

## HIDROGEOLOGIA DA BACIA SEDIMENTAR DO JATOBÁ — Recursos Exploráveis e Dispositivos de Captação

José Geraldo de Melo  
SUDENE

### ABSTRACT

The 5.600 - sq. - Km. Jatoba Sedimentary Basin lies in the center-south part of the state of Pernambuco, a semiarid area. Its geological make-up is most varied and comprehends formations from the Paleozoic to the Recent which are 3.200 m. thick at their deepest. The Inaja and Tacaratu formations - the best aquifer units in the Basin - make up a single hydraulic system called the Inaja - Tacaratu aquifer. The hydrogeological surveys conducted so far have identified two areas as being the most appropriate for use of the underground waters of the aquifer system in question: the Trocado-Moxoto and the Poço Sujo - Inaja areas. The former's values for the hydrodynamic parameters are as follows: transmissivity ( $K_b$ ) =  $5.88 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ , effective porosity ( $\mu$ ) =  $10^{-1}$ , storage coefficient ( $S$ ) =  $1.7 \times 10^{-4}$  and drainage factor ( $B$ ) = 1.600 m. The latter's corresponding values are:  $K_b = 7.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $\mu = 10^{-1}$ ,  $S = 3.4 \times 10^{-5}$ , and  $B = 1.660 \text{ m}$ . The depression cone radii are 6 and 7 Km respectively.

The projected twenty-three tubular wells and the existing four wells will total twenty-seven units with a daily production set at  $41.400 \text{ m}^3$ . The water will go to individual irrigation projects, aquiculture, livestock feeding and human consumption.

### I - INTRODUÇÃO

Este estudo faz parte do Projeto Integrado executado pela SUDENE (maio 1978 - abril 1980), através de um programa de cooperação com a Organização dos Estados Americanos - OEA, com a finalidade de desenvolver a área semi-árida da Bacia Sedimentar do Jatobá. Objetiva-se neste trabalho caracterizar hidrogeologicamente a Bacia do Jatobá, com definição das áreas mais favoráveis, sob o ponto de vista técnico e econômico, de aproveitamento das águas subterrâneas. Ainda, dimensionar sistemas de captação com vistas ao atendimento de demandas d'água de acordo com as necessidades vigentes no planejamento em tela.

### 2 - HIDROGRAFIA E ASPECTOS MORFO-CLIMÁTICOS

A Bacia do Jatobá, localizada no centro-sul do Estado de Pernambuco, ocupa uma área de  $3.600 \text{ Km}^2$ . Sua superfície é drenada basicamente pelos rios São Francisco e Moxotô. O primeiro, de regime perene, limita a bacia a SW num trajeto de 40 Km. O segundo, intermitente, corta a bacia num percurso de 60 Km, entre a cidade de Ibimirim (montante) e Poço Dantas no município de Inajá (juzante). Todos os tributários destes rios são intermitentes e temporários.

O relevo da área é bastante movimentado com cotas que vão de 280 a mais de 1000 m. Foram definidas 5 superfícies de aplainamento (ver fig. 1) graças a ação erosiva dos rios e riachos, bem como ao caráter estrutural da bacia, de um graben assimétrico.

As precipitações pluviométricas apresentam valores máximos nas áreas serranas da borda SE, com cifras que atingem mais de 1000 mm anuais, e mínimas, nos vales principais com valores inferiores a 360 mm. As informações sobre temperaturas e evaporação da área são bastante limitadas. Foi estabelecido o balanço hídrico pelo método de Thornthwaite (posto de Inajá, período 1964-1969) a partir dos dados existentes e não se obteve resultados satisfatórios. Com efeito, cite-se que o mesmo indicou ausência total de escoamento superficial, o que não é verdadeiro.

Os dados hidrológicos existentes (descargas fluviais do rio Moxotó, em Poço Dantas) além de limitados são pouco confiáveis, de forma que os parâmetros hidrológicos calculados não foram considerados no presente estudo.

### 3 - GEOLOGIA

A Bacia do Jatobá apresenta um quadro geológico bastante diversificado com ocorrências de formações que vão do Paleozóico ao Recente. Os depósitos do Paleozóico constituem o denominado Grupo Jatobá do Paleozóico Inferior que em superfície ficam restritos ao Siluriano e Devoniano, representadas pelas formações Tacaratu (arenitos, conglomerados e siltitos) e Inajá (arenitos e siltitos), respectivamente.

O Mesozóico acha-se representado pelos grupos Brotas, Santo Amaro e Ilhas do chamado Super-Grupo Bahia, que contém sedimentos do Jurássico e do Cretáceo. O Jurássico torna-se presente com a Formação Aliança (folhelhos e siltitos), enquanto que do Cretáceo ocorrem as formações Candeias (folhelhos, calcários e arenitos), Marizal (arenitos, folhelhos e conglomerados) e as do Grupo Ilhas (arenitos, folhelhos e calcários), além das formações Santana (calcários, margas e siltitos) e Exu (arenitos e argilitos) restritas à Serra Negra.

Os depósitos cenozóicos são constituídos pelos alúvios, aluvios e colúvios, do Quaternário, que são em geral de natureza litológica arenosa a siltosa.

Toda esta sequência repousa diretamente sobre o embasamento cristalino. Na fig. 2 é apresentado um mapa geológico de superfície das diversas unidades ocorrentes e a coluna lito-estratigráfica correspondente.

Sob o ponto de vista estrutural, a Bacia do Jatobá é um graben assimétrico, que é limitado a N pela grande falha de Ibimirim, com rejeito superior a 4000 m. Na parte O, sua separação com a bacia do Tucano é feita pelo arco estrutural do rio São Francisco. Enquanto que a S e L, limita-se com o embasamento cristalino em discordância erosiva. O mergulho das camadas é bastante suave e da ordem de 30° a 60° para NW no setor SE e NW da bacia, Ressalta-se, entretanto, que localmente são observados mergulhos de até 100°.

### 4 - CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS AQUÍFEROS

A caracterização dos sistemas aquíferos na área da bacia, é apresentada com base na análise geo-estrutural, hidrogeológica e hidrogeoquímica, fundamentada em: mapeamento geológico; levantamento de 160 pontos de água (incluindo poços tubulares, poços tipo "Amazonas" e fontes); análise e correlação lito-estratigráfica de 116 furos de sondagens realizados pela CPRM/CNEN com vistas à pesquisa de Urânio; interpretação dos resultados de 129 análises químicas de águas dos poços e fontes, inventariados; análise e correlação lito-estratigráfica dos perfis de poços, piezômetros e sondagens, executados no âmbito deste trabalho; realização e interpretação de 9 testes de aquífero.

Ficaram evidenciados dois sistemas aquíferos: um sistema aquífero livre que envolve os depósitos elúvio-aluvionares e demais unidades geológicas aflorantes, e um sistema confinado representado pelas formações Inajá e Tacaratu.

#### Sistema aquífero livre

As formações Aliança, Candeias, e Grupo Ilhas pelo fato de serem constituídas essencialmente de finos, são de raras possibilidades como aquíferos. Adiante-se, ainda, que os poços que penetram esses sedimentos, captam águas salobras e corrosivas, a tal ponto de causarem danos aos filtros, tubos de revestimentos e equipamentos de bombeamento.

Os depósitos eluvionares ocorrem notadamente nas zonas de tabuleiros, cobrindo a maior parte da superfície da Bacia do Jatobá. São essencialmente constituídos de areias pouco argilosas e esbranquiçadas. Estes depósitos residuais exercem um papel importante que é o de controlar, graças a sua alta permeabilidade o "run-off" superficial, absorvendo as águas meteóricas, saturando-se a si mesmo, bem como as camadas sotopostas não confinadas. Os poços perfurados sobre os sedimentos eluvionares quase sempre os atravessam e penetram as formações sotopostas, de forma que as características de produção desses poços refletem as possibilidades hidráulicas do conjunto. No setor ocidental ao rio Moxotó, no domínio dos sedimentos elúvio-marizal, os poços perfurados com profundidade média de 200 m e nível estáticos geralmente superiores a 50 m, apresentam em geral baixa capacidade de produção com vazões da ordem de  $5\text{m}^3/\text{h}$  e níveis dinâmicos que geralmente atingem o crivo das bombas. Casos raros ocorrem em que se têm poços produzindo até  $10\text{m}^3/\text{h}$ , conforme verificado no vale do rio Moxotó em Ibimirim, onde os níveis estáticos são relativamente mais rasos.

A Formação Tacaratu em sua porção aflorante é também um dos componentes do sistema aquífero livre. Está limitada à borda oriental da Bacia do Jatobá, com uma área de aproximadamente  $1.500\text{ Km}^2$ . Os perfis dos poços perfurados no setor norte (Catimbau e Brejo de S. José) mostram que esta unidade aquífera é constituída, fundamentalmente, de arenitos finos e médios, intercalados por camadas de siltitos e argilas, cuja espessura total atinge 100 m em Catimbau e 50 m em Brejo de S. José. As espessuras saturadas, entretanto, são de apenas 50 e 30 m, respectivamente.

Com base nos dados de um teste de bombeamento realizado pela SETE no poço de Catimbau, obteve-se para a Formação Tacaratu uma transmissividade da ordem de  $1,74 \times 10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$  e uma permeabilidade média de  $3,0 \times 10^{-6}\text{m/s}$ . Estudos hidrogeológicos realizados em Brejo de São José, por Rebouças (1964), indicam para aquela localidade valores de transmissividade ordem de  $2,5 \times 10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$  e permeabilidade de  $8 \times 10^{-6}\text{m/s}$ . A análise geral permitiu caracterizar a Formação Tacaratu em sua zona de afloramento como de baixa potencialidade hidrogeológica. Com efeito, a descarga máxima possível de ser produzida por poço é de  $10\text{m}^3/\text{h}$  nos locais onde as espessuras saturadas atingem as cifras de 50 metros.

#### Sistema aquífero confinado

A Formação Tacaratu, excetuando em sua zona de afloramento, constitui juntamente com os sedimentos Inajá que lhes sobrepõem, as unidades aquíferas mais relevantes da Bacia do Jatobá. Apresentam condições de confinamento com artesianismo jorrante uma vez que o limite da área sob pressão situa-se em cotas inferiores aquelas apresentadas pelos níveis piezométricos das águas nas zonas de recarga.

As pesquisas geológicas e hidrogeológicas desenvolvidas com a finalidade de definir e caracterizar os sistemas aquíferos, não permitiram separar sob o ponto de vista hidráulico subterrâneo as formações Inajá e Tacaratu. Não foi constatada nenhuma descontinuidade geológica marcante que justificasse tratá-las em separado. A grande variação lateral de fácies (siltitos para areias finas e conglomerados para areias médias), a anisotropia característica do conjunto, a similaridade entre as camadas arenosas, bem como o condicionamento estrutural dominante, mostram que as formações Inajá e Tacaratu constituem, pelo menos regionalmente, um sistema hidráulico único. Nestas condições, serão hidráulicamente designadas de sistema aquífero Inajá-Tacaratu, o qual é objeto principal deste trabalho.

#### 5 - SISTEMA AQUÍFERO INAJÁ-TACARATU

A área onde o sistema aquífero Inajá-Tacaratu apresenta melhores condições de exploração corresponde às faixas de afloramento das formações Inajá e Aliança, que envolve as localidades de Trocado, Moxotó, Cairabeira e Inajá, com uma superfície total de aproximadamente  $900\text{ Km}^2$ . Foi ali, onde se desenvolveram com maior ênfase as atividades de sondagens, execução de poços produtores e testes de aquífero.

Convém ressaltar, que as formações Inajá e Tacaratu são contínuas em sub-superfície em toda a extensão da bacia do Jatobá, ocidental ao

rio Moxoto, onde se sobrepõe a elas toda seqüência cretácica. Considerou-se como limite viável de exploração, as zonas onde a profundidade média do topo da formação Inajã é de 200 m, que em termos práticos correspondem às zonas de afloramentos da formação Aliança.

#### Parâmetros hidráulicos

A espessura total do sistema Inajã-Tacaratu foi determinada em dois furos de sondagens realizados nas localidades de Moxotô (PzMx) e Trocado (PzTr), onde afloram sedimentos Inajã. Em Moxotô a espessura é de 273 m (profundidade do embasamento cristalino) e em Trocado é de 330 m (profundidade do embasamento). Assim, na área que envolve estas localidades (setor oriental ao rio Moxotô), foi tomado 300 metros como valor médio. Nas zonas onde a formação Inajã se sobrepõe aos sedimentos da formação Aliança, deve-se esperar possanças da ordem de 500 metros.

A análise geral dos perfis de sondagens, bem como os resultados dos testes de aquífero realizados, permitiram definir uma espessura saturada técnica e economicamente explorável de 120 m, a ser captada através de poços com penetração de 200 m em média. Isto fundamenta-se no fato de que para esta gama de penetração, as estatísticas dos furos revelam que em média 40% dos perfis litológicos são constituídos de finos.

Na localidade de Poço Sujo (Inajã), as características dimensionais (espessura) do sistema aquífero diferem daquelas encontradas na área Trocado-Moxotô e diferem também os valores de transmissividade e coeficiente de armazenamento.

A análise final dos resultados dos testes de aquífero executados suscitaram os seguintes valores para os parâmetros hidrodinâmicos:

Área Trocado-Moxotô (zona de afloramento da Formação Inajã): Permeabilidade  $K = 6,0 \times 10^{-6}$  m/s; coeficiente de armazenamento  $S = 1,7 \times 10^{-4}$ ; fator de drenança  $B = 1600$  m e porosidade efetiva  $\mu = 0,10$ .

Área Poço Sujo-Inajã (na zona de afloramento da Formação Aliança):  $K = 6,0 \times 10^{-6}$  m/s;  $S = 3,4 \times 10^{-5}$ ;  $B = 1660$  m e  $\mu = 0,10$ .

Esses parâmetros não podem ser extrapolados para a área Barreiras-Petrolândia (setor oeste da bacia), uma vez que os perfis das sondagens realizadas naquele setor, com penetração de até 200 m na Formação Inajã, indicam que estes sedimentos são de constituição essencialmente argilosa. O poço tubular PT-II executado na localidade de Olho d'água (Petrolândia) com profundidade de 200 m, telado na altura dos níveis mais arenosos, apresentou baixíssima capacidade de produção, não justificando inclusive a realização de um teste de aquífero. O teste de pressão executado no poço jorrante PT-I, em Barreiras, indicou para o sistema em consideração, um valor de transmissividade da ordem de  $2,10 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s, desconhecendo-se, entretanto, as características construtivas do mesmo. Nestas condições, as pesquisas hidrogeológicas realizadas na Bacia do Jatobá no âmbito deste estudo não foram suficientes para caracterizar o sistema aquífero Inajã-Tacaratu na área Barreiras-Petrolândia.

#### Condições de recarga

A recarga do sistema aquífero em apreço processa-se, principalmente, pelas infiltrações de águas de chuva na área de afloramento da Formação Tacaratu, situada na borda oriental da Bacia do Jatobá (ver fig 3). O volume da água de chuva que cai anualmente sobre a superfície aflorante da Formação Tacaratu é de  $1.500 \times 10^6$  m<sup>2</sup> x 0,800 m ou  $1,2 \times 10^9$  m<sup>3</sup>. Somente uma pequena parcela deste volume se infiltra e alimenta as reservas de água subterrânea. Uma segunda parcela é evapotranspirada e as sobras alimentam os cursos d'água superficiais. Posteriormente será apresentada uma estimativa preliminar do volume de água infiltrada a partir do balanço de cloreto.

Secundariamente, tem-se a considerar as contribuições provenientes das unidades aquíferas superiores através dos níveis semi-confinantes. Esta contribuição, entretanto, verifica-se, somente, quando a carga do sistema aquífero confinado torna-se inferior àquelas produzidas pelas águas armazenadas no sistema livre. Convém ressaltar que localmente podem ocorrer condições privilegiadas de recarga vertical descendente, pela presença de falhas e fraturas.

## Escoamento e exutórios

Tendo em vista o reduzido número de poços penetrando o sistema aquífero Inajã-Tacaratu, não foi possível estabelecer a isopiezometria deste sistema semi-confinado. Nestas condições, o comportamento do escoamento das águas subterrâneas foi levado a efeito com a ajuda de 12 poços jorrantes existentes e nivelados, os quais se distribuem na área da bacia de forma bastante irregular. Verificou-se que as águas que se infiltram nas zonas de recarga do sistema aquífero Inajã-Tacaratu, escoam para NW em direção ao rio São Francisco e bacia do Tucano, acompanhando o mergulho regional das camadas, com gradientes da ordem de 0,7%.

Considerando que as cotas piezométricas do sistema aquífero confinado nas zonas de afloramento das formações Inajã e Aliança, são em geral superiores àquelas apresentadas pelo sistema livre sobreposto, acredita-se que haja perdas consideráveis de água do sistema aquífero Inajã-Tacaratu, através dos níveis semi-confinantes por filtração vertical ascendente. Nestas condições, o sistema aquífero livre constitui um dos exutórios do sistema confinado em apreço. Ainda, desde que afloram arenitos da Formação Tacaratu no leito e margens do rio São Francisco, no extremo oeste da área, presupo-se que este manancial constitui um segundo exutório.

## Vazão de fluxo subterrâneo

A vazão do fluxo subterrâneo, também chamada vazão de escoamento natural, é avaliada pela seguinte equação:  $Q = K A I$ , onde  $A = b L$  e  $Q =$  vazão do fluxo ( $m^3/s$ );  $K =$  permeabilidade ( $m/s$ );  $A =$  área da seção aquífera ( $m^2$ );  $I =$  gradiente hidráulico;  $b =$  espessura da camada aquífera ( $m$ ) e  $L =$  largura da seção ou da frente de fluxo ( $m$ ).

Pela inexistência de um mapa isopiezométrico do sistema aquífero Inajã-Tacaratu, onde se pudesse melhor caracterizar as frentes de escoamento, a vazão  $Q$  de fluxo das águas foi avaliada de forma aproximada e o valor a ser apresentado serve apenas a título de ordem de grandeza. Desde que o escoamento geral destas águas subterrâneas ficou caracterizado como sendo para noroeste (NW) em direção ao rio São Francisco, foi imaginado uma frente de fluxo de largura  $L$  da ordem de 100 Km compreendendo os setores Trocado-Moxotó e Poço Sujo-Inajã. A espessura  $b$  considerada corresponde à espessura saturada técnica e economicamente captável de 120 m. Com isto, como a permeabilidade média  $K$  é conhecida e igual a  $6,0 \times 10^{-6} m/s$  e o gradiente hidráulico é da ordem de 0,7%, pode-se avaliar a vazão de fluxo  $Q$  anual, ou seja:  $Q = K b L I \approx 15 \times 10^6 m^3/ano$ .

## Avaliação das reservas e dos recursos exploráveis

A avaliação de reservas e de recursos de águas subterrâneas por si só constitui um problema delicado e no presente ele torna-se ainda mais difícil dado a complexidade do sistema aquífero. Assim, o que é apresentado aqui processou-se de forma bastante aproximada e simplificada, conforme é mostrado adiante.

Em se tratando de um sistema confinado, tem-se a considerar apenas as reservas permanentes que correspondem às reservas totais por conseguinte ao volume de água liberável da totalidade da camada aquífera.

As estimativas das reservas serão feitas tomando por base a profundidade de penetração (no sistema aquífero) considerada técnica e economicamente captável, ou seja, espessura saturada de 120 m.

## Reservas permanentes

Como se trata de um sistema confinado, o volume das reservas permanentes é igual à soma do volume de água de saturação com o volume de água acumulado sob pressão.

O volume d'água de saturação é calculado pela equação:  $V_s = V_c \times \mu$ , sendo  $V_c = A b$  e o volume d'água sob pressão por  $V_p = A h S$ , onde:  $V_s =$  volume d'água de saturação ( $m^3$ );  $V_c =$  volume da camada saturada ( $m^3$ );  $\mu =$  porosidade eficaz;  $A =$  área da zona sob pressão ( $m^2$ );  $b =$  espessura saturada ( $m$ );  $h =$  altura de carga ( $m$ ) e  $S =$  coeficiente de armazenamento.

Na área Trocado-Moxotó, tem-se:  $A = 660 \times 10^6 m^2$ ;  $b = 120 m$ ;  $\mu =$

$= 0,10$ ;  $h = 50$  m e  $S = 1,7 \times 10^{-4}$ . Aplicando as equações, resulta:  
 $V_{S1} = 7,92 \times 10^9 \text{ m}^3$  e  $V_{p1} = 5,61 \times 10^6 \text{ m}^3$ .  
 Na área Poço Sujo-Inajã,  $A = 212,8 \times 10^6 \text{ m}^2$ ;  $b = 120$  m;  $\mu = 0,10$ ;  
 $h = 200$  m e  $S = 3,4 \times 10^{-5}$ . Nestas condições,  $V_{S2} = 2,55 \times 10^9 \text{ m}^3$  e  $V_{p2} =$   
 $= 1,44 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

Com esses resultados, conclui-se;  $V_S = V_{S1} + V_{S2} = 10,4 \times 10^9 \text{ m}^3$  e  
 $V_P = V_{p1} + V_{p2} = 7,0 \times 10^6 \text{ m}^3$ .  
 O volume total de água sob pressão obtido é desprezível com  
 relação ao volume saturado. Nestas condições, as reservas permanentes  
 são aproximadamente iguais ao volume d'água de saturação, ou seja:  
 $R_p \approx 10 \times 10^9 \text{ m}^3$ .

#### Recursos exploráveis —

Costuma-se tomar como reservas exploráveis a vazão de escoamento natural anual. Isto, fundamenta-se no fato de que, teoricamente, em um aquífero em estado de equilíbrio é possível explorar anualmente um volume equivalente a esta vazão sem, contudo, retirar nenhuma fração do volume das reservas permanentes. Procedendo desta maneira, os recursos exploráveis são da ordem de 15 milhões de  $\text{m}^3$  anuais. Sugere-se que esse valor seja usado para comparação com a vazão máxima captável por poços, conforme será apresentado adiante.

#### Dimensionamento do sistema de captação

Os estudos de demandas d'água subterrânea para " o Projeto Bacia Jatobá ", executados por técnicos da OEA (Organização dos Estados Americanos) dentro do planejamento em tela, indicam um volume de  $19,9 \times 10^6 \text{ m}^3$ /ano requerido no final do plano (ano 2.000). Com base no detalhe das informações prestadas, foi estimada a parcela da demanda d'água inerente às áreas Trocado-Moxotó e Poço Sujo-Inajã, em um total de  $15 \times 10^6 \text{ m}^3$ /ano no final do plano, com vistas à implantação de projetos de irrigação, aquacultura, pecuária, bem como abastecimento humano (urbano e rural).

O suprimento desta demanda é perfeitamente possível desde que os recursos exploráveis foram subestimados em  $15 \times 10^6 \text{ m}^3$ /ano, cifra esta, desprezível se comparada com as reservas totais ali existentes, ou seja,  $10 \times 10^9 \text{ m}^3$ .

#### Descargas máximas dos poços produtores perfurados —

O quadro 1 apresenta as descargas máximas dos poços produtores perfurados e alguns dados importantes sobre suas características construtivas.

A capacidade de produção dos poços está limitada pelos rebaixamentos máximos disponíveis e diâmetros de revestimentos dos mesmos. Os poços produtores foram construídos com revestimentos de ferro galvanizado e filtros de aço inoxidável, dimensionados em função da granulometria do material das camadas aquíferas, do pré-filtro utilizado e espessuras saturadas.

QUADRO 1  
 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS E CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO DOS  
 POÇOS PRODUTORES PERFURADOS EM FUNCIONAMENTO ISOLADO

POÇO	PROF. (m)	DIÂMETRO (pol.)	PROF. TOPO FILTROS (m)	NÍVEL ESTÁ- TICO NE (m)	NÍVEL DINA MICO ND (m)	VAZÃO Q ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
IN-I	400	6	344	+ 5,0	41,7	50
IN-II	293	6	86	+ 2,5	39,5	50
MX-III	183	8	26	+ 6,5	17,5	25
TR-I	127	6	69	+ 6,0	29,0	50

## Poços padrões (características construtivas e descargas máximas) —

Foram estabelecidos os projetos de dois tipos de poços padrões para a captação de águas subterrâneas do sistema aquífero Inajá-Tacaratu. O primeiro, adaptável às condições da área Trocado-Moxotô (zona A, na fig. 6) e o segundo, é válido para a área do Poço Sujo-Inajá (zona B, na fig. 6).

Na área Trocado-Moxotô, o poço padrão é proposto com as seguintes características construtivas:

- . profundidade de 200 m, a ser perfurado em diâmetro mínimo de 12";
- . câmara de bombeamento de 60 m em diâmetro de 8";
- . desde que em média 30% do perfil litológico no intervalo de 60 a 200 m é de natureza essencialmente argilosa, segue que a espessura saturada a ser efetivamente captada é da ordem de 98 m;
- . recomenda-se para extensão total dos filtros (aço inoxidável e com maior área aberta possível) o correspondente a 70% da espessura saturada, ou seja, 68 m, a ser distribuído em seções na altura das camadas mais arenosas. O diâmetro dos filtros, em 6", cuja abertura será função da granulometria do pré-filtro a ser utilizado e do material aquífero;
- . o intervalo de 0 a 60 m (câmara de bombeamento) deverá ser cimentado no topo e na base. No topo como prevenção à infiltrações das águas superficiais e na base para garantir a carga máxima do aquífero.

Na área Poço Sujo-Inajá, o poço padrão deverá apresentar as seguintes características construtivas:

- . desde que o topo do sistema aquífero se encontra a uma profundidade média de 200 m, recomenda-se uma profundidade total de 400 m. A perfuração, em diâmetro de 15" até os 100 m iniciais e posteriormente reduzida para 12" até a profundidade final;
- . câmara de bombeamento com extensão de 90 m em diâmetro de 10";
- . o poço padrão com esta profundidade de 400 m penetra 200 m no sistema Inajá-Tacaratu, e desde que 40% do perfil, em média, é constituído de finos, a espessura saturada é da ordem de 120 m;
- . de forma similar ao caso anterior, para extensão dos filtros recomenda-se 70% da espessura saturada ou seja 84 m, em diâmetro de 6";
- . o espaço anular a partir de 90 m deverá ser preenchido com pré-filtro calibrado;
- . a cimentação deverá ser procedida na parte superior como proteção às infiltrações de águas superficiais e do topo da Formação Inajá para cima, a fim de proteger o sistema aquífero das águas que saturam os sedimentos da Formação Aliança e Candeias que em geral são de má qualidade.

Verificou-se, que, na área Trocado-Moxotô, um poço tubular com as características apresentadas pode produzir uma vazão máxima de 50m<sup>3</sup>/h com um rebaixamento de 48 m e nível dinâmico de 41,5 m. E na área Poço Sujo-Inajá, 100m<sup>3</sup>/h com um rebaixamento de 79 m e nível dinâmico de 74m.

## Raio de influência —

Utilizando as equações de Hantush e Jacob (1955)

$$s = \frac{Q}{4\pi Kb} W(u, r/B) \quad \text{e} \quad u = \frac{r^2 S}{4 Kb t} \quad (\text{onde } s = \text{rebaixamento a uma}$$

distância  $r$  de um poço bombeado (m),  $W(u, r/B)$  = função exponencial integral tabelada para cada valor de  $u$  e de  $r/B$ ;  $t$  = tempo a partir do início do bombeamento (seg.);  $Q$  = descarga de bombeamento) válidas para as condições de fluxo em estado transitório em um aquífero semi-confinado, isotrópico, totalmente penetrado e bombeado à descarga constante, foram construídas curvas de rebaixamento com a distância em função da vazão, admitindo um regime de funcionamento contínuo, conforme apresentado nas figuras 4 e 5. Observe, nos quadros contidos nessas figuras, que na área Trocado-Moxotô, para efeito de cálculo, considerou-se a espessura  $b$  de 98,0 m e, portanto, transmissividade  $Kb = 6,0 \times 10^{-6} \times 98,0 = 5,88 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ , enquanto que para a área Poço Sujo-Inajá tomou-se  $b = 120 \text{ m}$  e  $Kb = 6,0 \times 10^{-6} \times 120 = 7,0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Com o auxílio das referidas equações verificou-se que no final de um ano em bombeamento contínuo o fluxo já tem atingido a condição de regime estacionário, nas duas áreas produtoras.

No gráfico da figura 4 (área Trocado-Moxotô) observa-se que a uma distância de cerca de 6 Km do poço bombeado o rebaixamento é desprezível e na figura 5 (área Poço Sujo-Inajã), isto ocorre a distâncias em torno de 7 Km. Assim, estes valores correspondem aproximadamente aos raios de ação do cone de depressão do sistema aquífero nas áreas em consideração.

Para checar estes resultados foi aplicada a equação de De Glee, 1930 (para fluxo em regime estacionário) no cálculo do raio de ação (R). Admitiu-se como desprezível qualquer rebaixamento inferior a 5 cm, de forma que a distância r (para s = 0,05 m) vai corresponder a R. Assim:

$$s = \frac{Q}{2\pi T} K_0\left(\frac{r}{B}\right), \text{ fica } 0,05 = \frac{Q}{2\pi T} K_0\left(\frac{R}{B}\right).$$

Na área Trocado-Moxotô:  $Q = 50\text{m}^3/\text{h}$ ,  $T = 5,88 \times 10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$  e  $B = 1.600\text{ m}$ , logo  $0,05 = \frac{50/3.600}{2\pi \times 5,88 \times 10^{-4}} K_0\left(\frac{R}{B}\right)$  e  $K_0(R/B) = 0,013$

o que implica:  $R/B = 4$  e  $R = 4 \times B = 4 \times 1.600$  ou  $R = 6.400\text{ m}$ .

Na área Poço Sujo-Inajã:  $Q = 100\text{m}^3/\text{h}$ ,  $T = 7,0 \times 10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$  e  $B = 1.660\text{ m}$ , segue que  $0,05 = \frac{100/3.600}{2 \times 7,0 \times 10^{-4}} K_0\left(\frac{R}{B}\right)$  ou  $K_0(R/B) = 0,008$

o que implica  $R/B = 4,3$  e  $R = 4,3 \times B = 4,3 \times 1.660 = 7.138$  ou  $R = 7.138\text{ m}$ .

Estes resultados estão coerentes com as informações tiradas dos gráficos das figuras 4 e 5, e, portanto, os raios de influência nas duas áreas são da ordem de 6 e 7 Km, respectivamente.

Número, posicionamento relativo e descargas totais a serem produzidas pelos poços —

O suprimento da demanda de água subterrânea do Projeto Bacia do Jatobá poderá ser feito com a perfuração de mais 23 poços tubulares com as características padrões apresentadas. De acordo com o condicionamento hidrogeológico e fatores sócio-econômicos, 15 poços deverão ser executados na área Trocado-Moxotô, com capacidade de produção de  $50\text{m}^3/\text{h}$  cada unidade, distanciados de no mínimo 3 Km um do outro e 8, na área Poço Sujo-Inajã, com descargas de  $100\text{m}^3/\text{h}$  e espaçamento mínimo de 4 Km.

Esses poços, somados com os quatro já existentes totalizarão vinte e sete unidades, com possibilidades de produzirem  $41.400\text{ m}^3/\text{dia}$ , satisfazendo, portanto, as necessidades vigentes no planejamento em apreço.

Se os espaçamentos entre os poços forem mantidos de acordo com o indicado, as interferências entre os cones de rebaixamento dos mesmos serão mínimas e os níveis dinâmicos, quando em bombeamento simultâneo, com longa duração, ficarão ligeiramente superiores a 42,00 m e 73,0 m, na área Trocado-Moxotô e Poço Sujo-Inajã, respectivamente.

## 6 - HIDROGEOQUÍMICA

Qualidade das águas para os diversos usos

As águas subterrâneas da Bacia do Jatobá apresentam um resíduo seco médio de 580 mg/l (em 129 amostras analisadas e consideradas mais representativas), com um valor mínimo de 58 mg/l (fonte em sedimentos da Formação Tacaratu) e um máximo de 3.815 mg/l (poço tubular, nos sedimentos da Formação Aliança). Os poços que captam o sistema aquífero Inajã-Tacaratu apresentam, por sua vez, um resíduo seco médio de 189 mg/l, com valores extremos de 97 mg/l e 356 mg/l. Durante o bombeamento dos poços IN-I e TR-I, verificou-se sensíveis quedas de salinidade nas águas. No caso do poço IN-II aconteceu o inverso, o resíduo seco aumentou com o tempo de bombeamento, ao que se atribui a problemas de construção desta unidade.

A dureza total média em  $\text{CaCO}_3$  obtida no domínio da bacia é da ordem de 100 ppm, o que as identificam no quadro geral como águas algo duras a duras. Os poços que captam o sistema Inajã-Tacaratu apresentam uma dureza total média de 70 ppm e, portanto, são enquadradas como de natureza algo duras.

Quanto ao pH, verifica-se uma predominância de águas básicas sobre as ácidas e neutras. O valor médio, nas amostras selecionadas, é da ordem de 7,4. Levando em conta somente as amostras provenientes dos poços do sistema confinado Inajã-Tacaratu, encontra-se um valor médio de 7,17 e, portanto, são águas levemente básicas.

Análise final dos resultados suscitou as seguintes conclusões quanto ao aproveitamento das águas subterrâneas do sistema produtor (áreas prioritárias):

Na área Trocado-Moxotó, são de baixa salinidade e, portanto, não apresentam riscos de salinização dos solos e podem ser utilizadas em todas as culturas. Assim, são caracterizadas quanto ao uso para irrigação como pertencentes a categoria  $C_1 - S_1$ ;

na área de Inajá as águas podem ser utilizadas se existir uma lixiviação moderada do solo e em irrigação de culturas que apresentem uma moderada resistência salina. Categoria  $C_2 - S_1$ .

Não há restrições para o consumo humano. São de potabilidade permanentemente boa. Quanto ao uso animal também não há objeções.

#### Balanco de cloreto

O balanço do íon cloreto é estabelecido aproximadamente pela seguinte equação (Custódio, 1976, p. 1034):  $IC_c = (P - E_s) C_p$ , onde  $I$  = infiltração,  $P$  = precipitação pluviométrica (mm/ano),  $E_s$  = escoamento superficial (mm/ano),  $C_i$  = conteúdo de cloreto nas zonas de infiltração profunda (ppm) e  $C_p$  = conteúdo em cloreto nas águas de chuva (ppm).

Dividindo ambos os membros dessa equação por  $C_i P$  obtêm-se a expressão do coeficiente de infiltração, ou seja:

$$inf = \frac{I}{P} = (1 - \frac{E_s}{P}) \frac{C_p}{C_i}$$

Para avaliação do coeficiente de infiltração, na área de afloramento da Formação Tacaratu, a partir dessa equação, considerou-se apenas as zonas mais planas e que desenvolvem uma permeabilidade superficial elevada, onde o escoamento superficial é mínimo. Com estas condições, tem-se cerca de 30% da superfície total, ou seja,  $0,30 \times 1.500 = 450 \text{ Km}^2$ .

Para efeito de cálculo, admitiu-se (com boa margem de segurança) para escoamento superficial o valor correspondente a 10% do total anual precipitado (800 mm), ou seja, 80 mm. O valor médio do conteúdo de cloretos nas águas de chuva é de 4,8 ppm - Posto Caruaru Lat.  $08^\circ 14'$  e Long.  $35^\circ 59'$  (Rebouças, 1973, p. 114, t. 12). O conteúdo médio em cloretos (de 10 amostras d'água mais representativas) das águas subterrâneas é da ordem de 43,66 ppm. De posse desses dados, aplicando a referida equação, resulta:  $inf = 9,9\%$  e  $I = 79,0 \text{ mm/ano}$ . Nestas condições, o volume d'água infiltrada é  $450 \times 10^6 \times 0,079$  ou  $V_{inf} = 35 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ .

A partir do balanço hidrológico  $P = E_s + I + ET_r$ , calculou-se a evapotranspiração  $ET_r$ , ou seja:  $ET_r = P - (E_s + I) = 641,0 \text{ mm/ano}$ . Valor que representa 80% da precipitação total anual.

#### 7 - POSSIBILIDADES GERAIS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Os estudos geológicos e hidrogeológicos executados na Bacia do Jatobá no âmbito deste trabalho, conforme apresentados nos parágrafos precedentes, propiciaram uma abundante informação sobre as possibilidades de água subterrânea nos diversos setores da área em epígrafe. De posse dessas informações, como forma prática de reconhecimento hidrogeológico, foi elaborado um mapa com zoneamento da área da bacia sedimentar segundo suas potencialidades hídricas e prioridades, em cinco tipos distintos (Fig. 6 e quadro 2).

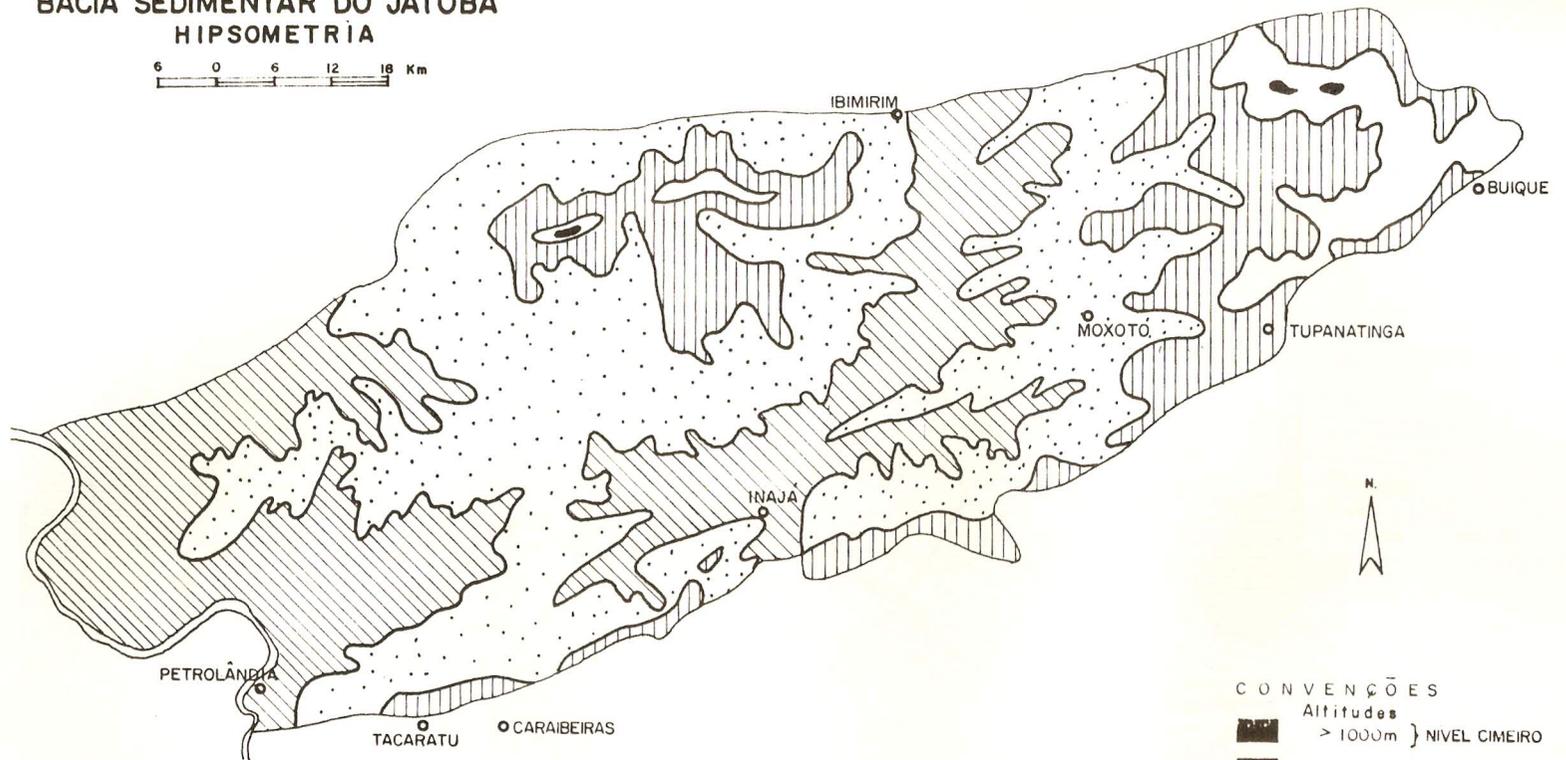
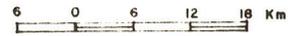
QUADRO 2  
POSSIBILIDADES DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

ZONA TIPO	LOCALIZAÇÃO	SUPERFÍCIE (Km <sup>2</sup> )	POTENCIALIDADE (m <sup>3</sup> /ano)	PRIORIDADE
A	Moxotó-Trocado	666,4	$9,0 \times 10^6$	1
B	Poço Sujo-Caraibeira-Inajá	212,8	$9,0 \times 10^6$	1
C	Petrolândia-Barreiras	268,8	Indefinida	2
D	Tacaratu-Tupanatinga-Buique	1.523,2	Baixa	3
E	Ibimirim-Peba	2.928,8	Anti-econômica	4

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBOSA, O. Geologia econômica da parte da região do médio São Francisco. Boletim do DNPM/DFPM. Rio de Janeiro, 140, 98 p.
2. BARRETO, Paulo 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. Projeto Jatobá; relatório final de sondagem. Recife. 1972 2 v. Convenio C.N.E.N./CPRM.
4. —. Estudo hidrogeológico do Brejo de São José - Arcoverde - Pernambuco. Recife, 1964. 22 p. (Brasil, SUDENE. Hidrogeologia, 2).
5. CASANAS, Roberto Luis. Proyecto Jatobá. Informe: demanda de água : Recife |SUDENE/OEA| 1979. 108 f. il.
6. CASTANY, G. Prospeccion Y explotacion de las águas subterráneas. Barcelona Ed. Omega, 1975, 1975.738 p.
7. CUSTÓDIO, Emilio & LLAMAS, Manuel Amon. Hidrologia Subterrânea. Barcelona, Ed. Omega |1976| 2 v. il.
8. LEAL, José de Menezes. Inventário hidrogeológico do Nordeste. Folha nº 20 - Aracaju-NE. Recife, SUDENE. Div. Documentação, 1970 150p. il. (Brasil. SUDENE. Hidrogeologia, 34) Bibliografia.
9. MABESOOONE, J.M. & CASTRO, Cláudio de. Desenvolvimento Geomorfológico do Nordeste brasileiro. Boletim do Núcleo do Nordeste da Sociedade Brasileira de Geologia. Recife, 3 : 5-35, 1975.
10. REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Le problème de l'eau dans la zone semi-áride du Brésil. |s.l. | |s.e. | 1973 Tese.
11. WALTON, W. C. Ground Water resource evaluation. New York, Mac Graw Hill, 1970. 664 p.

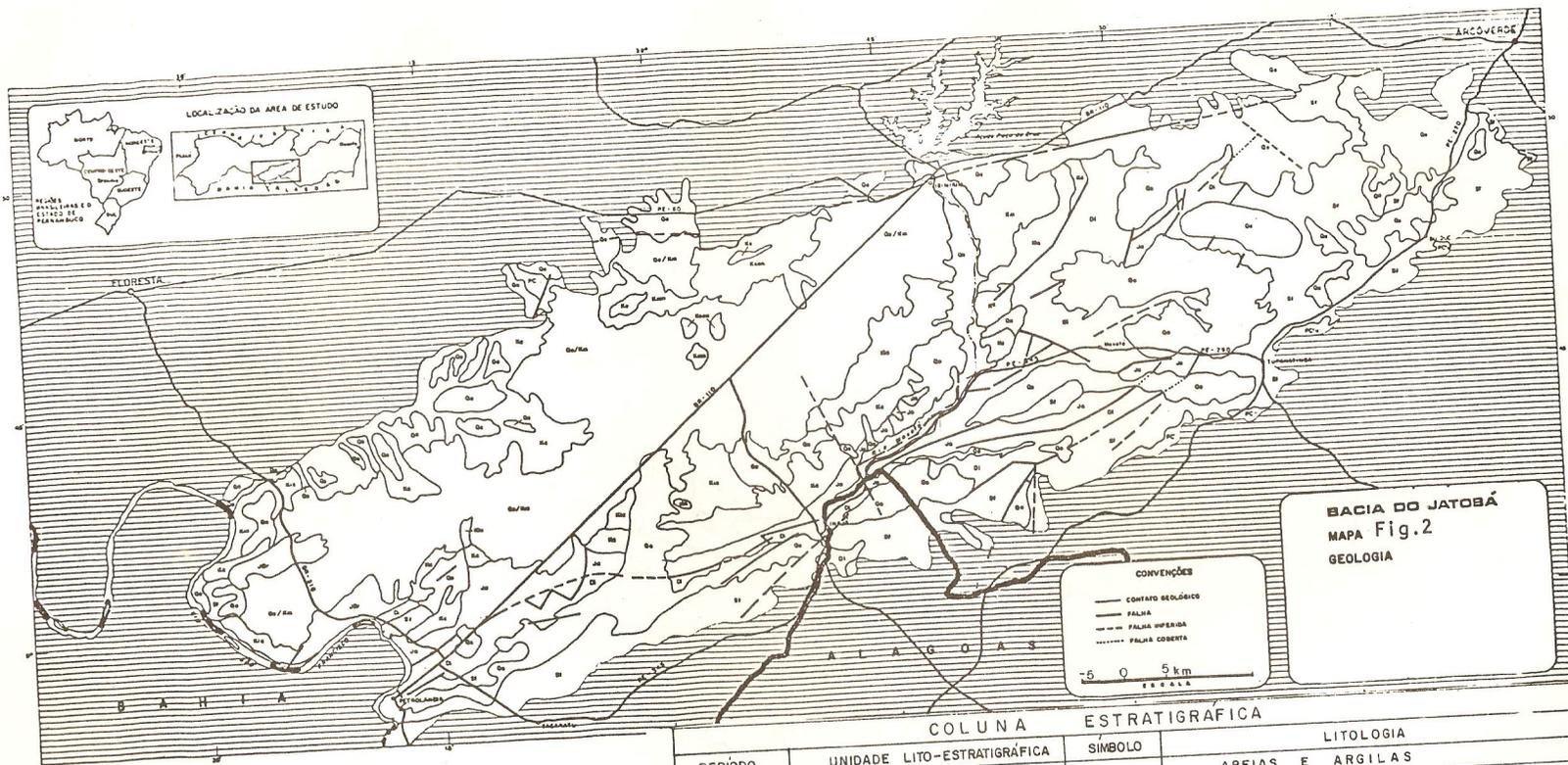
Fig. 1  
**BACIA SEDIMENTAR DO JATOBÁ**  
**HIPSOMETRIA**



CONVENÇÕES

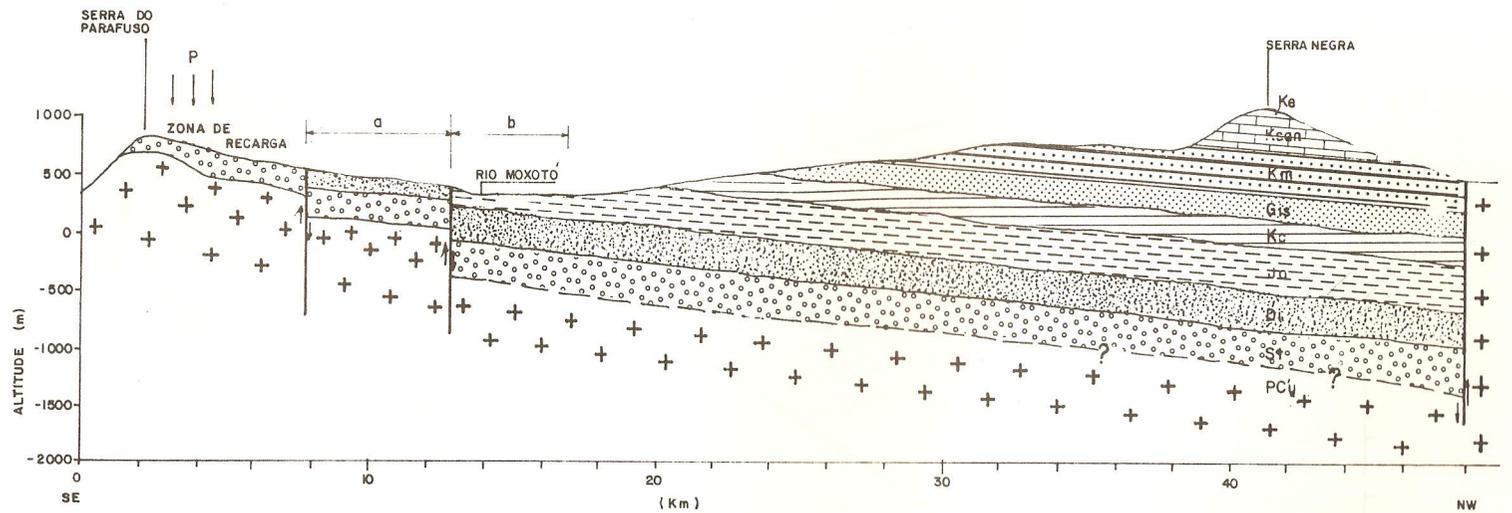
	Altitudes > 1000m	} NIVEL CIMEIRO
	800 a 1000m	
	600 a 800m	} SUPERFÍCIE SULAMERICANA
	400 a 600m	
	280 a 400m	} SUPERFÍCIE SERTANEJA

Obs: a parte entre 280 e 300m junto ao Rio São Francisco pertence a fase do Terrço Superior do Ciclo Paraguaçu.



PERÍODO	UNIDADE LITO-ESTRATIGRÁFICA	COLUNA ESTRATIGRÁFICA		LITOLOGIA
		SÍMBOLO	SÍMBOLO	
QUATERNÁRIO	ALUVIÕES	Qa		AREIAS E ARGILAS
	ELUVIÕES	Qe		AREIAS POUCO ARGILOSAS
CRETÁCEO	FORMAÇÃO EXU	Ke		ARENITOS E ARGILITOS
	FORMAÇÃO SANTANA	Ksan		CALCÁRIOS, MARGAS E SILTITOS
	FORMAÇÃO MARIZAL	Km		ARENITOS, FOLHELHOS E CONGLOMERADOS
	GRUPO ILHAS	Kis		ARENITOS, FOLHELHOS E CALCÁRIOS
	FORMAÇÃO CÂNDEIAS	Kc		FOLHELHOS, CALCÁRIOS E ARENITOS
JURÁSSICO	G. BROTAS	JBr	Js	FOLHELHOS E CONGLOMERADOS
			Ja	FOLHELHOS, SILTITOS E ARENITOS
	FORMAÇÃO ALIANÇA			ARENITOS E SILTITOS
DEVONIANO	FORMAÇÃO INAJÁ	DI		CONGLOMERADOS E SILTITOS
SILURIANO	FORMAÇÃO TACARATU	St		GNAISSES E MIGMATITOS
PRÉ-CAMBRIANO		PC		

Fig. 3  
**PERFIL ESQUEMÁTICO DA BACIA DO JATOBÁ**  
**CONDIÇÃO DE RECARGA - SISTEMA AQUIFERO**  
**INAJÁ-TACARATU**



**LEGENDA**

- |                                 |                                     |                                      |
|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Ke</b> FORMAÇÃO EXU          | <b>Kc</b> FORMAÇÃO CANDEIAS         | } SISTEMA AQUIFERO<br>INAJÁ-TACARATU |
| <b>KspA</b> FORMAÇÃO SANTANA    | <b>Aliança</b> FORMAÇÃO ALIANÇA     |                                      |
| <b>Marizal</b> FORMAÇÃO MARIZAL | <b>Inaja</b> FORMAÇÃO INAJÁ         |                                      |
| <b>Gis</b> GRUPO ILHAS          | <b>Tacaratu</b> FORMAÇÃO TACARATU   |                                      |
|                                 | <b>PCu</b> EMBASAMENTO PRECAMBRIANO |                                      |

a e b CORESPONDEM AS ZONAS PRODUTORAS  
 P - PRECIPITAÇÃO

Fig. 4

GRÁFICO DO REBAIXAMENTO COM A DISTÂNCIA, EM  
FUNÇÃO DA VAZÃO EM BOMBEAMENTO CONTÍNUO  
Área Trocado - Moxotó'

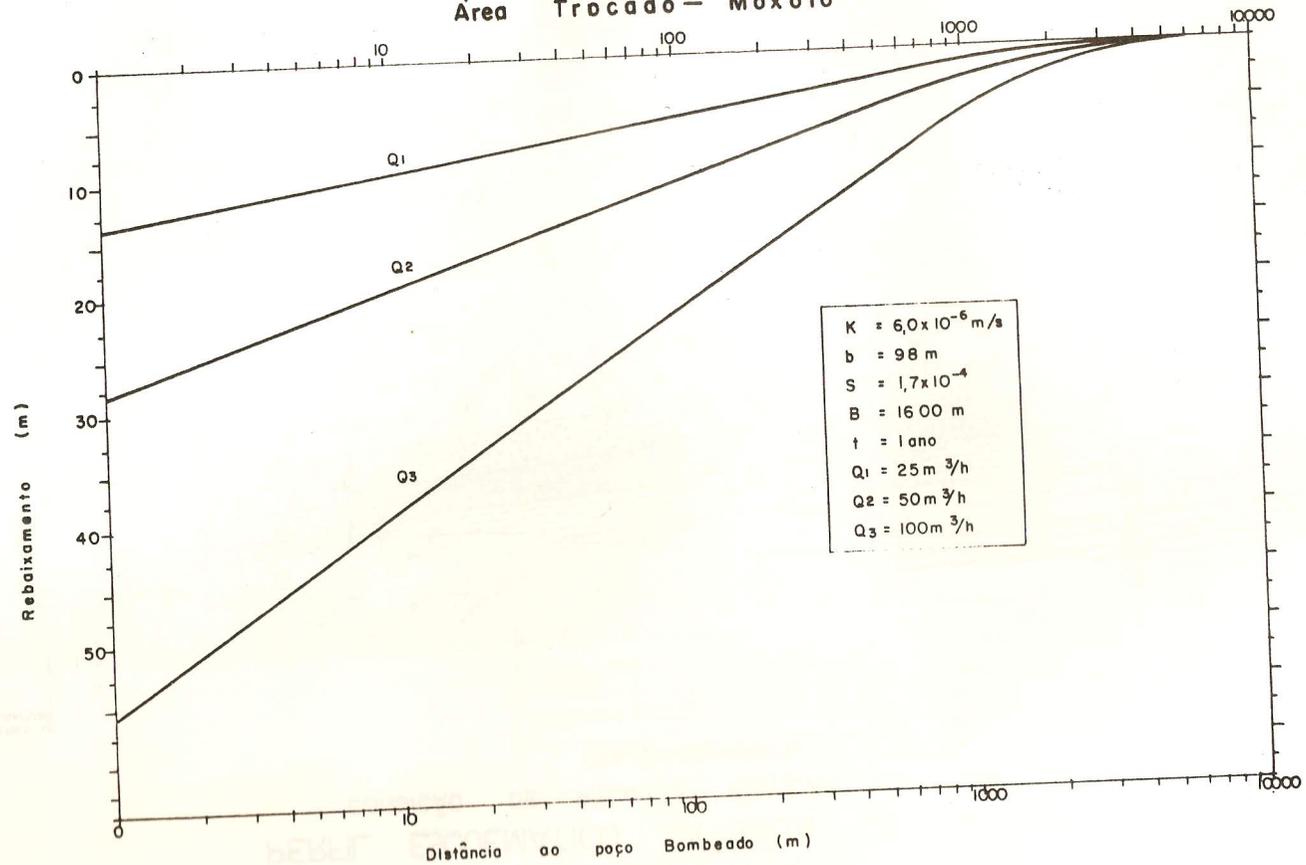
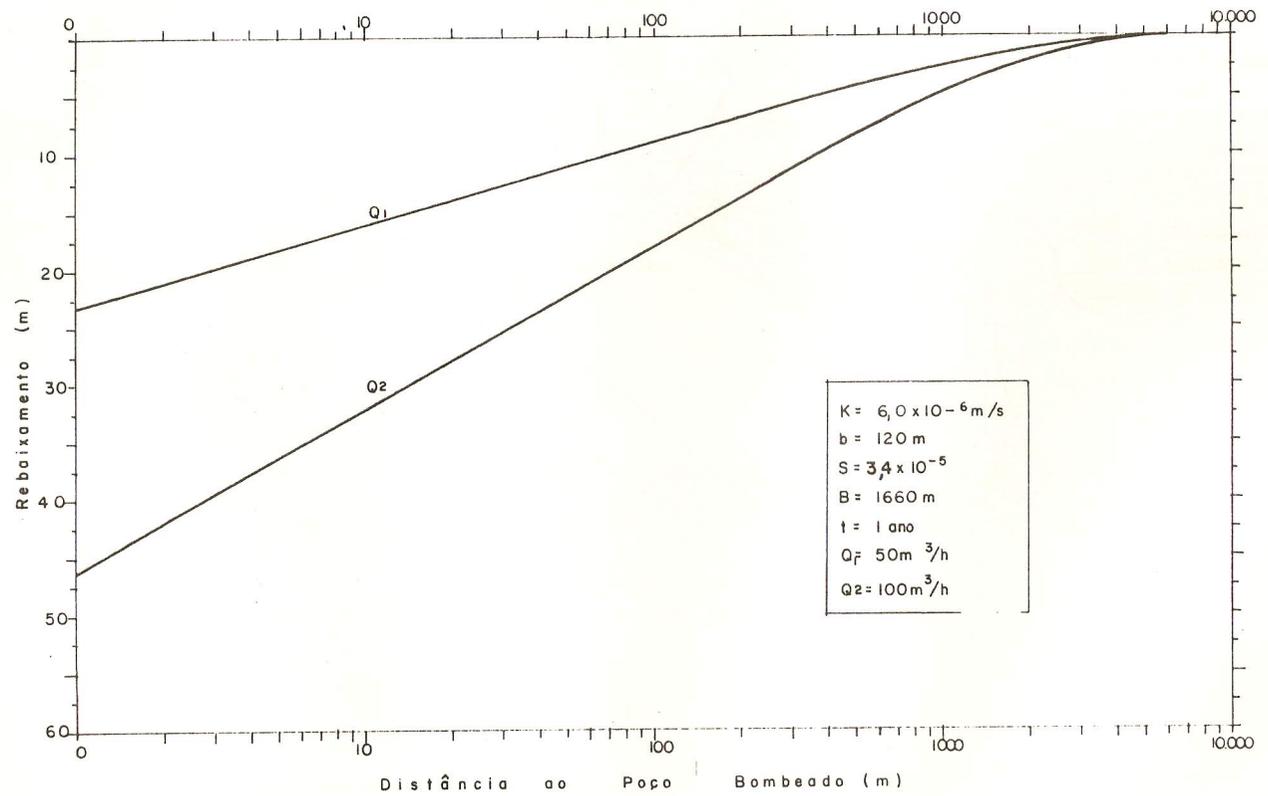


Fig. 5

GRÁFICO DO REBAIXAMENTO COM A DISTÂNCIA, EM  
FUNÇÃO DA VAZÃO EM BOMBEAMENTO CONTÍNUO  
Área Poço Sujo — Inajá



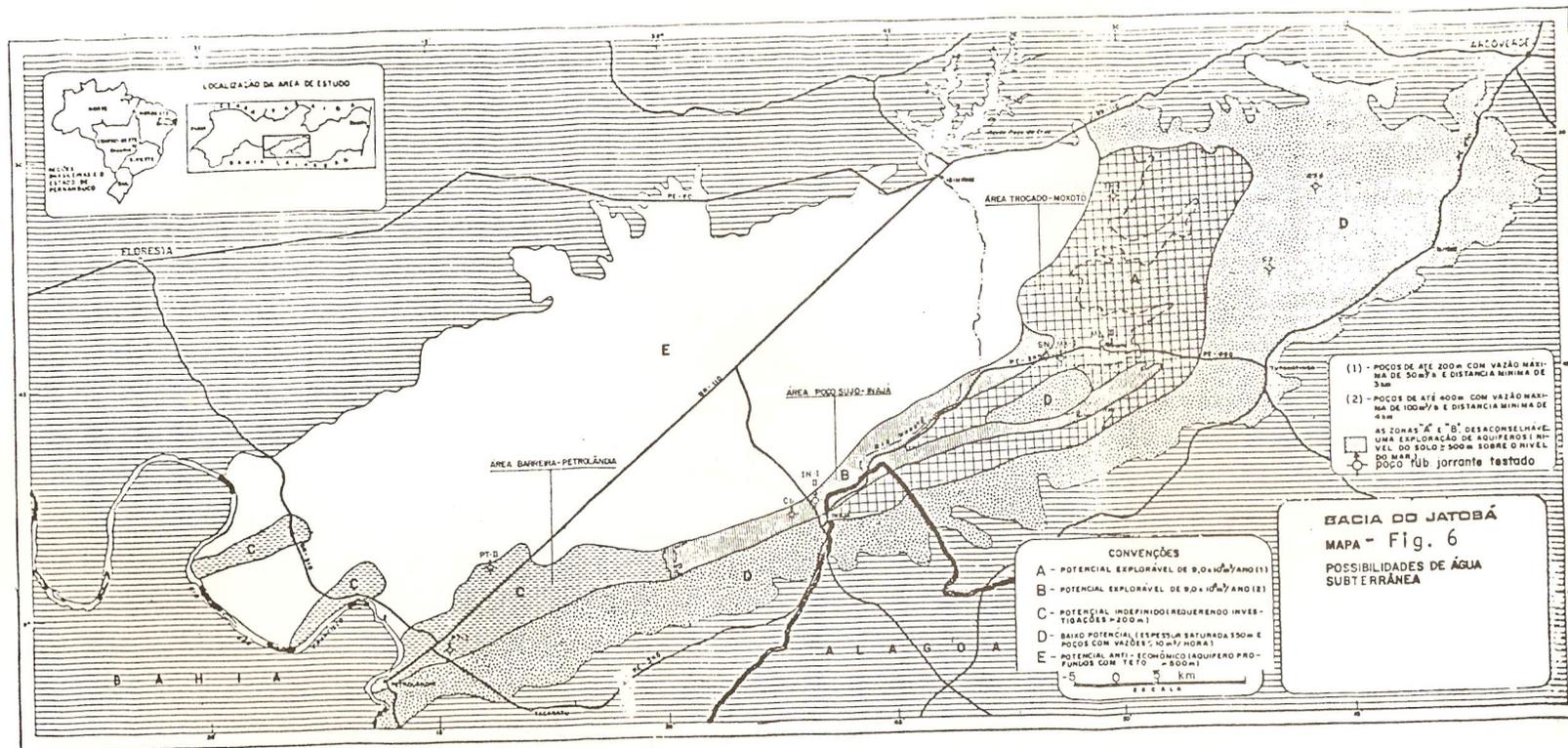


Fig. 7  
CORRELAÇÃO LITO-ESTRATIGRÁFICA ENTRE FUROS DE SONDAGENS

