

ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DE UM AQUÍFERO ALUVIAL COM BARRAGENS  
SUBMERSAS NA REGIÃO DE SANTA LUZIA, PARAÍBA

H. D. M. Schuster\*, P. R. da Silva Oliveira\*\* e U. Koch\*\*

\*Departamento de Mineração e Geologia  
DMG/CCT/UFPb, Campina Grande - Pb

\*\*Laboratório Hidráulico do Departamento de Engenharia  
Civil, CCT/UFPb, Campina Grande - Pb

RESUMO

Os aquíferos aluviais rasos existentes na região semi-árida do Nordeste do Brasil poderia se constituir numa fonte alternativa, na captação de água para agricultura e pecuária da região. Porém, a pesquisa para a exploração e manejo adequado ainda é escassa.

Foi investigado um aquífero - piloto perto da cidade de Santa Luzia, Paraíba com aproximadamente 5 km de extensão, largura variando de 40 m a 200 m e profundidade de 1 m a 10 m até o embasamento cristalino.

Em três poços amazonas existentes, quatro piezômetros e um pluviômetro instalados na área de estudo, foram realizadas medições semanais durante o ano de 1988. Medidas de vazão, a jusante da barragem submersa, existente na saída do aquífero foram feitas durante os meses de estiagem. Para mapear as margens do aquífero foram executados vários perfis geoeletricos transversais. Um perfil longitudinal extenso revelou mais duas barragens submersas e a morfologia do embasamento cristalino ao longo do leito do riacho. Numerosas sondagens elétricas verticais executadas possibilitaram a determinação da profundidade até o embasamento cristalino. Um teste de bombeamento feita na área de estudo forneceu parâmetros hidrodinâmicos representativos para este tipo de aquífero.

Todos estes dados de campo serviram como dados de entrada para um modelamento numérico afim de simular o comportamento hidrológico temporal, assumindo um modelo simples de um aquífero unidimensional.

Os resultados obtidos através desse modelo simples reproduzem satisfatoriamente os dados observados no campo.

A metodologia utilizada permitirá futuramente investigações hidrogeológicas de custos relativamente baixos e de curto prazo para os demais aquíferos rasos, típicos do Nordeste.

PALAVRAS-CHAVE

Água subterrânea; aquífero aluvial; barragens submersas; geofísica; modelo de simulação.

INTRODUÇÃO

Até hoje, foram realizadas poucas investigações hidrológicas nos aquíferos aluviais estreitos e rasos no semi-árido Paraibano (ALBUQUERQUE, 1984), embora os mesmos tenham uma grande importância sócio-econômica para o pequeno agricultor, quando são explorados adequadamente.

Faltam aos órgãos governamentais e regionais informações detalhadas sobre a disponibilidade de água subterrânea e seu comportamento hidráulico nos respectivos aquíferos. Além disso, não dispõem de metodologias modernas e adequadas para estabelecer modelos de gestão de longo prazo.

No ano de 1984 deu-se início ao Programa de Desenvolvimento Científico e tecnológico para o Nordeste (PDCT/NE), financiado pelo Banco Inter-Americano de Desenvolvimento (BID) e CNPq, para a realização do projeto hidrogeológico (PB-41) no semi-árido Paraibano.

Os resultados hidrogeológicos começaram no ano de 1988 e estão ainda em andamento. Neste trabalho, apresentam-se os dados colhidos no campo e os resultados preliminares obtidos com o emprego de um modelo matemático de simulação do aquífero-piloto.

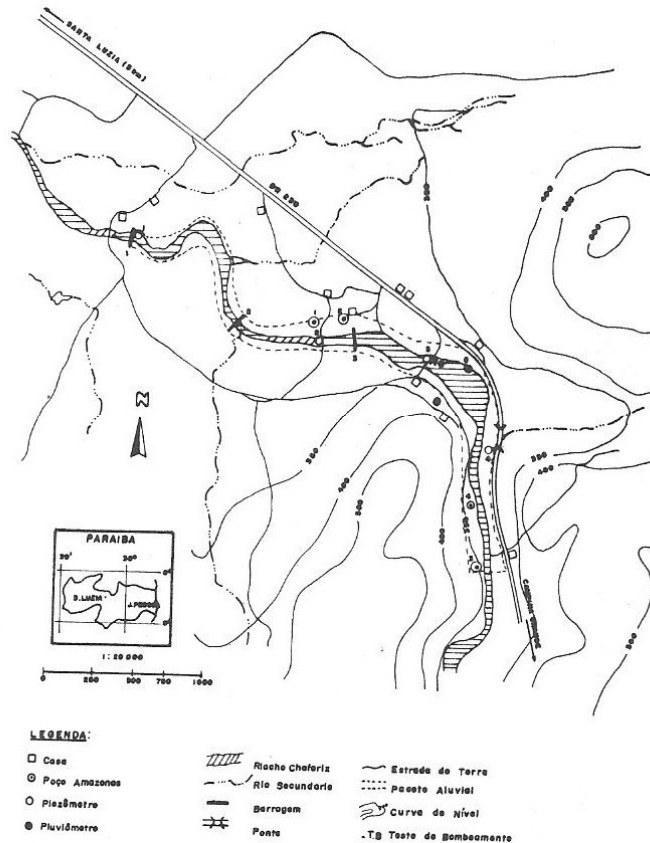


Fig. 1 Área de estudo do riacho Chafariz perto da cidade de Santa Luzia - PB.

#### O SISTEMA AQUÍFERO-PILOTO

O objetivo geral deste projeto (PB-41) foi a execução de um estudo hidrogeológico de curto prazo e baixos custos para se obter um maior conhecimento dos aquíferos aluviais típicos para esta região, tendo em vista neste contexto, investigar objetivos específicos de interesse hidrogeológico espacial, tais como :

- 1 - Influência das barragens submersas no nível freático do aluvião;
- 2 - Simulação do nível freático com variação espacial e temporal;
- 3 - Formação de um modelo de balanço hídrico para o manejo racional do aluvião.

Para este fim, foi selecionada uma área de estudo cuja característica hidrogeológica e dimensionamento geométrico foram conhecidas pelos levantamentos geofísicos previamente feitos (VITORINO, 1990).

O aquífero selecionado é uma estreita faixa ao longo do riacho Chafariz com aproximadamente 10 km de comprimento total e largura variando de 60 m a 250 m (Fig. 1). Este riacho faz parte de uma bacia aluvial constituída por vários riachos de área em torno de 70 km<sup>2</sup>, localizada 5 km ao leste da cidade de Santa Luzia - Pb (ANDRITZKY & BUSCH, 1975).

Todos os riachos, que nascem nas montanhas cercado ao leste esta bacia, têm água corrente na época chuvosa durante os meses de janeiro a maio, e desembocam no açude de bastecimento público da cidade Santa Luzia.

As numerosas sondagens geolétricas executadas nesta área de estudo revelaram uma profundidade máxima de 10 m até o embasamento cristalino representado por migmatitos Pré-cambrianos (VITORINO, 1990) e indicam uma sequência aluvial relativamente homogênea de areias médias a grossas com poucas intercalações argilosas. A figura 2a apresenta uma curva de eletroresistividade de um aquífero saturado com água, medida no piezômetro P3 logo depois da estação chuvosa enquanto a figura 2b mostra a situação hidrogeológica diferente no mesmo local devido à formação de uma camada não-saturada.

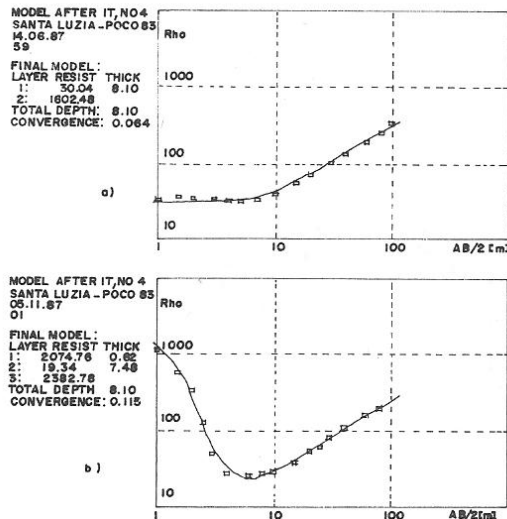


Fig. 2a Sondagem elétrica vertical com aquífero totalmente saturado.

Fig. 2b Sondagem elétrica vertical com aquífero semi-saturado no local P3.

Vários perfis geolétricos transversais feitos para delimitar as margens laterais do respectivo aquífero-piloto revelam um bom desenvolvimento do corpo do aquífero na sua maior parte. A figura 3 é um perfil de eletroresistividade, típico para o aquífero, que mostra na sua margem esquerda um terraço espesso de material argiloso-siltoso, e na sua margem direita o cristalino aflorante impermeável, os quais confinam o aquífero dos fluxos laterais.

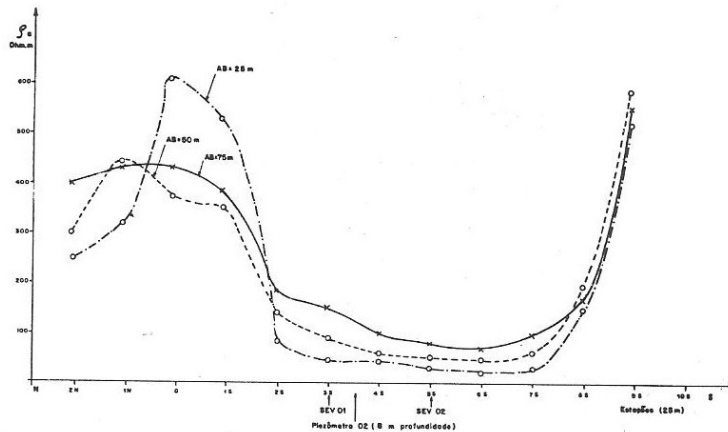


Fig. 3 Perfis de eletroresistividade com várias separações dos eletrodos transversal ao leito do riacho Chafariz no local P3.

Para realizar este projeto hidrológico, foi selecionado um trecho do riacho Chafariz com 5 km de extensão, delimitado a montante com o início dos primeiros sítios dos pequenos produtores e, a jusante, por um vertedor de barragem (B1) ali existente no leito do riacho.

Um perfil geoeétrico longitudinal ao longo do leito do riacho, executado numa etapa posterior da pesquisa, detectou a existência de mais duas barragens submersas (Fig. 6a).

#### AQUISIÇÃO DOS DADOS DE CAMPO

A variação espacial e temporal dos níveis freáticos na área de estudo foi observada semanalmente em quatro piezômetros perfurados (P) e em três poços amazonas (PA), já existentes, durante os anos de 1988 e 89. Um pluviômetro instalado registrou a taxa de precipitação (Fig. 4).

Paralelamente, foi medida a depleção na saída do aquífero através de uma calha instalada na jusante do vertedor B1 durante os meses de estiagem (Fig. 5).

A determinação dos parâmetros hidrodinâmicos foi tentada através do método de "auger hole", que não deu resultado por ser muito rápida a recarga dos piezômetros. Portanto, tornou-se necessário, apesar das verbas limitadas encontradas no projeto PB-41, executar, pelo menos, um teste de bombeamento perto do piezômetro P3. O teste foi interpretado com a fórmula de THIEGM para um aquífero não confinado. O valor medido da permeabilidade de  $k = 3.6 \times 10^{-2}$  m/s é considerado bem representativo para este tipo de aquífero estudado.

#### CONDIÇÕES DE MODELAMENTO E SIMULAÇÃO DO AQUÍFERO-PILOTO

Já que não foi possível implantar estações para monitorar as águas superficiais resolveu-se restringir a simulação de depleção para o período de estiagem do aquífero estudado, o qual apresenta as seguintes condições favoráveis para se efetuar o modelamento:

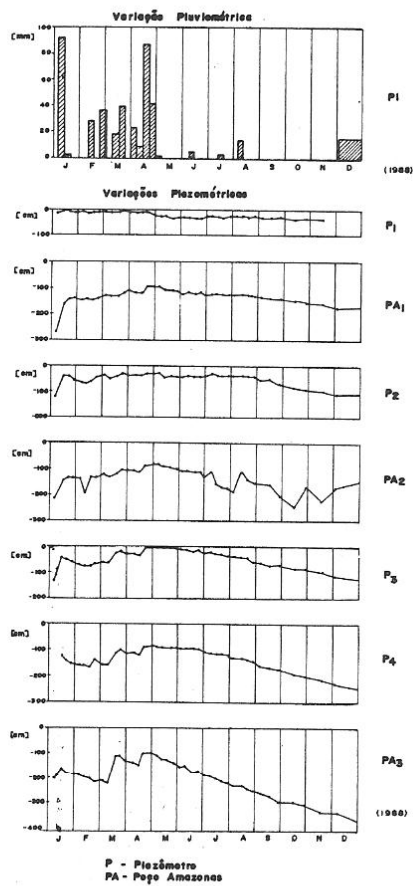


Fig. 4 Os registros piezométrico e pluviométrico na área de estudo durante o ano de 1988.

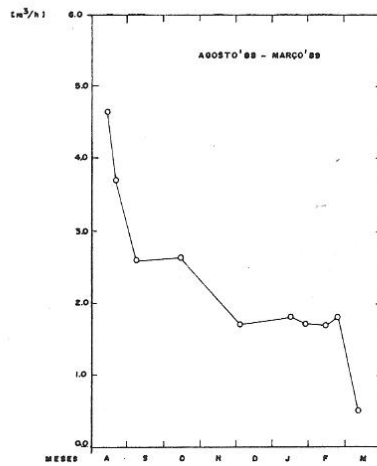


Fig. 5 Curva de depleção medida a jusante da barragem Bl.

- lateralmente o aquífero é delimitado pelo cristalino: não existem, portanto, fluxos laterais, exceto dos afluentes dos poucos riachos secundários;
- O limite do aquífero é constituído pelo vertedor da barragem B1 ali existente e que está assentado diretamente no cristalino, o que impede qualquer fluxo subterrâneo para jusante;
- não há precipitação nem escoamento superficial de água durante a estação seca. O balanço hídrico do aquífero nessa estação depende da evaporação pelo espelho d'água e da evapotranspiração na área de estudo. Como a represa é assoreada a primeira possibilidade não existe. Quanto à segunda, ela deve ser desprezível por ser quase insignificante o grau de vegetação naquela época.

Os programas numéricos utilizados para a simulação do aquífero baseia-se no método de diferenças finitas (BOOCHS, 1987). A faixa aluvial selecionada para simulação tem uma extensão longitudinal de 4500 m e uma largura variando de 60 m a 250 m e uma espessura máxima de 10 m. Por causa da relação extremal entre a largura e o comprimento, um modelo de simulação unidimensional foi aplicado.

A discretização unidimensional foi efetuada com malha de elementos finitos lineares de 50 m. Ao definir as condições de contorno, no limite montante foi imposta a condição de altura piezométrica constante e no limite jusante a condição de fluxo constante definida pelo vertedor B1. As margens cristalinas laterais foram consideradas impermeáveis.

Trata-se de uma área aluvial plana e a superfície piezométrica é pouco inclinada. As cotas dos poços de observação, determinadas em um levantamento topográfico, e os níveis d'água foram representados numa escala de cota arbitrária. (Fig. 6b).

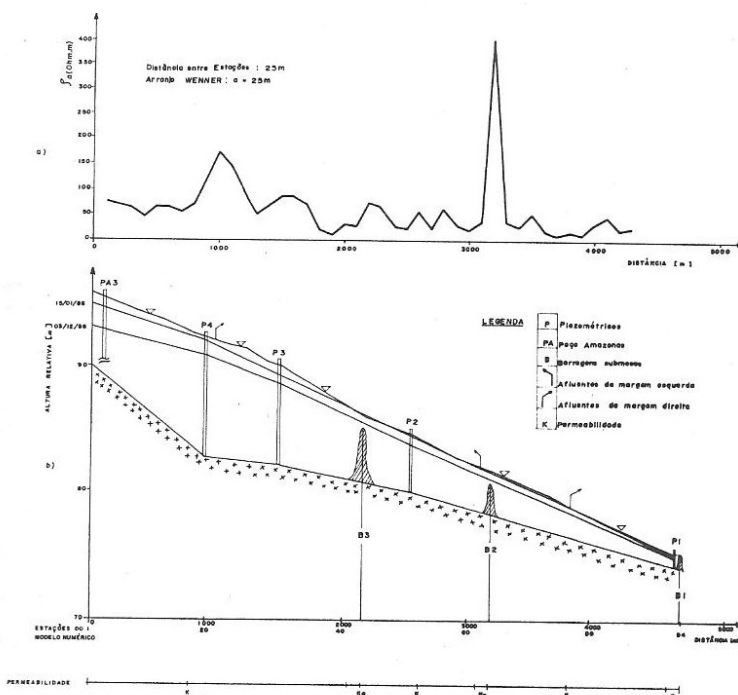


Fig. 6a Perfil de eletroresistividade longitudinal do riacho Chafariz.  
 Fig. 6b Modelo de simulação unidimensional da área de estudo.

Foram considerados os seguintes parâmetros hidrodinâmicos como parâmetros iniciais da simulação, de acordo com o resultado obtidos no ensaio de bombamento executado ( $k = 3.6 \times 10^{-2}$  m/s) e um coeficiente de armazenamento estimado de  $S = 0.20$  para um aquífero livre.

Trata-se, todavia, de um aquífero aluvial com mudanças laterais bruscas dos valores de  $k$  e  $S$ , especialmente nas áreas das represas no montante das barragens submersas B1, B2 e B3 de comprimento  $d$ . Foram usados os seguintes parâmetros hipotéticos no modelo.

$$k^* = k/10 \text{ m/s} \quad \text{e} \quad S^* = S/5$$

Uma calibração do modelo simples de simulação foi obtida pelo ajuste dos cinco parâmetros ( $k$ ,  $k^*$ ,  $S$ ,  $S^*$  e  $d$ ) para as condições hidrológicas definidas para certa data, comparando os respectivos níveis freáticos, observados e calculados, e o valor de depleção. A melhor aproximação foi atingida com os seguintes parâmetros ajustados (Fig. 7)

$$k = 10^{-2} \text{ m/s}, \quad S = 0.10, \quad k^* = 0.1 \times 10^{-2} \text{ m/s}, \quad S^* = 0.05 \quad \text{e} \quad d = 100 \text{ m}$$

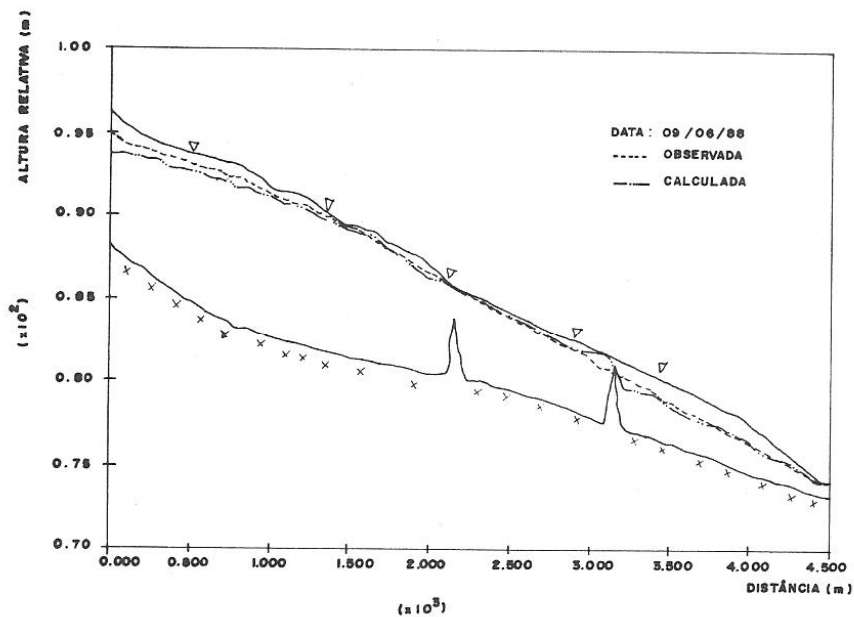


Fig. 7 Calibração do modelo de simulação da área de estudo.

O comportamento hidráulico temporal dos níveis freáticos nos piezômetros foi efetuado em incremento do tempo semanal para o período de estiagem (maio a dezembro de 1988) e os resultados são apresentados na figura 4.

#### CONCLUSÃO

O modelamento ainda está na fase inicial, todavia, as simples condições do modelo unidimensional e os parâmetros hidrodinâmicos admitidos parecem representar uma boa aproximação das condições hidrogeológicas do aquífero estudado no riacho Chafariz. De acordo com o modelo de simulação, a redução do armazenamento total, do aquífero aluvial do riacho Chafariz com três barragens submersas, durante o período observado de estiagem (maio - dezembro 1988), foi cerca de 20 %.

Durante os próximos anos, um progressivo refinamento do modelo poderá ser atingido à medida que novos dados sobre o aquífero sejam obtidos com a futura ampliação da malha de observação e o contínuo registro dos dados hidrogeológicos.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. Dr. Peter Boochs por ter instruído e cedido os programas de simulação de sua autoria.

Os autores agradecem ao Banco Inter-Americano de Desenvolvimento, BID, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, para o financiamento do projeto de desenvolvimento PB-41 durante todos os anos.

#### REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. do I.T. (1984). Os Recursos Hídricos de Água Subterrânea de Trópico Semi-Árido do Estado da Paraíba. Tese de Mestrado, DEC/CCT/UFPB, Campina Grande - Pb.

VITORINO, S. F. (1990). Estudo de Água Subterrânea com Métodos Elétricos na Região do Semi-Árido de Fatos - Pb. Tese de Mestrado, CG/UFPa, Belém - Pa.

ANDRITZKY, G & BUSCH, K. (1975). Mapa Geológico da Região de Santa Luzia, Pb (1:100.000). Publicado pelo Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover (RFA) e pela SUDENE-DRN, Divisão de Geologia, Recife - Pe.

BOOCHS, P. (1987). Programa Numérico de Modelos de Água Subterrânea com Métodos de Diferenças Finitas (FORTRAN). Publicado pelo Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und Wasserbau, Universidade de Hannover (RFA).