

MODELO DE FLUXO E DE MANEJO DE UM AQUÍFERO ALUVIAL  
DA REGIÃO DO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO

Janiro C. Rêgo\*, José do P.T. Albuquerque\* e P. Boochs\*\*

\*Laboratório de Hidráulica - DEC/CCT/UFPB  
Caixa Postal 505 - Campina Grande, PB, Brasil

\*\*Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie  
und Landwirtschaftlichen Wasserbau -  
Universität Hannover - Callinstrasse 32 .  
D-3000 - Hannover - R.F.A.

RESUMO

Em um trecho aluvial característico da Micro-Região de Catolé do Rocha - PB, foram coletados sistematicamente dados hidrológicos e hidrodinâmicos através de piezômetros e poços de produção. Estas informações, juntamente com outras de naturezas geológicas e topográficas, permitiram a simulação do fluxo e definição das condições de manejo do referido aquífero, através de um modelo numérico estabelecido pelo método das diferenças finitas. O trabalho em apreço descreve as características do modelo e os critérios para as definições das condições iniciais e de contorno, bem como os passos para a calibragem. Apresenta ainda alguns resultados obtidos, enfatizando as alternativas de exploração e manejo para as atividades sócio-econômicas de abastecimento rural e pequena irrigação.

PALAVRAS-CHAVE

Água Subterrânea; Aquífero Aluvial; Semi-Árido; Simulação; Diferenças-Finitas; Abastecimento Rural; Pequena Irrigação.

INTRODUÇÃO

Os depósitos aluviais que ocorrem extensivamente, formando leitos e margens de pequenos rios e riachos, na bacia do Piranhas, no semi-árido paraibano, constituem aquíferos rasos, porém de alta permeabilidade e fácil acesso. Apesar de suas reduzidas dimensões estes mananciais revestem-se de grande importância para a região, servindo ao abastecimento rural, à pequena irrigação e, em alguns casos, ao abastecimento de pequenas cidades. A exploração desses aquíferos se desenvolve, contudo, de forma completamente empírica, sem qualquer estimativa dos potenciais e reservas, ou consideração pelos regimes de recarga, circulação e descarga, essenciais para o estabelecimento de um manejo mais racionalizado, exigido pela crescente demanda e pela ocorrência de anos de escassa e irregular pluviosidade.

Um trecho aluvial característico desses aquíferos foi observado através de medições sistemáticas dos níveis d'água em poços piezométricos e de produção e estas informações, em conjunto com outras de naturezas geológicas e dimensionais, permitiram a obtenção dos dados necessários à elaboração de um modelo matemático para a simulação do fluxo subterrâneo no trecho, em condições naturais ou sob intervenções artificiais. Neste artigo, são apresentadas as características do aquífero, as considerações para o desenvolvimento e calibragem do modelo e dois resultados de simulações efetuadas.

## OS AQÜÍFEROS ALUVIAIS

### Características Dimensionais, Litológicas e Hidráulicas

A mancha aluvial escolhida como representativa do sistema aquífero regional situa-se nas proximidades das nascentes de um pequeno riacho e prolonga-se até sua desembocadura em um curso d'água maior, com conseqüente interconexão dos leitos aluviais, conforme mostrada na figura 1.

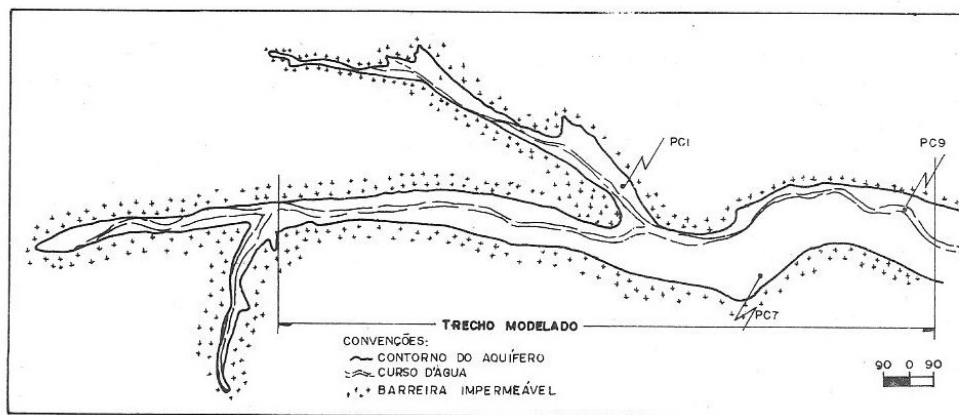


Fig. 1. Aquífero aluvial estudado.

A sua maior extensão é de 35 km e suas larguras variam entre 50 m nos trechos iniciais, a montante, até 250 m na seção final, a jusante. Prospecções mecânicas e geofísicas ali efetuadas revelaram ter o pacote aluvial espessuras de, no máximo, 12 m, e litologia predominantemente arenosa intercalada descontinuamente por camadas de argila e pedregulho. O embasamento cristalino apresenta ligeira intemperização podendo formar pequenas camadas condutoras, adicionadas ao pacote aluvial na consideração da espessura total do aquífero.

Três testes de aquífero, realizados em poços de grande diâmetro, com localizações indicadas na figura 1, forneceram os seguintes resultados, para os parâmetros hidrodinâmicos.

Poços	Condutividade Hidráulica K (m/s)	Transmissividade T (m <sup>2</sup> /s)	Coefficiente de Armazenamento S(%)
PC1	$3,58 \times 10^{-3}$	0,017	9,96
PC7	$6,48 \times 10^{-3}$	0,049	10,3
PC9	$2,76 \times 10^{-3}$	0,026	14,9

### Regime Hidrológico e de Exploração

Por serem pouco profundos e apresentarem boa condutividade hidráulica, os pequenos aquíferos aluviais sofrem mais intensamente a influência do regime pluviométrico regional. São, em regra, completamente recarregados durante o período chuvoso, (entre janeiro e junho), sendo o volume estocado parcialmente devolvido ao curso dos rios em alguns de seus trechos, constituindo o escoamento de base que se estende por um lapso de tempo variável, na dependência da duração e intensidade do período. Assim como a recarga, a circulação e a descarga também se processam rapidamente havendo queda acentuada e progressiva dos

níveis d'água na estação seca, até o retorno das chuvas e do conseqüente processo de recarga. A exploração do aquífero se dá justamente na época dos níveis em descenso e o problema se agrava quando tarda ou falta a estação chuvosa, provocando o esvaziamento completo do aquífero, o que pode ocorrer também após anos pouco chuvosos quando a recarga é mínima.

## O MODELO DESENVOLVIDO

### Concepção

O aluvião estudado, classifica-se, de acordo com as condições descritas, como um aquífero freático, heterogêneo, anisotrópico, sob regime de fluxo variado. Certas características, contudo, permitem algumas simplificações, necessárias para facilitar a modelagem numa primeira etapa. A forma "tubular" do pacote aluvial, com comprimento muito maior do que a largura e a espessura, induz uma direção preponderante do fluxo no sentido do comprimento, levando a desprezar o escoamento nas outras direções e a adotar um modelo de fluxo unidimensional e, conseqüentemente, um aquífero isotrópico.

O modelo adota uma solução numérica para a equação do fluxo, empregando o método das diferenças finitas. Fornece os valores das alturas piezométricas, da vazão e do armazenamento em cada nó da malha construída para a discretização espacial do aquífero, e a cada instante da discretização temporal do fluxo. O trecho modelado do aquífero está indicado na figura 1 e por se tratar de um modelo unidimensional, a malha se reduziu a uma linha com 25 nós distanciados de 100 m um do outro. Além do comprimento total e da distância entre os nós são também condições de contorno do modelo a largura e as cotas da base e da superfície do aquífero em cada nó. As condições iniciais são as alturas piezométricas no instante a partir do qual se inicia a simulação. As contribuições dos trechos aluviais afluentes são simuladas por vazões concentradas no nó inicial para o trecho de montante, e no nó nº 14, à altura do trecho afluente esquerdo.

### Calibração

As medidas semanais de níveis freáticos em poços piezométricos e de produção, distribuídos, mesmo irregularmente, ao longo do trecho, permitem a reconstituição da superfície livre do aquífero durante os períodos observados. A comparação da linha piezométrica calculada com aquela medida em campo foi o principal critério para calibração do modelo. As condutividades hidráulicas nos nós e as vazões afluentes ao trecho funcionaram como variáveis a serem cuidadosamente ajustadas para que o modelo produzisse resultados que satisfizessem ao mencionado critério de aproximação entre as superfícies freáticas medidas e calculadas. Os valores de condutividade hidráulica obtidos através dos testes de aquíferos indicaram a tendência da variação espacial (heterogeneidade) deste parâmetro e suas ordens de grandeza, embora na distribuição finalmente encontrada para o modelo calibrado os valores nos nós não coincidam exatamente com os medidos. Prevaecem, no caso, a confiabilidade nas medidas de níveis sobre os testes de bombeamento, cujos resultados, além de mais sujeitos a erros de medida, representam uma condutividade hidráulica média pontual e até conjuntural. A distribuição da condutividade hidráulica "corrigida" é a primeira contribuição do modelo calibrado.

As distribuições temporal das vazões no início do trecho e à altura do trecho afluente (nó nº 14), que são dados de entrada para as simulações, também foram obtidas no processo de calibração. Valores da condutividade hidráulica, da geometria e de níveis d'água dos trechos afluentes (de montante e no nó nº 14) permitiram estimativas das ordens de grandeza e das distribuições dessas vazões, que foram posteriormente ajustadas, do mesmo modo que no caso da condutividade hidráulica.

A calibração, bem como as simulações mostradas abaixo foram realizadas para um período de cinco meses, de 15.06.86 a 16.11.86, que corresponde à época de estiagem ou de recessão do aquífero.

### APLICAÇÕES DO MODELO

A figura 2 simula a evolução do nível d'água do aquífero submetido à exploração de uma vazão constante de 30 l/s no poço PC7, situado à altura do nó nº 18 da malha do modelo. As vazões  $Q_m$  e  $Q_a$  indicadas na figura representam respectivamente as vazões dos trechos afluentes de montante e lateral ao trecho simulado, as quais variam ao longo do período conforme taxas definidas na calibração.

Na figura 3, em vez de uma vazão, é fixado um rebaixamento (até 1 m acima da base do aquífero) para a operação do PC7 e o modelo fornece as vazões obtidas ao longo dos meses de simulação, que naturalmente diminuem com o esgotamento do aquífero.

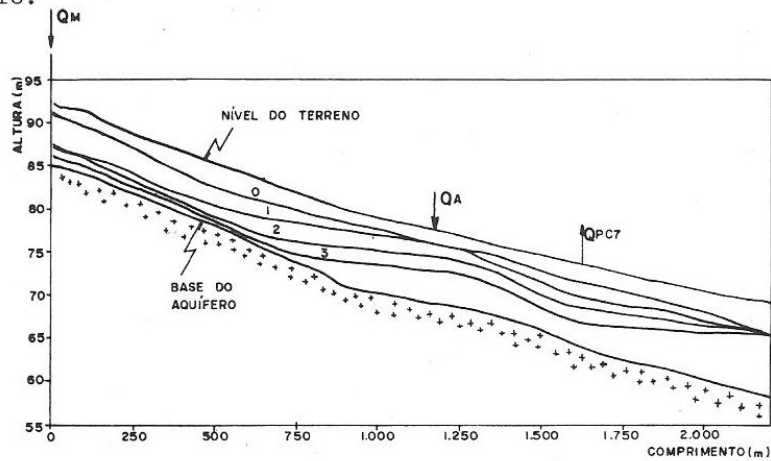


Fig. 2. Exploração simulada do PC7 - vazão constante linha "0" : início do período de operação. Linhas 1, 2 e 3 término dos 19, 39 e 59 meses de operação respectivamente.

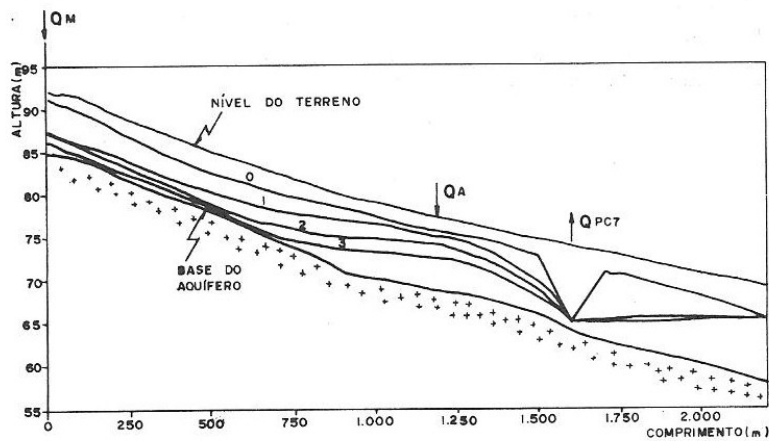


Fig. 3. Exploração simulada do PC7 - Rebaixamento constante  
 Linha 0 : início do período de operação  
 Linha 1 : Término do 19º mês de operação  $Q_{PC7} = 79,9$  l/s  
 Linha 2 : Término do 29º mês de operação  $Q_{PC7} = 50,9$  l/s  
 Linha 3 : Término do 39º mês de operação  $Q_{PC7} = 35,4$  l/s

Outras situações podem ser simuladas, tais como, interferência entre poços, in fluência de recargas artificiais e/ou de barragem subterrâneas, exploração in termitente , etc.

#### CONCLUSÕES

O necessário manejo racional dos pequenos aquíferos aluviais do semi-árido pa raibano tem no modelo desenvolvido uma valiosa ferramenta. Estimativas de armazenamento, vazões naturais e exploráveis, rebaixamento de nível, etc, for necidas pelo modelo, associadas a dados de demanda, principalmente para peque na irrigação, podem fornecer importante parâmetros para projetos de aproveita- mento desses recursos hídricos. Destaca-se, nesse contexto, o controle da exploração em termos de volume, vazões e épocas propícias que, pelas razões já citadas deverá se constituir em necessidade iminente. Intervenções de maior peso, tais como barragens subterrâneas e recarga artificial, que também podem ser simuladas pelo modelo, serão fatalmente necessárias para o desenvolvimen- to regional, estreitamente vinculado à oferta hídrica.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, através do seu programa PDCT-NE.

Ao Kernforschungsanlage, KFA, da República Federal da Alemanha, através do seu convênio de cooperação com o CNPq, no Brasil.

#### LISTA DE REFERÊNCIAS

- Albuquerque, J. do P.T. (1984). Os Recursos de Água Subterrânea do Trópico Se mi-Árido do Estado da Paraíba. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba. 191 pp.
- Albuquerque, J. do P.T. e Rêgo, J.C. (1987). Estudos de Avaliação e Utilização de um Aquífero Aluvial na Região do Semi-Árido Paraibano. Anais VII Simpô- sio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, Vol. 4, 42-54.
- Cleary, R. (1989). Águas Subterrâneas. In Engenharia Hidrológica, Associação Brasileira de Recursos Hídricos (Ed.) Vol. 2, Editora UFRJ, Rio de Janeiro, pp. 291-404.
- Wang, A. (1982). Introduction to Groundwater Modelling - Finite Difference and Finite Element Method, Ed. Freeman & Co. S. Francisco.