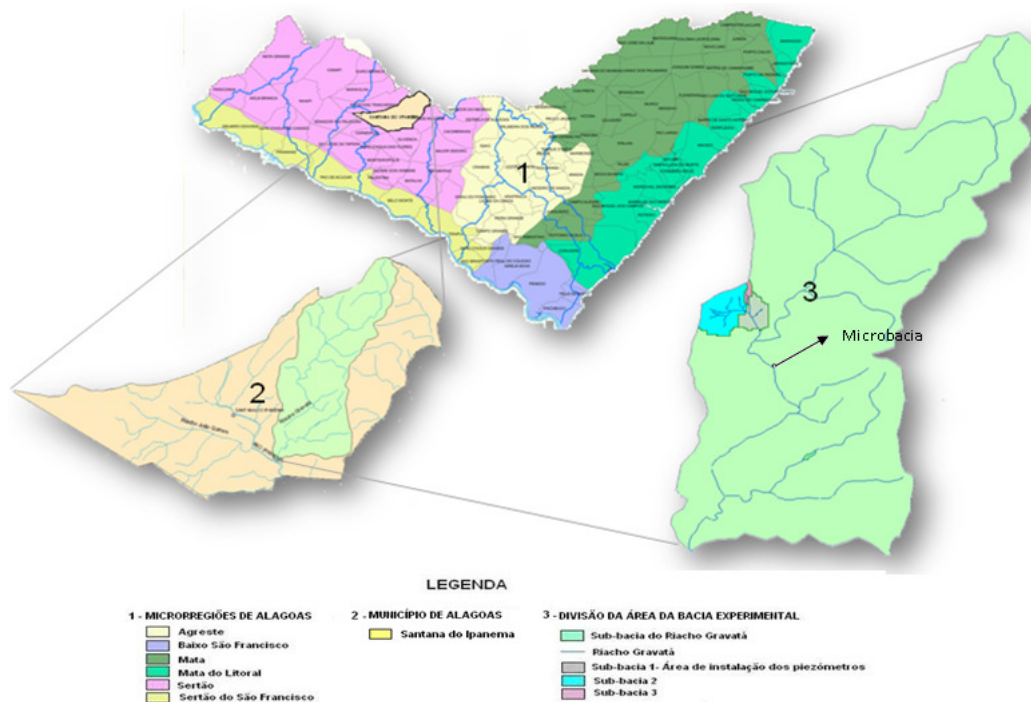


Figura 4: Mapa das sub-bacias e área da instalação dos piezômetros

Após a identificação da área de interesse, foi realizado o processo de instalação dos piezômetros, bem como a instalação de outros componentes da bacia experimental. A distribuição espacial desses piezômetros pode ser verificada na Figura 5, com as suas respectivas identificações.

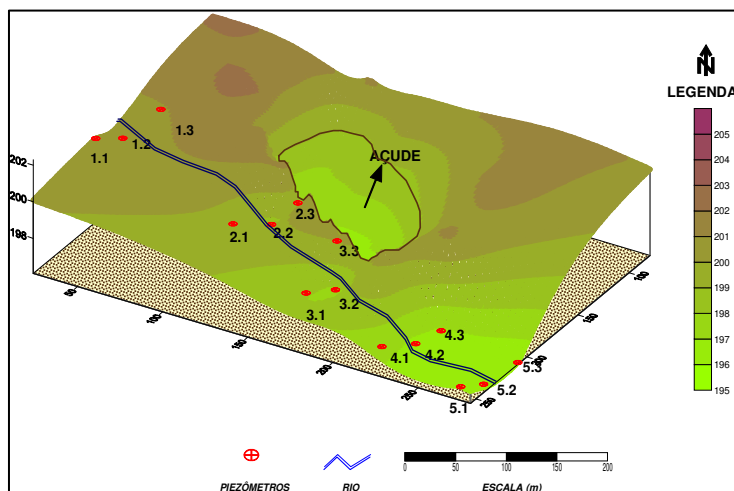


Figura 5 : Distribuição espacial dos piezômetros na área em estudo

Para a execução dos piezômetros foi utilizado um trado manual, o monitoramento do nível de água foi realizado com um sensor de nível e o processo de monitoramento foi feito com medições de no mínimo mensal. Para a análise dos demais fatores hidrológicos foram instalados outros equipamentos na bacia experimental, tais como: estação climatológica, pluviômetros, pluviógrafos, línigrafos e tanque de evaporação.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises aqui realizadas referem-se apenas ao comportamento do aquífero quanto a variação de nível ao longo do período em estudo e quanto ao comportamento da superfície piezométrica analisadas mensalmente durante o período em análise.

4.1. Quanto às variações de nível x precipitação

O monitoramento do aquífero teve início em agosto de 2007, meses antes da instalação da estação climatológica na área em estudo. Em novembro deste mesmo ano foi instalada a estação climatológica da bacia experimental do Riacho Gravatá. A partir dos dados obtidos desta estação, foi verificada uma forte correlação com os dados da estação monitorada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na área em estudo. O período de observação foi de 10 meses (entre agosto/2007 e maio/2008), sendo que destes mais da metade do tempo refere-se aos meses mais críticos com relação à precipitação. No início do monitoramento tínhamos apenas 4 piezômetros (agosto de 2007), para o mês de setembro, já tínhamos 12 piezômetros e a partir do mês seguinte já tínhamos os piezômetros utilizados no monitoramento de forma completa. Assim foi analisado o comportamento da pluviometria e sua relação com os níveis de água do aquífero. Para esta análise os piezômetros foram separados pela localização das linhas por estes formadas, conforme apresentadas a seguir:

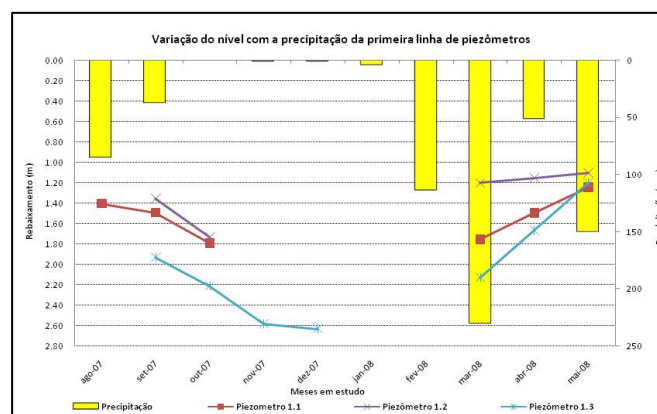


Figura 6: Variação piezométrica da primeira linha de piezômetros

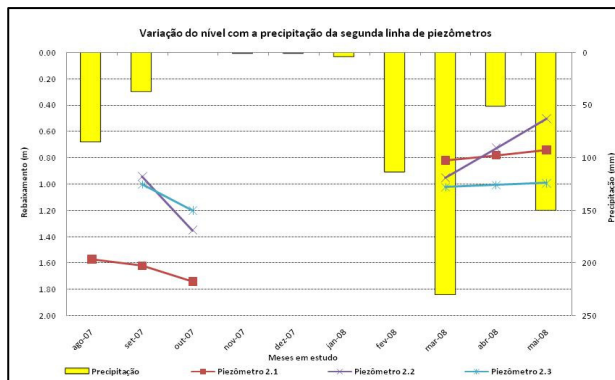


Figura 7: Variação piezométrica da segunda linha

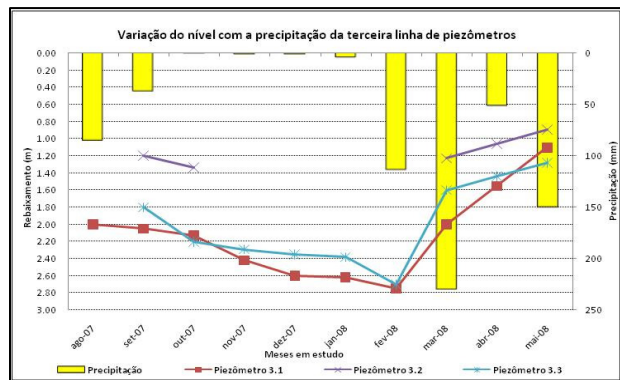


Figura 8: Variação piezométrica da terceira linha

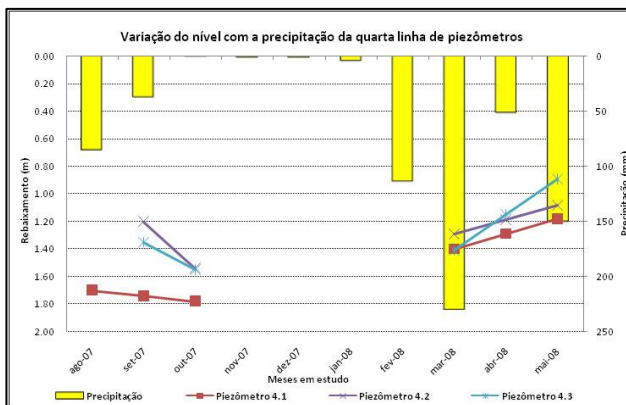


Figura 9: Variação piezométrica da quarta linha

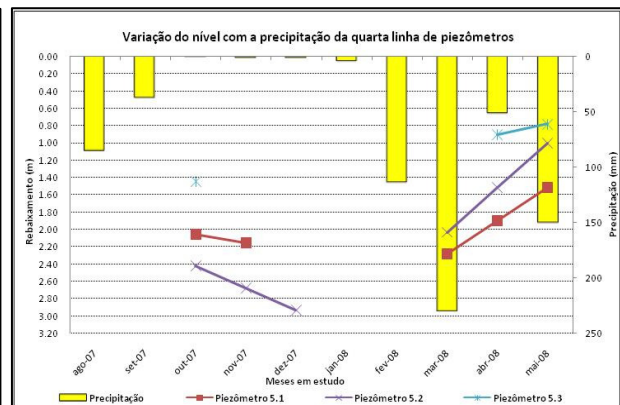


Figura 10: Variação piezométrica da quinta linha

Durante o período de observação, observa-se que apenas dois piezômetros (3.1 e 3.3) apresentados na

Figura 8, não secaram durante o período mais secos, indicando assim uma possível relação destes com o açude existente ao lado da área em estudo. Conforme verificado nas campanhas observa-se que para haver variações do nível freático, que colaborem com a recarga do aquífero são necessárias precipitações superiores a 100 mm, para poder vencer a deficiência hídrica adquirida pelo aquífero durante o período de estiagem. De um modo geral, observa-se que o comportamento deste aquífero, ao longo do ano se aproxima de uma função polinomial do 3º grau, obtendo-se um valor máximo de correlação de 0,999 e um valor mínimo de 0,787, no geral o valor médio ficou em torno de 0,972 em todas as análises realizadas.

De um modo geral, verifica-se que o comportamento dos piezômetros obedece a um padrão bem definido (o nível sobe nos períodos chuvosos e o nível diminui nos períodos mais secos), sendo evidenciado um comportamento bastante similar em todos piezômetros analisados.

4.2. Quanto a potenciometria

A partir do monitoramento do nível do aquífero, foi realizada uma análise da superfície potenciométrica, para cada mês estudado, com o objetivo de estabelecer as direções preferenciais de fluxo subterrâneo para tal aquífero. Estas foram geradas utilizando as coordenadas locais obtidas no

levantamento topográfico em relação ao nível estático de cada piezômetro. Os resultados obtidos mostram que o aquífero aluvial estudado, possui características de fluxos semelhantes para os meses mais chuvosos e características de fluxo difuso para os períodos mais secos, conforme mostrado das Figura 11 a Figura 20.

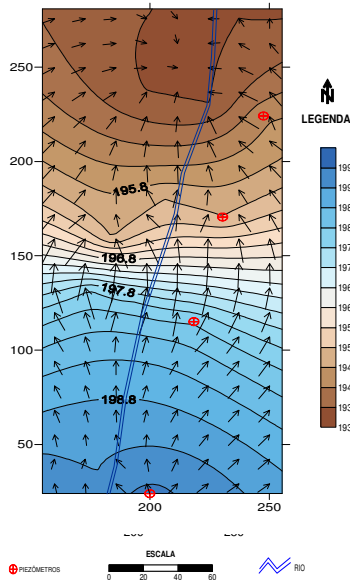


Figura 11: Superfície potenciométrica para o mês de agosto

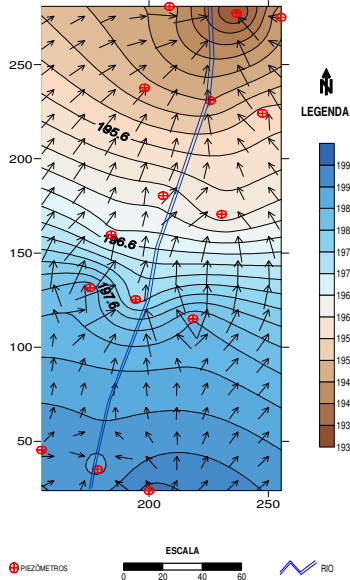


Figura 12: Superfície potenciométrica para o mês de setembro

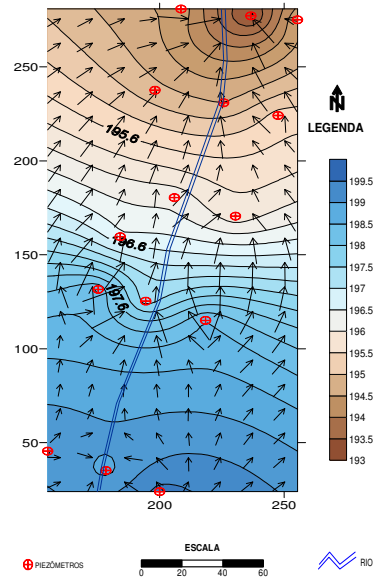


Figura 13: Superfície potenciométrica para o mês de outubro

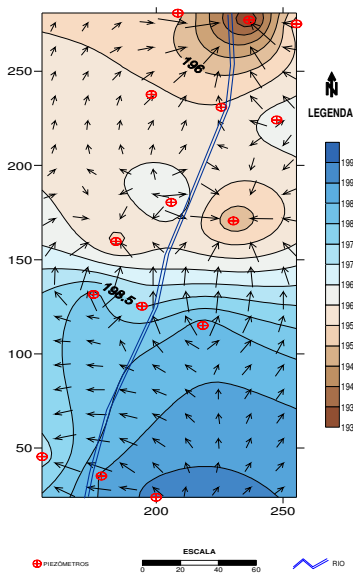


Figura 14: Superfície potenciométrica para o mês de novembro

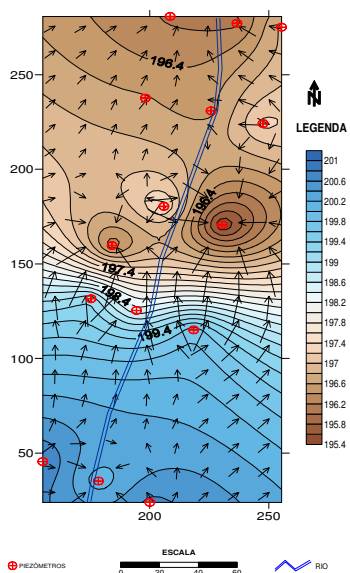


Figura 15: Superfície potenciométrica para o mês de dezembro

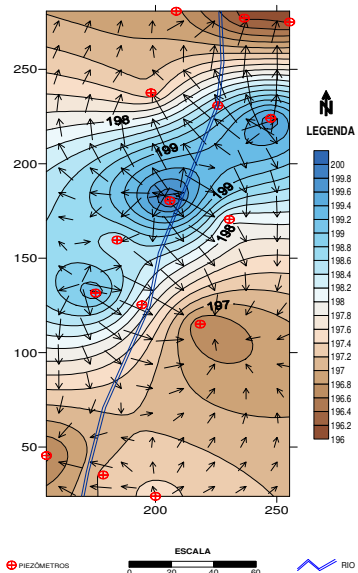


Figura 16: Superfície potenciométrica para o mês de janeiro

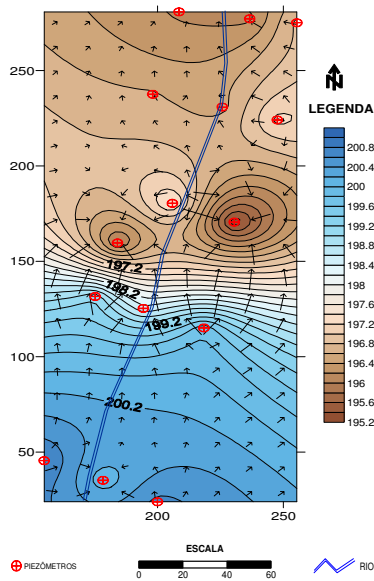


Figura 17: Superfície potenciométrica para o mês de fevereiro

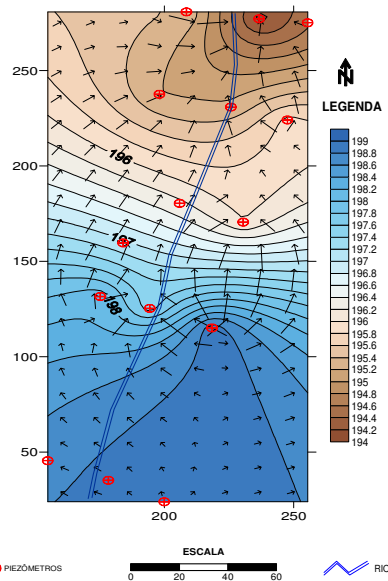


Figura 18: Superfície potenciométrica para o mês de março

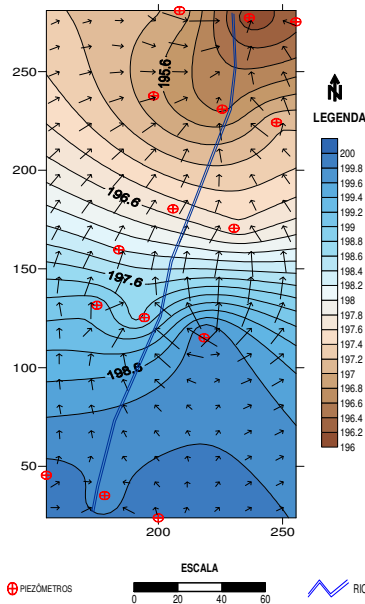


Figura 19: Superfície potenciométrica para o mês de abril

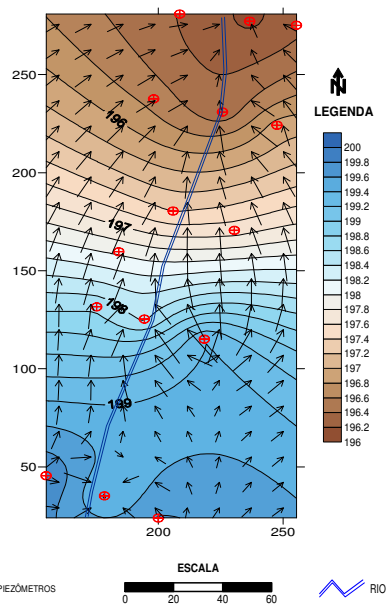


Figura 20: Superfície potenciométrica para o mês de maio

Conforme já falado anteriormente, iniciamos o estudo com apenas 4 piezômetros e no mês seguinte já existiam 12 dos 15 poços instalados. Verifica-se que para o comportamento geral, enquanto o aquífero está sendo rebaixado os sentidos das linhas de fluxo seguem a um mesmo padrão, com as variações potenciométricas variando de 193 a 199 m. A direção do fluxo se dá na direção sul-norte, no sentido da direção do rio principal(Riacho Gravatá). O rebaixamento nesse caso se dá principalmente em função das altas taxas de evapotranspiração e da interrupção do período chuvoso.

Já para os meses de novembro a fevereiro verifica-se que há uma depleção nos níveis e uma possível aleatoriedade com relação às linhas de fluxo, explicando assim o fato da maioria dos poços terem secado neste período, indicando algumas direções de alguns piezômetros preferências, ou seja, aqueles que permanecem com água durante todo o período (piezômetro 3.1 e 3.3), que foi aqueles poços que não secaram, podendo-se entender que estes são alimentados pelo açude existente nas proximidades do aparato experimental. Também se verifica pelos mapas que há uma área (após a segunda linha de piezômetros) em que há uma possível separação entre a área de recarga e a área de descarga desse aquífero, ou seja um possível divisor.

5 - CONCLUSÕES

O aquífero aluvial estudado é bastante raso, no qual os níveis estáticos variando de aproximadamente 0.80 m à 3.00 m. Indicando que há uma forte tendência de afloramento de água, nos períodos mais chuvosos.

Na análise do comportamento processos hidrológicos, verifica-se que os meses de setembro a fevereiro são os meses mais críticos para a região, com altas taxas de evaporação ocasionando assim um grande déficit hídrico no sistema. Sendo confirmado ao verificar que neste período há uma tendência de rebaixamento do aquífero aluvial, que por sua vez é um sistema frágil, ocasionando assim a secagem total de alguns poços. Apenas 2 poços permaneceram com água durante todo o período de observação, o que pode, inicialmente, ser explicado pela existência de um açude nas proximidades desses dois poços, a esquerda da área em estudo.

Com relação aos mapas potenciométricos, nota-se que nos meses mais secos, as linhas de fluxo se comportam de forma aleatória, com algumas tendências voltadas para aqueles poços que se mantiveram constantes ao longo do tempo. E, para os períodos mais chuvosos, o sentido do fluxo obedece ao sentido global da direção do sistema.

Verifica-se também que precipitações inferiores a 100 mm, não são capazes de oferecem resposta nenhuma a variação de nível do aquífero. Apenas as precipitações superiores a esse valor são capazes de surtirem algum efeito em tal área.

De um modo geral, sobre estes tipos de aquíferos, se tornam fundamentais para a região, pois possibilita o desenvolvimento de programas de gestão e aproveitamento de forma correta, deste recursos, de forma a minimizar os fatores agravantes nos períodos de estiagem.

6 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FINEP, pelo financiamento do projeto de pesquisa; a FAPEAL pela concessão da bolsa de estudos e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento (PPGRHS/UFAL), por todo o apoio.

7 – BIBLIOGRAFIA

- CABRAL, J. J. S. P; FERREIRA, J. P. C. L.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; COSTA, W. D. 2004. Água Subterrânea: Aquíferos Costeiros e Aluviões, Vulnerabilidade e Aproveitamento. Editora Universitária da UFPE, Recife, 2004. 447p.
- CARVALHO, T. L. L. 2004. Aplicabilidade de Barragens Subterrâneas no Semi-Árido Alagoano. Universidade Federal de Alagoas. Trabalho de Conclusão de Curso, Maceió-AL, 108p.
- FEITOSA, F. A. C; MANOEL, F. J. 1997. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza, CPRM, Laboratório de Hidráulica -UFPE.
- IICA(2005) – Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. Plano de Integração das Bacias Hidrográficas de Alagoas. Marco Legal e Institucional. Relatório Final. 425p.
- KHAZAEI, E, SPINK, A. E. F, WARNER, J. W. 2003. A catchment water balance model for estimating groundwater recharge in arid and semiarid regions of south-east Iran. Hydrogeology Journal.
- LOPES, O. F; SANTOS, J.C.P; BARROS, A.H.C (2005) - Diagnóstico ambiental do Município de Santana do Ipanema, Alagoas – Rio de Janeiro. Embrapa Solos, 150 p. Boletim de pesquisa e desenvolvimento.
- MONTEIRO, A.; (1999) – Dinâmica de Lençol Freático em Agricultura de Vazante. IX Congresso de Iniciação Científica. UFRPE, Recife – PE.
- MONTENEGRO, A. A de A, MONTENEGRO, S. M. G. L, OLIVEIRA, O. F. (2002b) – Salinidade da água de aquífero aluvial sob o uso agrícola no Agreste do Estado de Pernambuco: Variabilidade espacial e sazonal. VI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Maceió/AL, Novembro de 2002.
- SURFER 8.0 - User.s Guide/ Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers, Golden Software, Inc. 639p.
- VIEIRA, J. L. S.; (2002) – Emprego de um Modelo Matemático de Simulação do Fluxo Subterrâneo para Definição de Alternativas de Exploração de um Aquífero Aluvial. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências e Tecnologia. 94p.