

ESTUDO QUANTITATIVO DO SISTEMA AQUIFERO TACARATÚ/INAJÁ NA BACIA SEDIMENTAR DO JATOBÁ-PE

Waldir Duarte Costa Filho¹; Dunaldson Eliezer Gomes Alcoforado da Rocha²; Cristiano de Andrade Amaral³ & José Geilson Alves Demetrio⁴

Resumo – Foram catalogados cerca de 200 trabalhos. Na geologia, observou-se a existência de arenitos da Formação Sergi. No monitoramento do nível de água e coleta de amostras foram selecionados 149 poços tubulares mais 07 pontos de água superficial. Pela diferença entre potenciometria e superfície do terreno, elaborou-se um mapa com as áreas de surgências. Realizou-se o balanço hídrico no período de 1963-1992 e, em relação à média pluviométrica na bacia, o escoamento total representou apenas 0,7%, dos quais 0,3% correspondem a escoamento subterrâneo, sugerindo que praticamente não há escoamento. Construiu-se um poço de observação com 50m de profundidade, na Formação Tacaratú, que serviu como piezômetro durante um teste de aquífero, o qual resultou uma transmissividade $5,0 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$ e um coeficiente de armazenamento de $1,17 \times 10^{-4}$. Com a modelação da área, observou-se que o sistema aquífero Tacaratú/Inajá ainda está nos primórdios de sua exploração. A reserva foi estimada em 6.192hm^3 ; a VEN de $3,1 \text{hm}^3/\text{ano}$; a potencialidade de $12,4 \text{hm}^3/\text{ano}$; a disponibilidade instalada de $0,7 \text{hm}^3/\text{ano}$ (22,6% dos recursos renováveis e 5,64% da potencialidade); e, os recursos explotáveis (correspondentes à diferença entre a potencialidade e a disponibilidade) entre $12,4$ e $3,1 \text{hm}^3/\text{ano}$, o que resultaria em $9,3 \text{hm}^3/\text{ano}$, para os próximos 50 anos.

Abstract – Have been cataloged about 200 work. In geology, there was the existence of sands Training Sergi. In the monitoring of water level and collects samples were selected from 149 tubular wells 07 more points of surface water. By the difference between potentiometry and surface of the land, it was possible to draw up a map with the areas of surgency water. There was the water balance between 1963-1992, and the average pluviometric in the basin, the total sales accounted for

¹ Hidrogeólogo, M.Sc. – CPRM Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de Recife. Av.Sul, 2291 – Afogados – Recife-PE. (81) 3316.1477 / 9997.8848. waldir@re.cprm.gov.br

² Geólogo, Esp. - CPRM Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de Recife. Av.Sul, 2291 – Afogados – Recife-PE. (81) 3316.1469. dunaldson@re.cprm.gov.br

³ Geólogo, M.Sc. - CPRM Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de Recife. Av.Sul, 2291 – Afogados – Recife-PE. (81) 3316.1430. cristiano@re.cprm.gov.br

⁴ Hidrogeólogo, D.Sc. – Professor da UFPE. Av. Acadêmico Hélio Ramos, sn. Recife-PE. (81) 9964.8339. geilsonad@yahoo.com.br

only 0.7%, 0.3% of which correspond to flow underground, almost no flow. Built up of observation with a well 50m deep, in Tacaratú Training, which served as piezometer during a test of aquifer, which resulted in a transmissivity $5.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ and a storage coefficient of 1.17×10^{-4} . With the modeling the area. It was observed that the aquifer system Tacaratú/Inajá is still in the early days of his operation. The reserve was estimated at 6.192 hm^3 ; VEN of the $3.1 \text{ hm}^3/\text{year}$; capability of $12.4 \text{ hm}^3/\text{year}$; installed the availability of $0.7 \text{ hm}^3/\text{year}$ (22.6% of renewable resources and 5.64% of potential), and the resources explorable (corresponding to the difference between the capability and availability) between 12.4 and $3.1 \text{ hm}^3/\text{year}$, which would result in $9.3 \text{ hm}^3/\text{year}$, for the next 50 years.

Palavras-Chave – JATOBÁ, HIDROGEOLOGIA, HIDRODINÂMICA

1. INTRODUÇÃO

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM Serviço Geológico do Brasil, em parceria com a Universidade Federal de Pernambuco – UFPE e em convênio com a Financiadora Nacional de Estudos e Projetos – FINEP, realizou o estudo hidrogeológico da bacia sedimentar do Jatobá, especificamente no sistema aquífero Tacaratú/Inajá.

O projeto teve por objetivo levantar, gerar e disponibilizar informações e conhecimentos sobre a ocorrência, potencialidades, circulação e utilização das águas subterrâneas, com a finalidade de elevar a disponibilidade hídrica de fontes de água para abastecimento humano e atividades produtivas, de forma a fomentar o desenvolvimento sócio-econômico sustentável da região e melhorar as condições de vida da população existente nestes locais.

A metodologia aplicada iniciou-se pelo levantamento do conhecimento existente, caracterização geológica e geométrica do reservatório, pela caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica e culminaram com a proposição de elementos de suporte à gestão das águas subterrâneas e elaboração de um Sistema de Informações Geográficas – SIG.

Apresentaremos aqui uma síntese das principais atividades realizadas e produtos finais gerados relativos à caracterização quantitativa da bacia.

Esse estudo, além dos autores deste Artigo, contou com a participação do Prof. João Manoel Filho (UFPE – no balanço hídrico), do Francisco Edson Mendonça Gomes (CPRM – no SIG), da doutoranda Adriane de Lima Saraiva e dos técnicos Armando Arruda Câmara Filho e José Walquer Roque da Costa (CPRM) no apoio de campo, além de outros colaboradores da CPRM e da UFPE.

2. LOCALIZAÇÃO

A Bacia Sedimentar do Jatobá é delimitada pelas coordenadas UTM seguintes: 558 a 710 kmE e 8.090 a 9.070 kmN; ou, pelas coordenadas geográficas: 08°30' a 9°06' Lat.S. e 37°06' a 38°30' Long.W.Gr. Sua área total é de 5.941 km², possuindo uma forma retangular que se desenvolve segundo a direção ENE-WSW, com as seguintes dimensões aproximadas: comprimento de 155 km por 55 km de largura.

A bacia do Jatobá está localizada na zona fisiográfica do Sertão do São Francisco, na porção central do estado de Pernambuco (Figura 1), e na bacia hidrográfica do Rio Moxotó, envolvendo total ou parcialmente os municípios de Ibimirim, Inajá, Buíque, Tupanatinga, Petrolândia, Tacaratú, Manarí, Arcoverde, Itaíba e Sertânia, no estado de Pernambuco, e Mata Grande, no estado de Alagoas.



FIGURA 1 – Localização da Bacia Sedimentar do Jatobá no Estado de Pernambuco.

3. LEVANTAMENTO DO ESTADO DA ARTE

Cerca de 200 trabalhos já foram desenvolvidos sobre as bacias Tucano/Jatobá. Entre os principais estudos, realizados de 1967 a 2004, são destacados 19 deles, na ordem cronológica, de acordo com a extensão regional do estudo.

No âmbito Regional, os primeiros trabalhos descritos tiveram como finalidades a pesquisa de petróleo e de urânio, através da PETROBRÁS e o CNEN, respectivamente, realizadas na década de 60 a início da década de 70. Apesar desse caráter dissociado da hidrogeologia, esses estudos apresentaram importante contribuição à geologia que serviu de base à hidrogeologia, como os furos profundos da Petrobrás que alcançaram cerca de 3.000m e a rede de sondagens profundas do CNEN, entre 200 e 300m.

A descrição da coluna estratigráfica procedida pela PETROBRÁS em 1967 nomeou as formações geológicas do Devoniano e Carbonífero de unidades A a D e generalizou a ocorrência de formações do Carbonífero e Permiano que somente ocorrem na Bacia do Tucano, como se também ocorressem na Bacia do Jatobá.

No ano de 1968, Barretto esboça uma seqüência crono-lito-estratigráfica mais condizente, dando nomes às formações, baseado nos estudos do CNEN com os dados das sondagens da PETROBRÁS.

O Inventário Hidrogeológico elaborado pela SUDENE em 1971 teve o mérito de apresentar pela primeira vez um mapa potenciométrico regional do aquífero.

O Projeto Jatobá elaborado pela CNEN/CPRM em 1972/73 descreveu a formação basal como Formação Manarí, todavia essa formação foi posteriormente denominada de Formação Tacaratú, permanecendo essa designação até os dias atuais. Esse projeto apresentou uma boa contribuição para o conhecimento da Formação Inajá, que se constitui no principal aquífero da bacia sedimentar.

A identificação de áreas passíveis de exploração de águas subterrâneas em 1980 apresentou um zoneamento de exploração baseando-se num pequeno número de poços e não levou em consideração os aspectos construtivos desses poços. Atualmente, já se dispõe de um volume de dados bem mais consistente que possibilitará a execução de zoneamento de exploração mais realístico.

O estudo da bacia realizado pela SUDENE/OEA em 1983 foi um dos mais completos, apesar de não ter sido realizado na bacia como um todo, mas em três áreas específicas, o que representou a sua maior deficiência, de vez que perdeu o sentido do conjunto para uma avaliação global dos recursos hídricos. A avaliação das reservas permanentes do sistema aquífero Inajá/Tacaratú na condição de confinamento foi executada apenas para uma área que corresponde a 13,8% da ocorrência na bacia sedimentar.

Dos estudos elaborados pela CPRM no final da década 90 e início da década seguinte, pode ser considerado o mais importante aquele elaborado em 2001, a partir de 228 poços catalogados e estudados, quando se apresentou uma caracterização hidrogeológica mais regional.

No ano de 2004, a CPRM traz um conjunto de dados geoambientais da bacia hidrográfica do rio Moxotó, constituindo-se no marco da modernização dos tempos, com modelagens em base SIG, com temas diversos.

Em âmbito mais localizado, a SUDENE/OEA desenvolveram um estudo no Brejo de São José, município de Buíque, para o abastecimento de água da cidade de Arcoverde. Constituiu-se no primeiro estudo hidrogeológico, realizado na bacia.

Outros estudos hidrogeológicos elaborados pela CPRM, tiveram a área muito restrita, como o foram os de Frutuoso, Passagem de Pedras e Buíque, além das Bases Municipais de Buíque, Ibimirim, Inajá, Manarí, Jatobá, Petrolândia, Tacaratú e Tupanatinga, e dos relatórios técnicos de perfuração em Tacaratú, Ibimirim e Buíque. Contudo, também foram importantes pois serviram de base para os estudos regionais supracitados.

Quanto aos estudos realizados pela SRH em 1999 e 2002, o primeiro foi muito superficial, pois apenas constou de um levantamento da situação de exploração atual (na época do estudo) com

indicação de alguns projetos de irrigação a partir da água subterrânea. O segundo trabalho foi bem mais consistente, pois se constituiu no primeiro estudo envolvendo as características hidrogeológicas dos aquíferos Ilhas e São Sebastião, de vez que todos os estudos hidrogeológicos anteriores haviam sido restritos aos aquíferos Inajá e Tacaratú.

No mês de dezembro de 2004, a Organização dos Estados Americanos – OEA publicou um termo de referência para contratação de um estudo geofísico de uma área da bacia do Jatobá. Nesse termo de referência consta a maioria das análises contidas neste relatório diagnóstico da situação atual dos conhecimentos hidrogeológicos da Bacia Sedimentar do Jatobá, como também estabelece uma área de trabalho coincidente com a área adotada no presente estudo.

Por fim, foi firmado o convênio entre a FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos, com a CPRM - Serviço Geológico do Brasil, e com a UFPE - Universidade Federal de Pernambuco para estudos hidrogeológicos através do projeto Comportamento das Bacias Sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro. Esse projeto, por sua vez, tem como objetivo levantar, gerar e disponibilizar informações e conhecimentos sobre a ocorrência, potencialidades, circulação e utilização das águas subterrâneas em bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste, visando elevar a disponibilidade hídrica de fontes de água para abastecimento humano e atividades produtivas, e fomentar o desenvolvimento sócio-econômico sustentável da região, melhorando as condições de vida da população existente nesses locais.

4. GEOLOGIA

Durante os trabalhos de campo, principalmente na área do *Graben* do Puiú, observou-se algumas elevações constituídas por arenitos grosseiros a conglomeráticos, de coloração creme avermelhada, intercalados por arenitos finos esbranquiçados e siltitos róseos finamente laminados, apresentando cruzadas acanaladas de pequeno a médio porte (Foto 01). Este pacote arenoso está sobreposto aos folhelhos amarronzados da Formação Aliança e, em alguns afloramentos, foram encontrados fragmentos de madeira fóssil, uma das características marcantes da Formação Sergi.

Na localidade de Lagoa do Poço Verde, encontramos um afloramento bastante arrasado, pois serviu de jazida de empréstimo para o aterro da rodovia estadual que liga as cidades de Inajá e Ibimirim. Nele, observamos um pacote arenoso constituído predominantemente por arenitos avermelhados grosseiros a conglomeráticos, apresentando bancos pouco espessos de conglomerado dominado pela matriz, contendo fragmentos de madeira fóssil, como também níveis de folhelhos amarronzados. Este pacote é característico da Formação Candeias e vem reforçar a possibilidade da presença de litótipos da Formação Sergi na área estudada.



Foto 01 - Afloramento DG-20 caracterizado por um pacote arenoso onde dominam arenitos grosseiros à conglomeráticos amarelo ocre, apresentando estratificações cruzadas acanaladas de médio porte e com intercalações de arenitos finos e siltitos finamente laminados, características essas típicas da Formação Sergi, situado nas proximidades da Lagoa Maria Preta, no Gráben do Puiu, Ibimirim-PE.

Como o objetivo principal deste estudo foi caracterizar o potencial hidrogeológico da área, é extremamente importante procurar definir a presença da Formação Sergi, pois a sua presença pode aumentar a espessura do pacote sedimentar entre 50 a 150 metros, como em outras bacias onde ela ocorre. Infelizmente, durante este estudo, devido a limitações orçamentárias aliadas a um cronograma curto, não foi possível a realização de um mapeamento geológico efetivo não só dessa área específica como também de toda Bacia do Jatobá, limitando-nos a um espaço de tempo muito curto, o que dificultou a coleta de informações e a maturação dos dados obtidos.

5. SELEÇÃO DOS PONTOS D'ÁGUA

Foram selecionados, inicialmente, 111 pontos representativos, estendendo-se a 149 poços tubulares mais 07 pontos de água superficial (açudes e rios).

Em seguida, foi realizado o nivelamento dos poços na Bacia através do *software Global*

Mapper, extraído-se as cotas altimétricas dos poços da Bacia Sedimentar do Jatobá, para posterior elaboração dos mapas potenciométricos.

6. POTENCIOMETRIA

O mapa da Figura 02 mostra o mapa potenciométrico para 2003 a partir das informações do cadastro da CPRM, bem como a posição dos poços onde foram obtidas as informações de nível estático. Como foram utilizados só os poços que captam o sistema aquífero Tacaratú/Inajá não aparece a feição de efluência do rio Moxotó. A nossa hipótese de trabalho é que o fluxo do sistema Tacaratú/Inajá continue por baixo das formações Aliança e Candeias na direção do rio São Francisco. A única forma de verificar com certeza se essa hipótese está correta seria a informação de poços que captassem o sistema Tacaratú/Inajá na área a leste do rio Moxotó, o que é praticamente inviabilizado por conta dos custos elevados dos poços para tal finalidade.

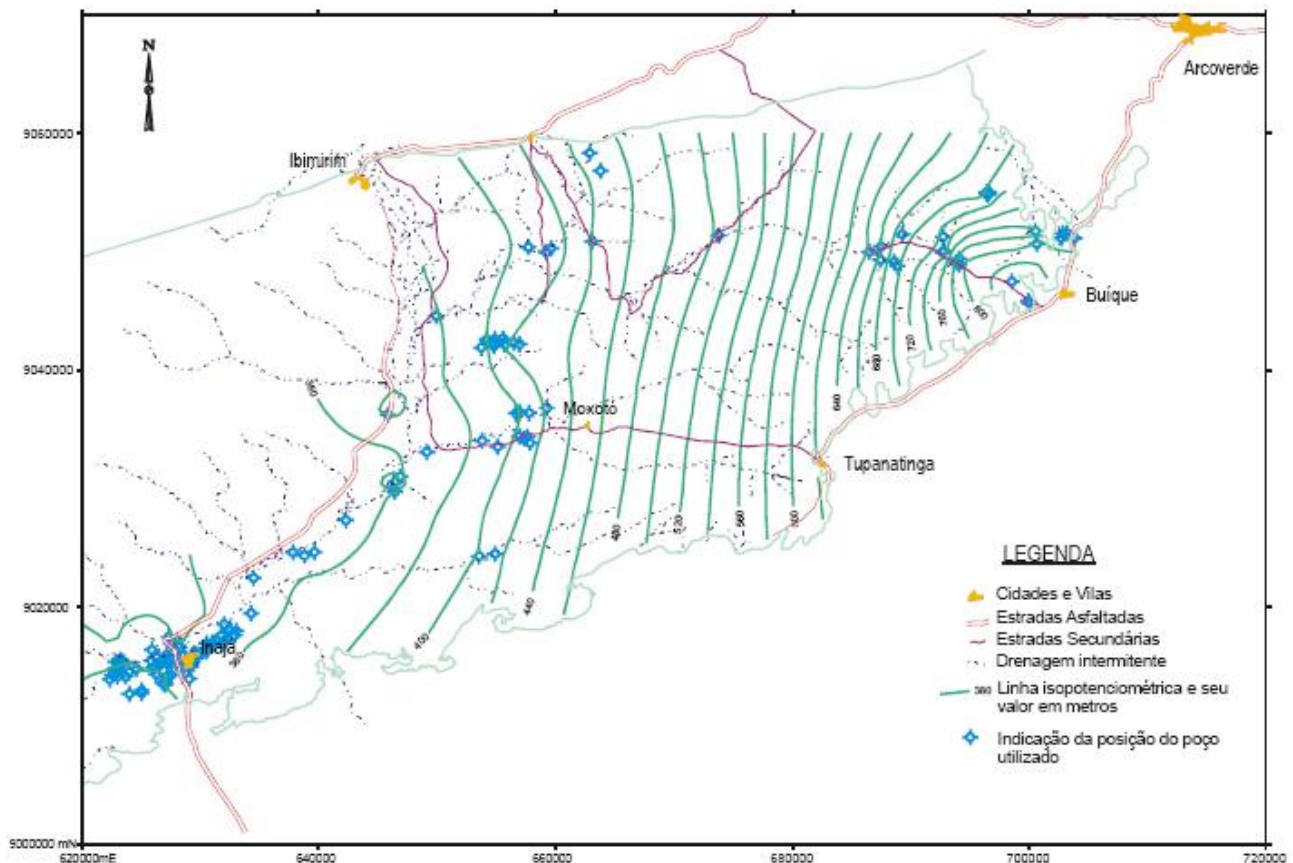


Figura 02 – Mapa potenciométrico com dados do cadastramento da CPRM em 2003.

Fazendo-se a diferença entre a potencimetria e a superfície do terreno, obtida a partir das imagens SRTM, foi possível elaborar o mapa da Figura 03, que mostra as áreas de surgências, ou seja, áreas onde os poços deveriam ser jorrantes. Essas estão de acordo com as informações de

campo. Nas áreas de Inajá, Moxotó, Frutuoso e Puiu há poços jorrantes. Na área do Puiu há inclusive nascentes (minas de água) bem como uma lagoa alimentada por uma dessas surgências, que a população local chama de *fervedor*, justamente por água surgir no solo com movimentos (fluxo vertical) como se estivesse fervendo. As outras duas áreas não informação de poços que possam comprovar a existência, ou não, de artesianismo.

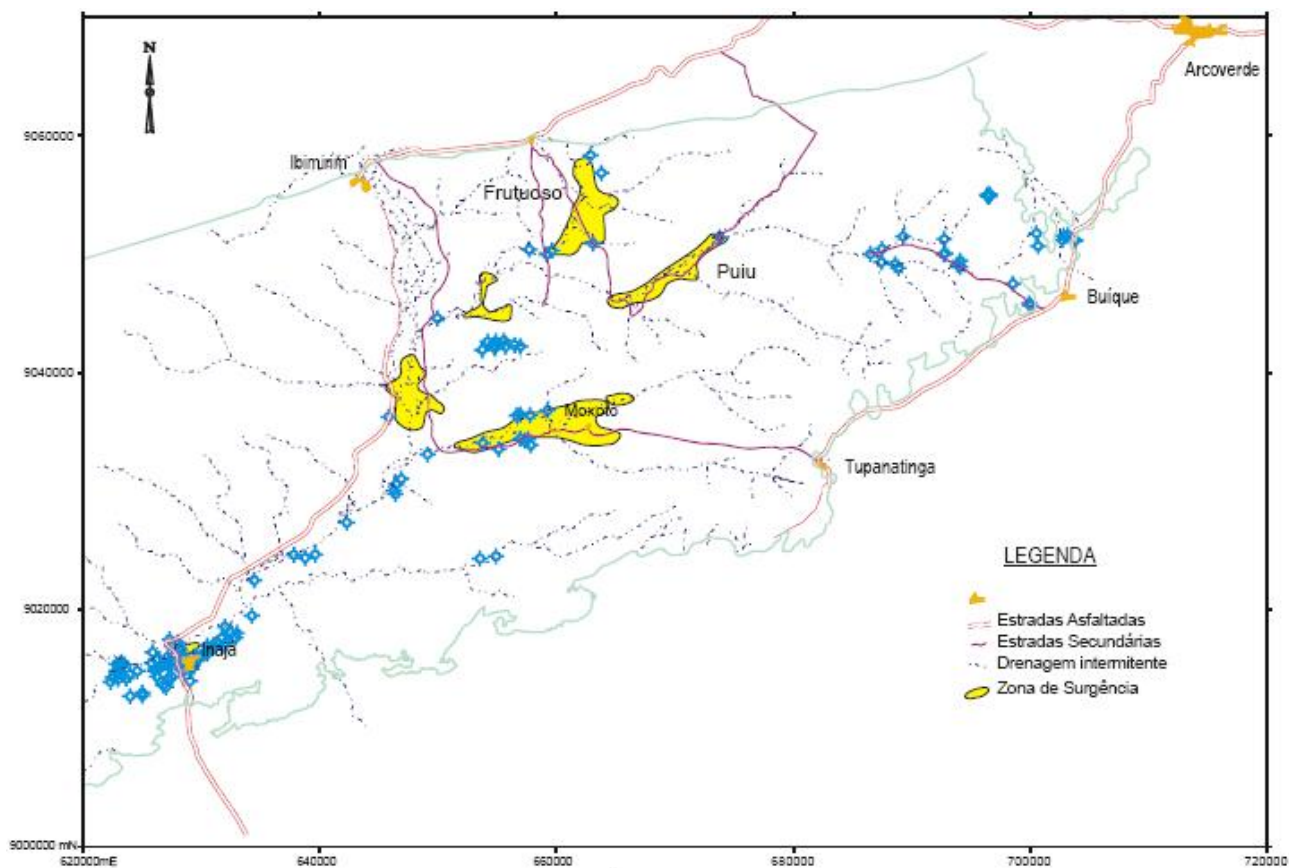


Figura 03 – Áreas de surgência

Tendo em vista a pequena variação potenciométrica entre agosto de 2005 e junho de 2006, foi feita uma comparação entre as potencimetrias elaboradas pela Sudene em 1971, Geraldo Melo em 1980 e a partir dos dados do cadastro da CPRM em 2003.

Dos poços com informação de nível em 2003 somente 8 foram utilizados em 2005. Desses, em quatro o nível potenciométrico desceu e em três subiu e em apenas um manteve-se estável. A hipótese adotada no trabalho foi de que não houve variações significativas da potencimetria entre 1971 e 2006, ou seja, o sistema ainda se encontra pouco afetado pelos bombeamentos dos poços existentes, pelos menos em uma escala mais ampla. É lícito admitir que os poços que captam o sistema aquífero Tacaratú/Inajá devam ter causado alguma perturbação na potencimetria, porém essas devem ser localizadas, não sendo detectadas com a malha de dados utilizada para elaboração das potencimetrias. É importante ser observado nos próximos trabalhos que a rede de medição de

níveis deve ser a maior possível e que os mesmos poços sejam utilizados nas diferentes campanhas de medição de níveis, com atenção especial para os locais com maior densidade de poços. O ideal seria que alguns poços fossem construídos só para servirem como poços de monitoramento. Só com esse cuidado será possível avaliar a real evolução da potentiometria do sistema Tacaratú/Inajá, e por sua vez propor medidas de gestão mais realistas.

A partir das informações de agosto de 2005 foi elaborada a potentiometria que é apresentada na Figura 04 e, na Figura 05, é apresentada a potentiometria para junho de 2006. Na Figura 06 é mostrada a diferença entre potentiometria de 2006 e 2005. Neste mapa os valores negativos significam que houve rebaixamento da superfície potenciométrica de 2005 para 2006 e os positivos que houve recuperação. Na maior parte desse mapa as variações ficaram entre -10 e 10 metros. Apenas na porção sul do mapa, em uma pequena área próxima a Tupanatinga, há indicações de até 100 metros de recuperação da potentiometria entre agosto de 2005 e junho de 2006. Porém, esses resultados devem ser vistos com reserva. Nesse área há apenas duas informações uma obtida em 2005 e a outra em 2006 e em poços diferentes e distantes (+- 10 km).

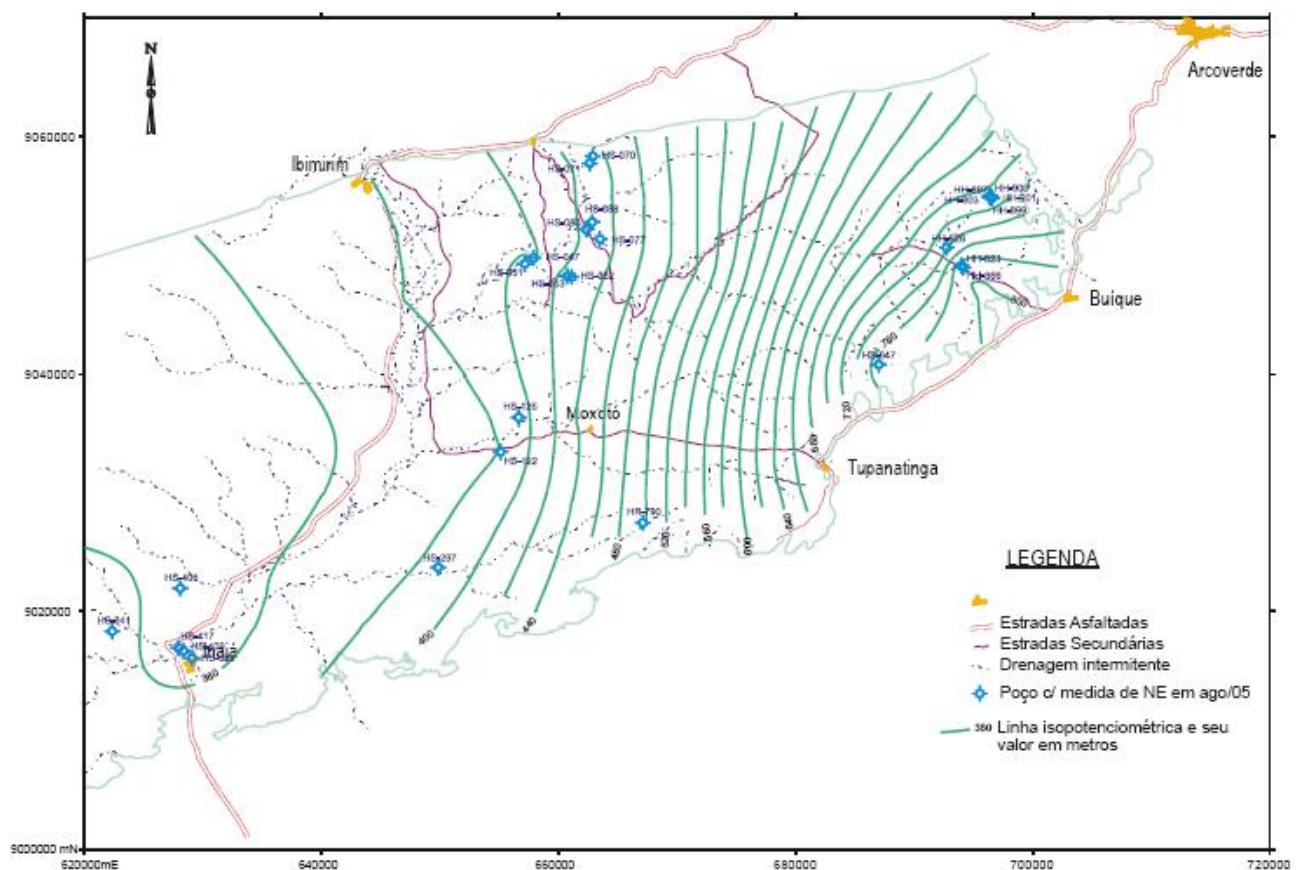


Figura 04 – Potenciometria em agosto de 2005.

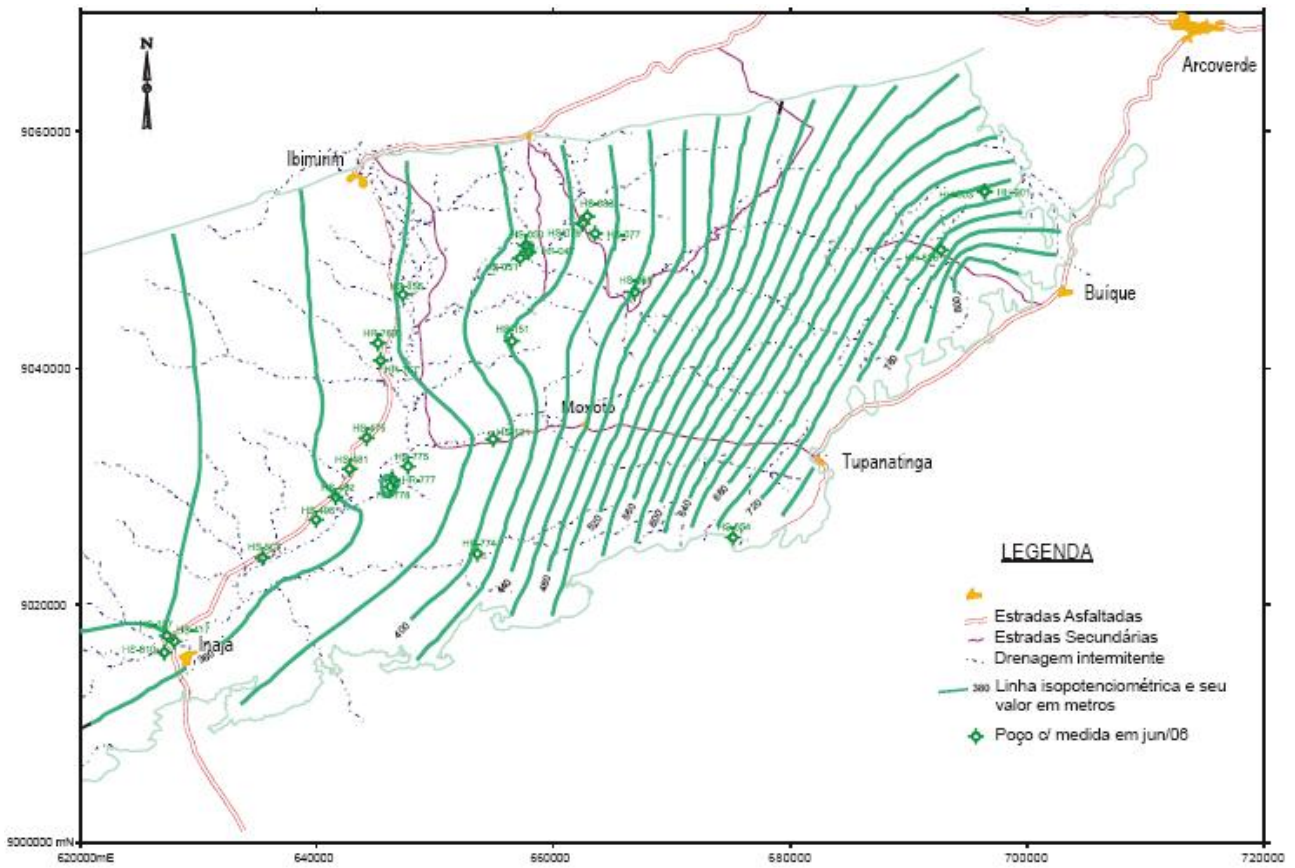


Figura 05 – Potenciometria em junho de 2006.

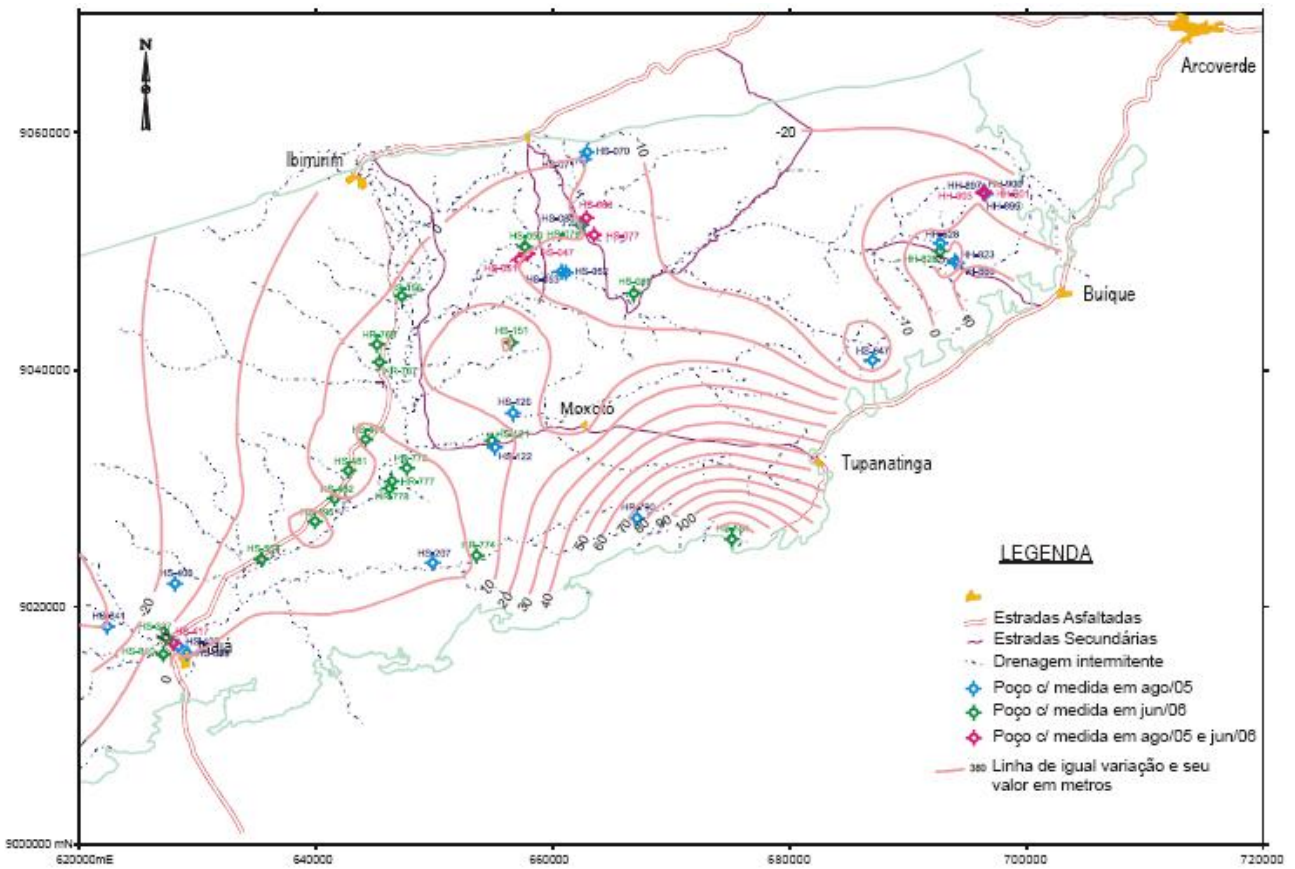


Figura 06 - Variação da Potenciometria entre ago/2005 e jun/2006.

7. BALANÇO HÍDRICO

Os resultados do balanço hídrico no período de 1963-1992 na bacia de Jatobá, sobre uma superfície de 3605 km² são mostrados na Tabela 01. Em relação à média pluviométrica na bacia, o escoamento total representa apenas 0,7%, dos quais 0,3% correspondem a escoamento subterrâneo. Isto sugere que com chuvas anuais da ordem de 600 mm praticamente não há escoamento.

Tabela 01 - Resumo do balanço hídrico 1963-1992 na bacia de Jatobá (mm)

| Parâmetro | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Total |
|-----------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Chuva | 66,3 | 69,6 | 110,3 | 91,3 | 53,8 | 48,3 | 48,1 | 17,7 | 15,1 | 12,5 | 21,3 | 46,3 | 600,6 |
| Excesso | 0,0 | 0,0 | 2,9 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,0 |
| I+R | 0,0 | 0,0 | 1,5 | 1,3 | 0,6 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,0 |
| I | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 0,6 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,8 |
| R | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,7 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,2 |

8. CONSTRUÇÃO DE PIEZÔMETROS

A CPRM construiu um poço de observação com 50 metros de profundidade a 43,5 metros de distância do poço HH866, no Sítio Travessão (Restaurante Serra Dourada), distrito do Catimbau município de Buíque/PE. O poço foi perfurando em 6 ¼ de polegada e revestido, apenas os primeiros 4 metros, com tupo geomecânico de 6". As coordenadas UTM são: 9.048.934 mN, 694.121 mE, zona 24L, datum WGS84. Os 50 metros atravessaram apenas arenitos da formação Tacaratú.

9. TESTES DE AQÜÍFERO

As informações disponíveis de parâmetros estão na dissertação de Geraldo Melo elaborada em 1980 e nos relatórios Estudo Hidrogeológico da Bacia do Jatobá – PE realizado pelo Serviço Hidrogeológico do Brasil – CPRM, em 2001, pela superintendência de Recife. No trabalho Estudo Hidrogeológico da Bacia do Jatobá – PE – Área de Passagem das Pedras também há informações de parâmetros hidrodinâmicos.

No primeiro estudo da CPRM, na área do Frutuso, foram realizados quatro testes, sendo que apenas um deles teve um poço de observação. Os parâmetros encontrados a partir desses testes foram: transmissividade $1,49 \times 10^{-3}$ m²/s; condutividade hidráulica 3×10^{-6} m/s e coeficiente de armazenamento de $3,86 \times 10^{-4}$. No estudo foram realizados dois testes sem poços de observação, sendo possível apenas a determinação da transmissividade e da condutividade hidráulica. Os valores

médios de transmissividade e condutividade hidráulica foram: $4,7 \times 10^{-5}$ m²/s e $1,0 \times 10^{-7}$ m/s, respectivamente.

Geraldo Melo em sua dissertação chegou a valores representativos do sistema Tacaratú/Inajá a partir de testes realizados nas proximidades de Inajá, Moxotó e Trocado. Para o setor Moxotó-Trocado os valores foram os seguintes: condutividade hidráulica $6,0 \times 10^{-6}$ m/s, coeficiente de armazenamento $1,7 \times 10^{-4}$. Para a área de Inajá os valores foram: condutividade hidráulica $6,0 \times 10^{-6}$ m/s e coeficiente de armazenamento $3,4 \times 10^{-5}$.

Os poços da Compesa, construídos para abastecimento de Manari, também foram testados. O teste bombeando o poço Manari 1 foi observando tanto o próprio poço bombeando, como um poço distante 23,40 metros, usado para abastecimento da obra de asfaltamento da pista entre Manari e Inajá. Durante o teste de bombeamento somente o poço Manari 2 foi observado. Para o local dos poços Manari 1 e 2 é considerado como parâmetros representativos do aquífero a transmissividade de 3×10^{-4} m²/s, o coeficiente de armazenamento de $1,2 \times 10^{-4}$. Como não se dispõe do valor da espessura do sistema Tacaratú/Inajá no local, admitindo-se 280m encontra-se uma condutividade hidráulica de $1,09 \times 10^{-6}$ m/s.

Neste estudo, a CPRM também executou um teste de aquífero utilizando como poço de bombeamento o HH866 e o PZ-866 como poço de observação. A curva do poço de observação mostrou que a transmissividade e coeficiente de armazenamento em torno do poço HH866 e de $5,0 \times 10^{-3}$ m²/s e $1,17 \times 10^{-4}$, respectivamente.

10. MODELAGEM MATEMÁTICA

A área modelada foi um pouco maior do que a área do projeto, que basicamente restringe-se a porção aflorante dos arenitos Tacaratú e Inajá. No modelo também é considerada a porção confinada dos sistema Tacaratú/Inajá. A área é um retângulo de 100km x 70km, cujo lado maior está alinhado na direção leste-oeste. Os lados oeste e leste tem as coordenadas UTM 620000m e 720000metros, respectivamente e os lados sul e norte as coordenadas UTM 9000000 e 9070000m, respectivamente.

A área foi dividida em 100 linhas e em 100 colunas, o que significa células de 1000m x 700m, cujo lado maior, tal como a área modelada, está alinhado na direção leste-oeste. Como não havia nenhuma área de maior conhecimento, não foi necessário um refinamento da malha de discretização.

As informações de condutividade hidráulica são poucas, a maioria delas obtidas e alguns testes de produção. Testes de aquíferos foram poucos, mais precisamente cinco. Os valores

disponíveis são basicamente os seguintes:

| <u>Área</u> | <u>K (m/s)</u> |
|---------------------|-----------------------|
| Frutuoso | $3,0 \times 10^{-6}$ |
| Passagem das Pedras | $1,16 \times 10^{-7}$ |
| Moxotó | $6,0 \times 10^{-6}$ |
| Inajá | $6,0 \times 10^{-6}$ |

A calibração é uma etapa fundamental da modelagem numérica de fluxo subterrâneo. É quando se verifica se o modelo reproduz uma superfície potenciométrica conhecida satisfatoriamente. No caso do modelo da Bacia do Jatobá foi feita a calibração no sentido de se reproduzir a potenciométrica inicial, a qual se admite o regime de fluxo de equilíbrio. No capítulo da potenciométrica foi mostrado que praticamente não houve alterações significativas da primeira potenciométrica traçada em 1971 pela Sudene e a potenciométrica traçada para 2003, a partir de dados do cadastro de poços da CPRM.

A infiltração foi atribuída apenas na área de afloramento das formações Tacaratú e Inajá, mesmo quando essas estavam sob coberturas arenosas recentes. Além desse limite a infiltração foi considerada zero. O valor de recarga utilizado foi de 1,836 mm/ano. Esse valor partiu do cálculo da vazão de escoamento natural (VEN) calculado entre as linhas de carga hidráulica de 440 e 460 metros. O valor da VEN foi de $3,1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, como a área de afloramento é cerca de $1,67 \times 10^9 \text{ m}^2$, a infiltração efetiva seria de 1,856 mm/ano, valor praticamente idêntico ao utilizado no modelo. Comparando-se esse valor com o obtido no balanço hídrico, que foi de 1,8 mm/ano, percebe-se que são valores idênticos.

A fim de verificar a qualidade da simulação foram introduzidos pontos, representados por poços de observação, ao longo das linhas potenciométrica de 400 e 500 metros. No total foram introduzidos nove poços. Após várias tentativas foi obtida uma potenciométrica considerada satisfatória na reprodução da potenciométrica de 2003. Este resultado é mostrado no mapa da Figura 07. Na correlação entre as cargas calculadas e a carga observada nos nove poços de controle, observou-se que o erro calculado foi de aproximadamente 7%, o que foi considerado satisfatório e dado por concluída a fase de calibração.

As informações levantadas durante esse projeto de pesquisa indicam que o sistema aquífero Tacaratú/Inajá ainda está nos primórdios de sua exploração, porém, a construção de poços sem aumentando consideravelmente na área, basicamente incentivada pelo baixo custo dos poços, segundo informações dos proprietários entre R\$ 3.000,00 e R\$ 5.000,00 se faz um poço com 100 metros de profundidade. Portanto, é necessário, desde já, que a Secretária de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e a Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CPRM,

órgãos responsáveis pela a outorga de água subterrânea no Estado de Pernambuco, promovam ações para que possam assumir o controle da exploração do sistema aquífero Tacaratú/Inajá, para que o sistema seja aproveitado de forma racional e que possa servir ao maior número de pessoas possíveis.

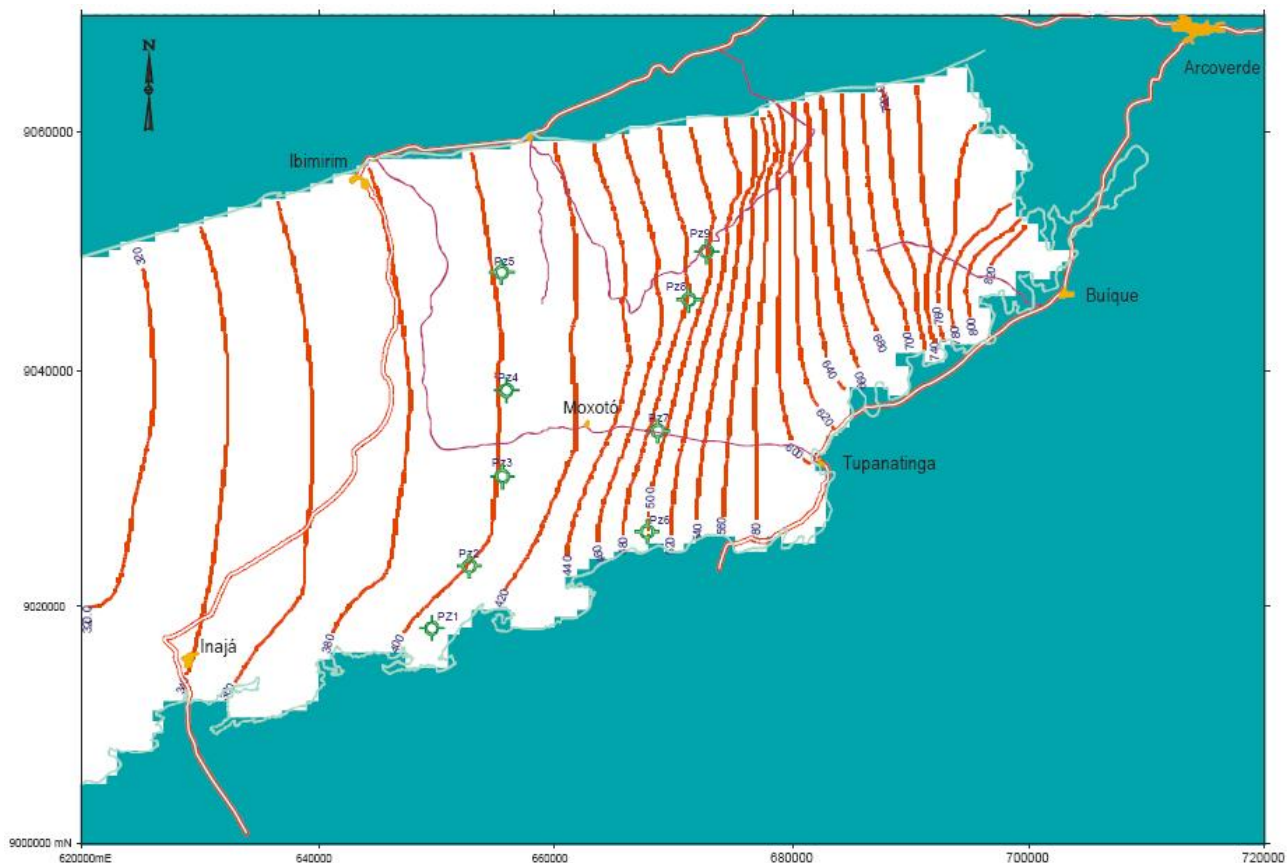


Figura 07 - Potenciometria calculada pelo Modflow.

11. RESERVAS, RECURSOS RENOVÁVEIS, POTENCIALIDADES, DISPONIBILIDADES, RECURSOS EXPLOTÁVEIS

A avaliação da reserva foi feita apenas para a área que aflora o sistema aquífero Tacaratú/Inajá, que é a área do projeto. Para tanto são necessárias três o conhecimento de três variáveis: a área, a porosidade efetiva do sistema e a espessura saturada média. A área é facilmente obtida dos mapas. Para a estimativa da reserva foi feito um procedimento semelhante ao utilizado para a determinação da curva cota x área x volume de uma bacia hidráulica. A partir do mapa de cota do embasamento cristalino e da potenciometria foi elaborado o mapa das espessuras saturadas. A partir desse mapa foi determinada a área entre duas curvas de mesma espessura saturada e usada a média dessas espessuras para obtenção do volume total de aquífero. Este multiplicado pela porosidade efetiva resultou no volume de água armazenado. Como não se dispunha de nenhuma informação sobre a porosidade efetiva do sistema aquífero Tacaratú/Inajá, apenas que Geraldo

Melo, em sua dissertação utilizou um valor de 10%, consideramos o valor de 3%, mais compatível com os arenitos Tacaratú e Inajá, de idades siluro-devoniano e devoniano. Na tabela 02 é apresentada a tabela com os cálculos descritos acima e a avaliação da reserva do sistema Tacaratú/Inajá, na sua porção livre. A reserva estimada é, portanto, de 6.192 hm³.

Tabela 02 - Cálculos para a avaliação da reserva do sistema aquífero Tacaratú/Inajá.

| Intervalo Esp. Sat. (m) | Área (m ²) | Esp. Media (m) | Volume (V) (m ³) | V*Sy ^(*) (m ³) |
|-------------------------|------------------------|----------------|------------------------------|---------------------------------------|
| <50 | 539923794 | 25,0 | 13498094850 | 404942846 |
| 50 -100 | 361584758 | 75,0 | 27118856850 | 813565706 |
| 100-150 | 274173903 | 125,0 | 34271737875 | 1028152136 |
| 150-200 | 137820354 | 175,0 | 24118561950 | 723556859 |
| 200-250 | 109084882 | 225,0 | 24544098450 | 736322954 |
| 250-300 | 101737663 | 275,0 | 27977857325 | 839335720 |
| 300-350 | 69904469 | 325,0 | 22718952425 | 681568573 |
| 350-400 | 31657662 | 375,0 | 11871623250 | 356148698 |
| 400-450 | 19912686 | 425,0 | 8462891550 | 253886747 |
| 450-500 | 14152358 | 475,0 | 6722370050 | 201671102 |
| >500 | 9722902 | 525,0 | 5104523550 | 153135707 |
| | | | Reserva | 6192287044 |

(*) – V= volume total; Sy= porosidade efetiva

Os **recursos renováveis** são aqueles que podem ser obtidos através das variações potenciométricas sazonais, análise de curvas de depleção de cursos de água superficial ou a partir de análise do mapa de fluxo subterrâneo do aquífero, usando a transmissividade, gradiente hidráulico e largura das frentes de escoamento. No caso em questão foi utilizada esta última opção.

A partir dos dados de nível estático de 135 poços, obtidos do cadastramento feito pela CPRM em 2002/2003, foi elaborada a potencimetria. O cálculo vazão de escoamento natural (VEN) foi feito utilizando a variação de carga hidráulica entre as linhas 440 e 460 metros. O gradiente médio entre essas duas linhas é de $2590/20 = 0,008$. O comprimento da frente de escoamento de 41000 metros. Considerando uma transmissividade de 3×10^{-4} m²/s valor da VEN é de 3,1 hm³/ano.

A **potencialidade** como “a descarga anual que pode ser extraída deste aquífero sem que se produza um efeito indesejável”. Definir os efeitos indesejáveis é algo complexo, passando por questões de toda a natureza. “A potencialidade é, em suma, uma variável de decisão, a ser definida pelos gestores em função de um conjunto de fatores técnicos, sociais e econômicos”. No intuito de simplificar essa questão e fornecer um número, vamos considerar nesse trabalho como a potencialidade como sendo 10% das reservas do sistema aquífero, ou seja, 619,2 hm³, admitindo-se uma exploração desse volume em 50 anos resultaria em uma potencialidade de 12,4 hm³/ano.

A **disponibilidades**, ou recursos disponíveis, é aquela em que já existe exploração

significativa, dividindo-se em *disponibilidade efetiva* e a *disponibilidade instalada*. A disponibilidade efetiva é a descarga anual efetivamente bombeada e a instalada é obtida a partir das captações existentes no aquífero em estudo. A disponibilidade é avaliada a partir de um recenseamento de poços. No cadastro de poços realizado pela CPRM em 2002/2003 não há informação de vazão dos poços. Admitindo-se uma descarga, de forma conservadora, de 5m³/h o 386 poços, resultaria em uma disponibilidade instalada de 1930 m³/h ou 0,7 hm³/ano, o que corresponde a 22,6% dos recursos renováveis e 5,64% da potencialidade.

Os **recursos exploráveis** correspondem à diferença entre a potencialidade e a disponibilidade. No caso em questão seria a diferença entre 12,4 e 3,1 hm³/ano, o que resultaria em 9,3 hm³/ano, para os próximos 50 anos.

12. SUPORTE AO PLANEJAMENTO E A GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Objetivo central da elaboração de um zoneamento de exploração seria dotar os órgãos gestores do estado de um instrumento para orientá-los na outorga de água subterrânea, tal como previsto na Lei Estadual número 11.427 de 17 de janeiro de 1997. No entanto, para se atingir esse objetivo é necessário se dispor de informações suficientes e adequadas para elaboração do zoneamento.

No caso da área estudada, porção oriental da bacia do Jatobá, mais especificamente a parte aflorante das formações Tacaratú e Inajá, as informações disponíveis são suficientes apenas para elaboração de uma primeira tentativa de zoneamento de exploração. Faltam informações das descargas retiradas e o regime de funcionamento de todos os poços. Sem essa informação não se pode estabelecer como o aquífero está sendo explorado atualmente e toda a análise é feita a partir de hipóteses de trabalho, tal como feito na simulação de cenário, no capítulo sobre o modelo de fluxo do sistema Tacaratú/Inajá. Faltam séries históricas de níveis de água e descargas dos poços, dados imprescindíveis na calibração e validação do modelo, que é uma ferramenta fundamental na gestão de um aquífero. Por essas razões o zoneamento aqui proposto é de caráter preliminar e deve ser utilizado com reservas.

O sistema aquífero Tacaratú/Inajá, a luz das informações disponíveis, é um sistema ainda pouco explorado e que ainda tem um grande potencial para ser aproveitado, quer seja na irrigação ou para abastecimento público. Porém, o que se percebe é o aumento gradativo da construção de poços, principalmente estimulada pelo baixo custo do mesmo. Os órgãos responsáveis pela outorga de água no Estado de Pernambuco têm no sistema Tacaratú/Inajá, por estar de certa forma ainda pouco utilizado, a oportunidade de dar exemplo a todos os outros estados da federação como se faz

um gerenciamento adequado de um manancial subterrâneo e não deixar acontecer o que ocorre em outros aquíferos, por exemplo, na zona costeira e o próprio aquífero Tacaratú na bacia de São José do Belmonte. O que nos parece é que a principal tarefa dos órgãos gestores não seja a policial, mas, sim a educacional. Em nossas conversas, durante os trabalhos de campo, os proprietários dos poços mostram-se receptivos a idéia de um gerenciamento do aquífero, de forma que todos possam usar sem faltar para ninguém. O que eles são totalmente contra é a idéia da cobrança, pois, segundo eles, os governos não lhe dão qual quer tipo de apoio, tendo que bancar todos os custos com sistemas de irrigação, construção dos poços, entre outros, e não encontram sentido depois de todos os investimentos realizados ainda serem taxados para poder usar a água, que segundo eles, é de Deus.

O zoneamento aqui proposto foi basicamente elaborado a partir de duas premissas. A primeira é que o abastecimento humano é preferencial diante dos outros tipos de demanda. A segunda é que o modelo numérico de fluxo, apesar de ser preliminar e muito simplificado reproduz o comportamento hidráulico do sistema Tacaratú/Inajá de forma satisfatória. Dito isso, foi admitida como a área com rebaixamento maior do que 30 metros em torno das áreas de captação da para abastecimento humano como sendo áreas preferenciais para ampliação desses sistemas de captação. Não se está estabelecendo aqui que essas áreas sejam limitadas a outras captações, mas, com área prioritária, devendo-se evitar a implantação de grandes sistemas de irrigação, por exemplo. Pequenos proprietários, com poços bombeando vazões pequenas, inferiores a 10 m³/h, não trariam aumentos significativos dos rebaixamentos. Claro que um único poço é diferente de uma centena, mesmo com pequenas vazões. Em suma, os gestores ainda terão que examinar caso a caso. Fora das áreas preferenciais deverá haver maior flexibilidade na permissão para a construção de novos poços, mesmo, para sistema de irrigação de grande porte. Nestes casos seria necessário um estudo prévio do impacto dos rebaixamentos no sistema Tacaratú/Inajá.

15. BIBLIOGRAFIA

- 1) ALMEIDA, A. C. F. de – **Geologia das bacias de Jatobá e Tucano Norte: coletâneas de relatórios de exploração** (I). Rio de Janeiro, Departamento Industrial, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento, 1967. (Ciências Técnicas da PETROBRÁS). Pp. 145-155.
- 2) BARRETO, P. M. C. – **O Paleozóico da Bacia do Jatobá, Pernambuco**. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 17 (1): 29-45, dez 1968.
- 3) BRASIL. CPRM – **Estudo hidrogeológico do Brejo de São José – Arcoverde, Pernambuco**. Recife. 22 p. (Brasil, SUDENE, Hidrogeologia, 2). 1964.
- 4) BRASIL. CPRM – **Projeto Jatobá; relatório final de sondagem** . Recife. 2 v. Convênio CNEN / CPRM. 1973.
- 5) BRASIL. SUDENE – **Projeto Bacia do Jatobá. Relatório Final**. Versão Preliminar. Recife, 1980. 231 p.

- 6) COELHO, J. M. & POVOAS, N. de O. – **Projeto Jatobá – Relatório Final de Sondagem – Convênio CPRM/CNEN – CPRM – Recife – 1972 e 1973.**
- 7) COSTA FILHO, W. D.; et.al – **Seleção de áreas de captação de água subterrânea para reforço do abastecimento de água de Buique – CPRM – Série Hidrogeologia – Estudos e Projetos – Vol.9 – 2001. Recife/PE.**
- 8) COSTA, W. D. – **Possibilidade de irrigação na bacia do Rio Moxotó. – SRH Secretaria de Recursos Hídricos de PE – Relatório interno – 1999. Recife/PE.**
- 9) COSTA, W. D. – **Estudo hidrogeológico, acompanhamento e fiscalização à perfuração de poços na bacia sedimentar do Jatobá – SRH – Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco – Relatório interno – 2002. Recife/PE.**
- 10) COSTA, W. D. & FEITOSA, E. C. – **Termo de Referência para estudo geofísico de área da bacia de Jatobá no submédio São Francisco no estado de Pernambuco. Recife, ANA/GEF/PNUMA/OEA. Dez/2004.**
- 11) LEAL, J. de M. – **Inventário hidrogeológico básico do Nordeste – Folha nº 20: Aracajú-NE. Recife, SUDENE, Div. Documentação, 1971, 150 p. Ilust. (Brasil. SUDENE, Hidrogeologia, 34). / inclui mapa hidrogeológico na escala de 1: 500.000, com nota explicativa. Recife/PE.**
- 12) LEAL, J. de M. & MELLO, J. G. – **Bacia Sedimentar do Jatobá-PE; estudo hidrogeológico. Recife, SUDENE, 1983. 236 p. (Série Hidrogeologia, 64). Recife/PE.**
- 13) LEITE, D.C. – **A colaboração da Petrobrás na solução do problema da água subterrânea para o nordeste. In: Coletânea de Relatórios de Exploração (I), pg. 157 a 178 – PETROBRÁS – 1967. Rio de Janeiro.**
- 14) LEITE, J. F. & PIRES, S. de T. M. – **Estudo Hidrogeológico da Bacia do Jatobá – PE – Área Frutuoso. CPRM – Série Hidrogeologia – Estudos e Projetos – Vol.3 – Recife – 1999.**
- 15) LEITE, J. F.; ROCHA, D. E. D. A. da; e PIRES, S. de T.M. – **Estudo Hidrogeológico da Bacia do Jatobá – PE – Área Passagem de Pedras – CPRM – Série Hidrogeologia – Estudos e Projetos – Vol.4 – 1999. Recife/PE.**
- 16) LEITE, J.F. & PIRES, S.T.M. & ROCHA, D.E.G.A. – **Estudo Hidrogeológico da Bacia do Jatobá, PE. CPRM, Série Hidrogeologia Estudos e Projetos, Vol. 7, Recife, 2001.**
- 17) ROCHA, D. E. G. A.da & LEITE, J. F. – **Estudo hidrogeológico da Bacia do Jatobá: Geologia. Recife, CPRM. 1999. Série Hidrogeologia – Estudos e Projetos – Volume 2.**
- 18) SUDENE – **Estudo hidrogeológico da Bacia Sedimentar do Jatobá-PE. Recife, 1983.**
- 19) SUDENE & OEA – **Projeto Bacia do Jatobá, relatório final. Recife, v. 1 (12 fascículos). 1980.**
- 20) VIANA, C. F. ; GAMA JR., E. G.; SIMÕES, J. A.; MOURA, J. A.; FONSECA, J. R.; ALVES, R. J. Revisão estratigráfica da Bacia Recôncavo/Tucano. **B. Técnico da PETROBRÁS**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3/4, p. 157-192, dez. 1971.