

# ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS SOBRE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS E SEU USO NO DIAGNÓSTICO DA VARIAÇÃO TEMPORAL DO NÍVEL D'ÁGUA E DA PRODUTIVIDADE DOS AQUÍFEROS DA BACIA DO RIO JUNDIAÍ (SP)

Mirna A. Neves<sup>1</sup>; Norberto Morales<sup>2</sup>; Sueli Yoshinaga Pereira<sup>3</sup> & José Luiz Albuquerque Filho<sup>4</sup>

**Resumo** - Os mananciais superficiais da bacia do rio Jundiaí já não são suficientes para suprir a demanda por água. São revertidos 1,2 m<sup>3</sup>/s do rio Atibaia para o município de Jundiaí, agravando a situação de disponibilidade hídrica na bacia do rio Piracicaba, já bastante solicitada pela reversão no Sistema Cantareira. O uso intenso e a poluição dos recursos hídricos superficiais levam a uma demanda cada vez maior por recursos hídricos subterrâneos. Como agravantes, há o desconhecimento da situação de exploração atual, o grande número de poços sem outorga, além de empresas clandestinas.

Estes temas motivaram a elaboração do trabalho. Os dados de poços tubulares profundos, apesar dos problemas existentes, permitem delinear um panorama parcial da situação de exploração de água subterrânea na bacia. Após o estudo da evolução na perfuração de poços, da situação dos poços e do uso da água, apresenta-se uma análise da variação temporal da profundidade do nível estático, do nível dinâmico, da vazão e da capacidade específica para três intervalos de tempo, desde a primeira metade do século XX até o início do século XXI. Os resultados mostram aumento da profundidade dos níveis estático e dinâmico e queda na produtividade dos poços ao longo do período estudado.

**Abstract** - The superficial water resources of the Jundiaí Catchment cannot supply current water demands. About 1.2 m<sup>3</sup>/s are reverted from the Atibaia River to supply the municipal demands of Jundiaí. This aggravates the low water availability of the Piracicaba Catchment that is already

---

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP: Av. 24-A, 1515, Bela Vista, Rio Claro, SP, CEP 13506-900, fone: (19) 3526-2802, fax: (19) 3524-9562, e-mail: mirnaan@rc.unesp.br

<sup>2</sup> Departamento de Petrologia e Metalogenia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP: Av. 24-A, 1515, Bela Vista, Rio Claro, SP, CEP 13506-900, fone: (19) 3526-2826, fax: (19) 3524-9644, e-mail: nmorales@rc.unesp.br

<sup>3</sup> Departamento de Geologia e Recursos Naturais, Instituto de Geociências, UNICAMP: Cidade Universitária Zeferino Vaz, sn, Caixa Postal 6152, Campinas, SP, CEP 13083-970, fone: (19) 3788-4698, e-mail: sueliyos@ige.unicamp.br

<sup>4</sup> Divisão de Geologia, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.: Av. Prof. Almeida Prado, 532, Cidade Universitária, São Paulo, SP, CEP 05508-901, fone: (11) 3767-4362, fax: (11) 3767-4083, e-mail: albuselu@ipt.br

compromised in the reversion to the Cantareira System. The intensive use and pollution of the superficial water give rise to a growth in consumption of groundwater resources. Aggravating factors are the ignorance about the situation of well exploitation, the great number of illegal wells, as well as the clandestine companies. That situation motivated this research. Well water data, despite their problems, allow a partial delineating of the panorama of well exploitation. This paper shows the evolution in well construction through time, the well situation and water usage. Also, the temporal variation of the static and dynamic level depth and the well productivity are analyzed in three periods of time, from the first part of the XX century up to the beginning of the XXI century. The results show an increase in the static and dynamic level depth and a decrease in the well productivity during this period of time.

**Palavras-Chave** – bancos de dados; variação do nível d'água; bacia do rio Jundiaí.

## INTRODUÇÃO

Situada entre as áreas metropolitanas da Grande São Paulo e de Campinas, a bacia do rio Jundiaí se caracteriza pela intensa ocupação urbana e pela degradação ambiental junto a uma paisagem exuberante, protegida por áreas de proteção ambiental.

Uma peculiaridade desta bacia é que, comparativamente às bacias vizinhas, ela possui os maiores percentuais de áreas vegetadas (Cobertura Vegetal Natural e Áreas de Reflorestamento), ao mesmo tempo em que apresenta a maior porcentagem de áreas urbanas e industriais. A Serra do Japi, divisor sul da bacia, abriga um dos últimos remanescentes de Mata Atlântica do Estado de São Paulo, sendo protegida pelas Áreas de Proteção Ambiental de Jundiaí e Cabreúva e pela Área Natural Tombada Serras do Japi, Guaxinduva e Jaguacoara. Mas, na prática, a Legislação não tem sido suficiente para impedir os impactos ambientais causados pela migração das atividades industriais da capital em direção ao interior do estado.

Os mananciais superficiais da bacia já não são suficientes para suprir a demanda por água. Assim, são revertidos até 1,2 m<sup>3</sup>/s do rio Atibaia para o abastecimento do município de Jundiaí. Isto agrava ainda mais a situação de disponibilidade hídrica na bacia do rio Piracicaba, tendo em vista as atuais discussões em torno da renovação de outorga do Sistema Cantareira.

Obviamente, o uso intenso e a poluição dos recursos hídricos superficiais levam a uma demanda cada vez maior por recursos hídricos subterrâneos. O desconhecimento quanto às conseqüências da exploração dos aquíferos da bacia foi o tema que motivou a elaboração deste trabalho.

Após uma breve análise quanto à consistência dos bancos de dados disponíveis, apresenta-se um estudo da variação dos níveis d'água e da produtividade dos poços construídos ao longo do

século XX e início do século XXI. Apesar de o enfoque do trabalho ser a bacia hidrográfica do rio Jundiaí, optou-se por abranger todos os poços cadastrados na área retangular que a envolve, buscando melhorar a representatividade estatística das amostras.

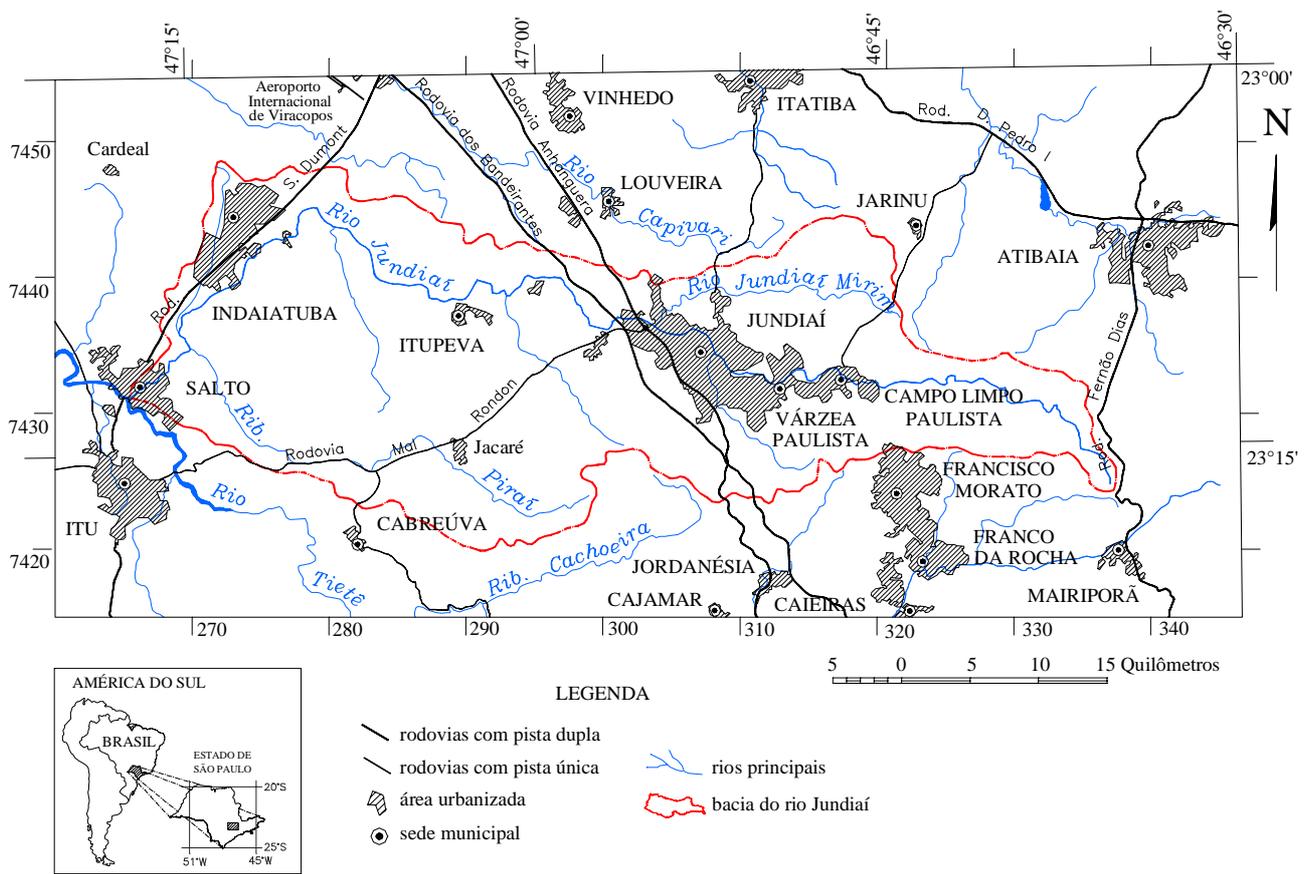
## **A ÁREA DE ESTUDOS**

A bacia do rio Jundiaí (figura 1) escoia a partir do flanco noroeste de elevações que compõem a Serra da Mantiqueira. Tem como bacias limítrofes, a bacia do rio Atibaia, a bacia do rio Capivari, a do Médio Tietê e a do rio Jundiuvira. O rio Jundiaí nasce na Serra da Pedra Vermelha, a 1.000 metros de altitude, e percorre aproximadamente 110 quilômetros antes de desaguar no rio Tietê, na cidade de Salto, onde a altitude fica em torno de 550 metros acima do nível médio do mar.

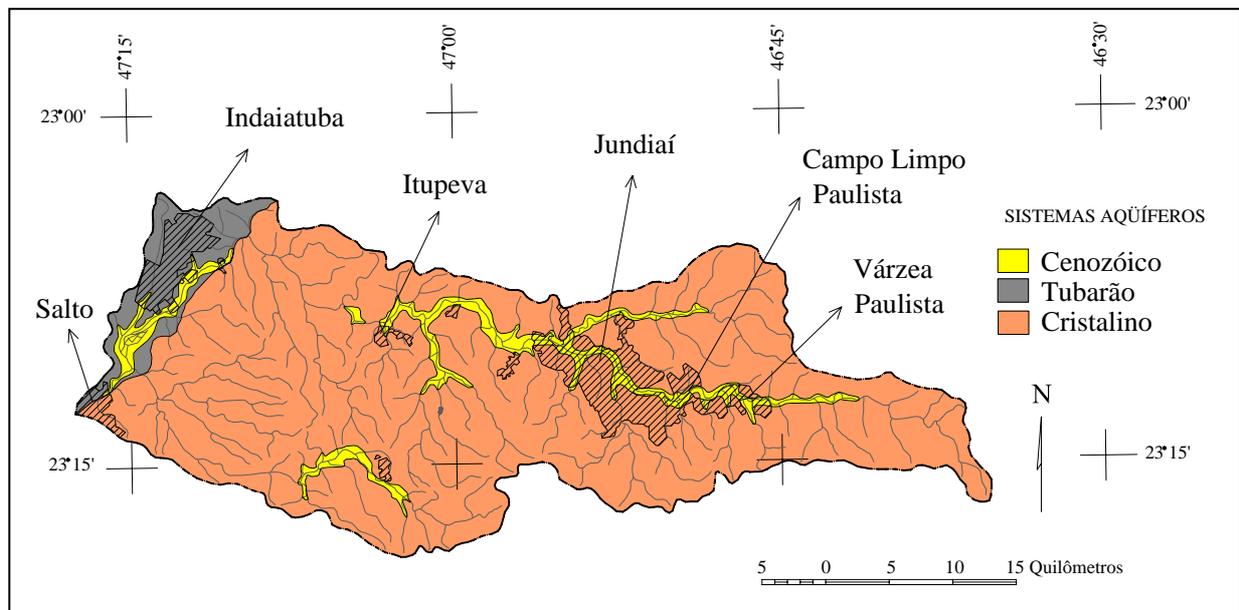
O clima da região é influenciado pelas massas de ar Tropical Atlântica, Tropical Continental e Polar Atlântica. O regime térmico possui características tropicais e subtropicais, com temperatura média anual variando entre 18°C e 20°C e índices de precipitação pluviométrica entre 1.200 e 1.800 mm anuais. Os meses mais secos são julho e agosto, com médias pluviométricas entre 25 e 40 mm, e os meses mais chuvosos são dezembro e janeiro, com médias entre 190 e 270 mm (São Paulo, 2000a).

## **CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO**

Na bacia do rio Jundiaí predomina o Sistema Aquífero Cristalino e apenas em uma pequena faixa no lado oeste ocorre o Sistema Aquífero Tubarão (figura 2). De forma mais restrita, encontra-se ainda o Sistema Aquífero Cenozóico, distribuído ao longo das drenagens principais.



**Figura 1-** Mapa de localização da bacia do rio Jundiaí.



**Figura 2-** Área de ocorrência dos sistemas aquíferos na bacia do rio Jundiaí.

O Sistema Aquífero Cristalino envolve as rochas do Embasamento Cristalino ou Pré-Cambriano, cuja porosidade está condicionada à ocorrência de estruturas geológicas como falhas e fraturas. É classificado como livre a semiconfinado, descontínuo e heterogêneo, com espessura média de 170 metros. A transmissividade é bastante variável, indo de 0,1 a 100 m<sup>2</sup>/dia. A rocha alterada ou manto de intemperismo pode constituir aquíferos de porosidade granular que, segundo alguns autores (e.g. Lopes, 1994), são responsáveis pela maior parte do escoamento básico da bacia. O comportamento do aquífero fraturado ainda não é muito bem compreendido, o que resulta em grande quantidade de poços improdutivos ou com baixa produtividade.

O Sistema Aquífero Tubarão, também conhecido como Aquífero Itararé, compreende as rochas sedimentares paleozóicas do Grupo Itararé. A heterogeneidade litológica vertical e horizontal confere baixa permeabilidade e potencialidade limitada ao aquífero. Seu comportamento é livre a semiconfinado, a porosidade granular, é descontínuo, heterogêneo e anisotrópico. Os valores de transmissividade variam de 0,3 a 40 m<sup>2</sup>/dia. A espessura chega a 1.100 metros, mas diminui junto ao contato com o Embasamento Cristalino.

O aquífero Cenozóico é formado pelos depósitos aluviais quaternários distribuídos ao longo dos canais de drenagem. São bastante limitados e de importância localizada, porosidade granular, descontínuo, heterogêneo e anisotrópico, com espessura média de 30 metros e transmissividade de 2 a 50 m<sup>2</sup>/dia.

## **DISPONIBILIDADE DE INFORMAÇÕES SOBRE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS**

Um banco de dados confiável, além de ser essencial para a caracterização hidrogeológica de uma área, é a base para o gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos. A inexistência de um banco de dados completo, que seja atualizado constantemente e que esteja disponível para o público é um dos principais empecilhos para o desenvolvimento do conhecimento hidrogeológico e para a gestão dos recursos hídricos do Brasil. Qualquer profissional que trabalhe no setor já deve conhecer a situação dispersa e sem dados consistidos em que se encontram os cadastros de poços no estado de São Paulo e, muito provavelmente, no restante do país.

Nos últimos anos, houve um crescimento expressivo na perfuração de poços tubulares profundos. O órgão gestor da quantidade de recursos hídricos no Estado de São Paulo, o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), não está estruturado para organizar os dados das perfurações já existentes, particularmente no que diz respeito ao quadro de pessoal em número suficiente e capacitado para acrescentar novos dados e, o que é mais grave, para atuar na fiscalização das obras de captação (São Paulo, 2003). A enorme quantidade de poços clandestinos e o descontrole quanto à situação dos poços antigos são problemas que crescem a cada dia. Poços

desativados, muitas vezes por interferência do cone de rebaixamento em locais muito explorados, comumente são abandonados sem as devidas medidas de proteção à contaminação.

Apesar dos problemas de consistência e integração de informações dos bancos de dados, eles são os únicos disponíveis para a caracterização hidrogeológica e para o conhecimento, ainda que parcial, da situação de exploração de água subterrânea na bacia.

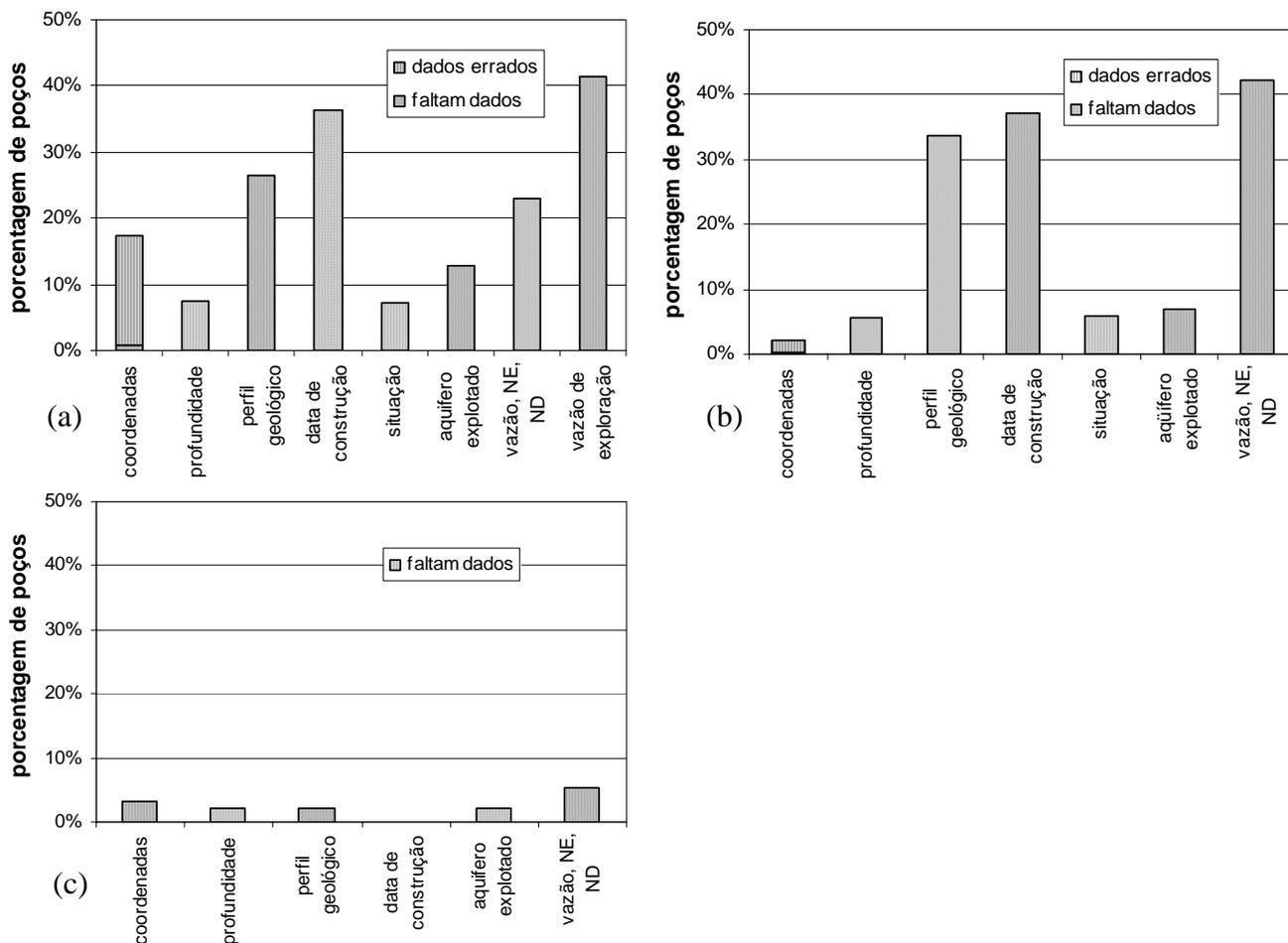
O conjunto de informações utilizado neste trabalho foi compilado a partir dos cadastros do DAEE, do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e da empresa de perfuração “Jundsondas Poços Artesianos”.

Os dados do DAEE são armazenados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIDAS). Este banco de dados funciona no sistema operacional “DOS”, cujo acesso é difícil e só pode ser feito diretamente na central em São Paulo. Os dados da CPRM estão organizados em um banco de dados também denominado Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (mas cuja sigla é SIAGAS). Os dados do SIAGAS têm abrangência nacional e estão disponibilizados para o público no *site* [www.cprm.sp.gov.br](http://www.cprm.sp.gov.br). A fonte dos dados do SIAGAS para o Estado de São Paulo é o DAEE e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). Os dados da “Jundsondas” foram fornecidos em fichas do cadastro interno da empresa.

A integração de informações dos poços em um único banco de dados não é um processo simples e automático, pois cada um possui formato diferente, numeração diferente e há repetições de poços. Por este motivo, foi necessário um trabalho criterioso de consistência de dados para eliminar poços repetidos ou outros que não correspondessem à realidade.

Na compilação dos bancos de dados, foram obtidos 1.045 poços cadastrados na área de estudos. Grande parte deles não pôde ser utilizada devido a erros ou à ausência de dados essenciais. A falta de certas variáveis, como dados de produtividade, vazão de exploração ou coordenadas geográficas, impossibilita a avaliação em termos de disponibilidade hídrica ou em qualquer outro tipo de pesquisa. Estes problemas surgem devido à falta de um banco de dados padronizado e de fácil consulta que, por lei, é responsabilidade dos órgãos gestores dos recursos hídricos.

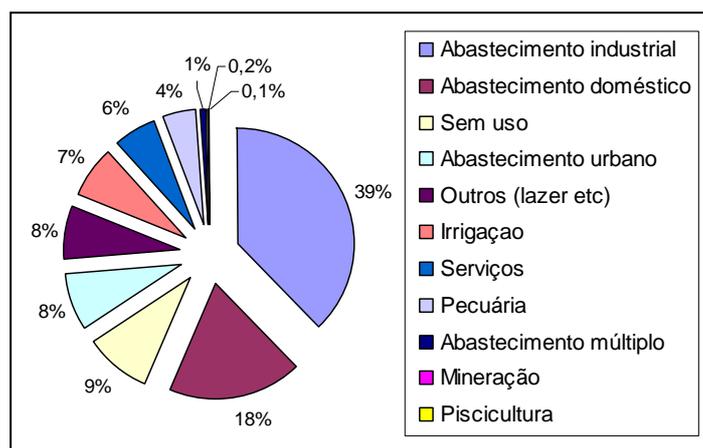
O gráfico da figura 3 mostra a porcentagem de erros e de ausência de dados dos bancos de dados utilizados na compilação. Foram consideradas algumas categorias de dados que são fundamentais para o estudo hidrogeológico, tanto no setor técnico-científico quanto no setor de gerenciamento dos recursos hídricos. Cabe destacar que estes são os erros facilmente identificáveis; erros de digitação menos grosseiros, bem como erros de medida, obviamente não podem ser facilmente detectados neste tipo de avaliação.



**Figura 3-** (a) Gráfico de erros do banco de dados do DAEE (SIDAS), (b) da CPRM (SIAGAS) e (c) do cadastro de poços fornecido pela empresa de perfuração.

## USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

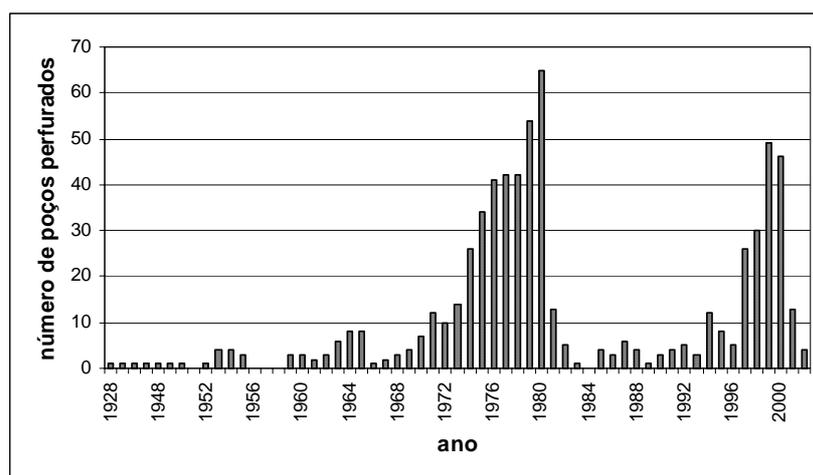
Dentre os poços cadastrados, 84,4% trazem informações quanto ao uso da água subterrânea (figura 4). A maior parte deles (39%) se destina ao abastecimento industrial, 18% ao uso doméstico; 9% não são utilizados; porcentagens iguais de 8% se destinam ao abastecimento urbano e a outros usos como, por exemplo, para lazer; 7% são usados para irrigação; 6% para serviços (como postos de gasolina, pequenas empresas de prestação de serviços etc); 4% para pecuária; apenas 1% para usos múltiplos e menos de 1% para mineração e piscicultura.



**Figura 4-** Uso da água subterrânea na bacia do rio Jundiá e áreas adjacentes

## EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE POÇOS AO LONGO DO TEMPO

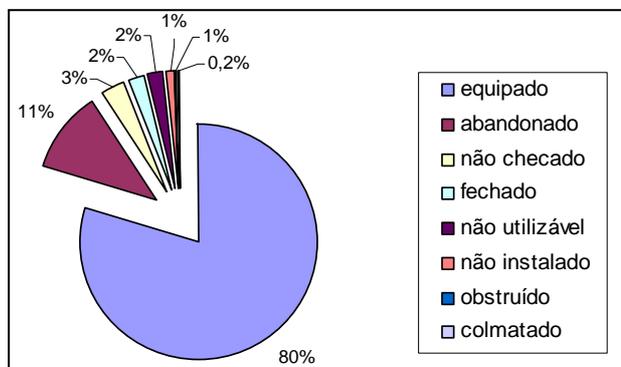
De acordo com os dados cadastrais, as primeiras perfurações de poços na bacia do rio Jundiá datam do início do século XX. O poço mais antigo de que se tem registro foi instalado em 1928 e, a partir daí, o número de perfurações cresce lentamente até o início dos anos 70 (figura 5). Durante a década de 70, as perfurações crescem exponencialmente até 1980 e, em 1981, sofrem uma queda brusca. Ao longo da década de 80, até o final da década de 90, o número de perfurações por ano se mantém baixo e segue-se outro crescimento importante de 1997 até o ano 2000. Considerando-se a existência de muitos poços clandestinos, é possível que, na realidade, o número de perfurações a partir do ano 2000 supere o da década de 70.



**Figura 5-** Número de poços perfurados por ano na bacia do rio Jundiá e áreas adjacentes de acordo com o banco de dados compilado.

Por vários motivos, muitos dos poços perfurados não estão mais ativos atualmente. Normalmente, os poços têm vida útil limitada e pode haver problemas de obstrução da cavidade,

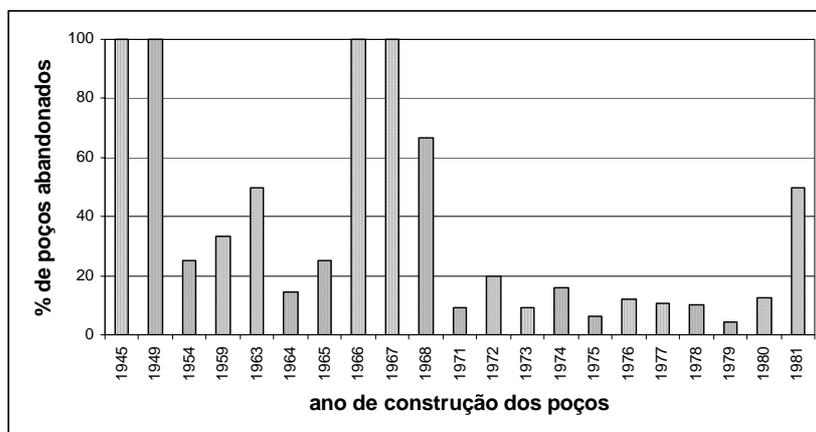
diminuição da produtividade, rebaixamento do nível d'água, dentre outras causas. Análises de campo que datam de 1996 e 2000 mostram a situação em que se encontravam os poços cadastrados na época das visitas: 80% deles estavam equipados, 11% estavam abandonados, 3% não foram visitados e o restante não estavam sendo utilizados ou não haviam sido instalados.



**Figura 6-** Situação dos poços na bacia do rio Jundiá e áreas adjacentes a partir de 1996, de acordo com o banco de dados SIAGAS.

Frente a estes fatos, coloca-se uma questão: os poços abandonados são, necessariamente, os mais antigos ou eles são abandonados por motivos de interferência entre cones de rebaixamento e queda da produtividade? O gráfico da figura 7 mostra que as maiores porcentagens de poços abandonados são aqueles construídos nas décadas de 40, 50, 60 e no ano de 1981, ano seguinte ao forte incremento na perfuração de poços da década de 70.

Com tal variação na exploração ao longo das décadas, surge a possibilidade de se avaliar o comportamento dos níveis d'água e da produtividade dos poços no decorrer do século XX. Este assunto é discutido no próximo item.



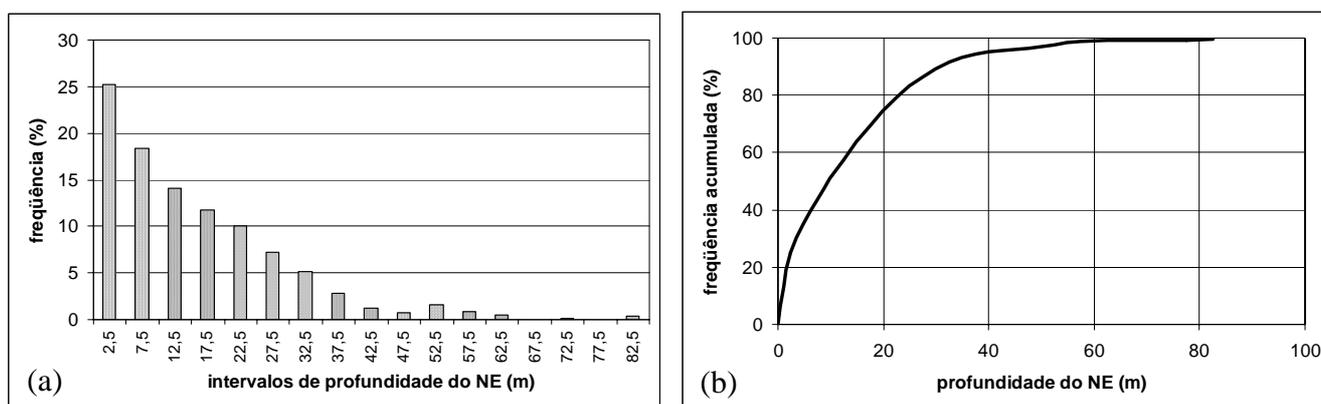
**Figura 7-** Porcentagem de poços abandonados por ano de construção na bacia do rio Jundiá e áreas adjacentes de acordo com o banco de dados compilado.

## VARIAÇÃO TEMPORAL DOS NÍVEIS D'ÁGUA E DA PRODUTIVIDADE DOS POÇOS

A variação temporal dos parâmetros hidrogeológicos foi analisada para três intervalos de tempo definidos a partir da distribuição das datas de construção dos poços (figura 5). São eles: antes de 1970, de 1970 a 1989 e de 1990 a 2002. As medidas de nível estático, nível dinâmico e vazão correspondem ao teste de bombeamento executado logo após a construção do poço. Do total de poços cadastrados, 695 (66,5%) apresentam tais parâmetros e, destes, 539 (51,6%) trazem a data de construção.

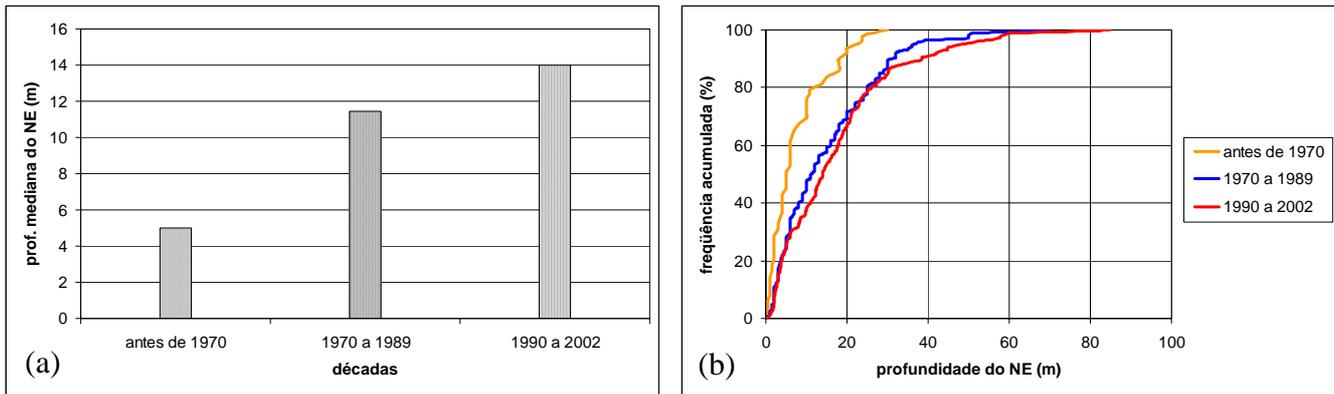
### Nível Estático

No banco de dados compilado, 570 poços possuem tanto a medida do nível estático (NE) quanto a data de construção. O gráfico da figura 8 mostra que a distribuição desta variável é exponencial e, portanto, a mediana é uma medida de tendência central mais representativa do que a média. A profundidade mediana do NE é de 12 metros e o desvio padrão, 13,53 metros.



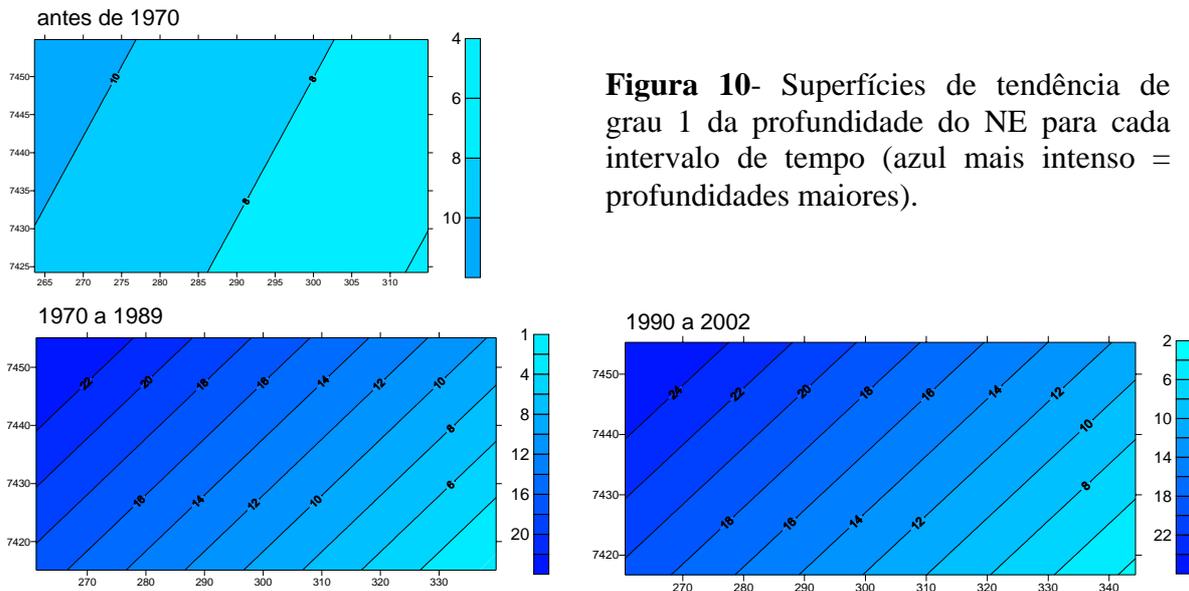
**Figura 8-** (a) Histograma da profundidade do nível estático (NE) e (b) diagrama de frequência acumulada.

As figuras acima incluem todos os poços, independentemente de sua idade. Já o gráfico da figura 9-a mostra a variação da mediana da profundidade do NE nos intervalos de tempo definidos anteriormente. Há uma diferença significativa entre os valores anteriores a 1970 e os valores dos dois períodos seguintes. A mediana da profundidade do NE no período “antes de 1970” é de 5,0 metros, no período “1970-1989” é de 11,5 metros e no período “1990-2002” é de 14,0 metros. Isto é corroborado pelos diagramas de frequência acumulada (figura 9-b), onde se observa uma tendência de aumento da profundidade mediana do NE, bastante acentuada entre o primeiro período e os dois posteriores.



**Figura 9-** (a) Variação da profundidade mediana do NE ao longo dos intervalos de tempo e (b) diagramas de frequência acumulada.

A distribuição irregular de poços dificulta o uso de modelos geoestatísticos mais refinados para analisar a variação espacial dos parâmetros estudados. Mas é possível a comparação entre superfícies de tendência (Landim, 1998) para verificar as diferenças entre as distribuições de dados ao longo do tempo. A figura 10 mostra as superfícies de tendência de grau 1 do NE para cada período.

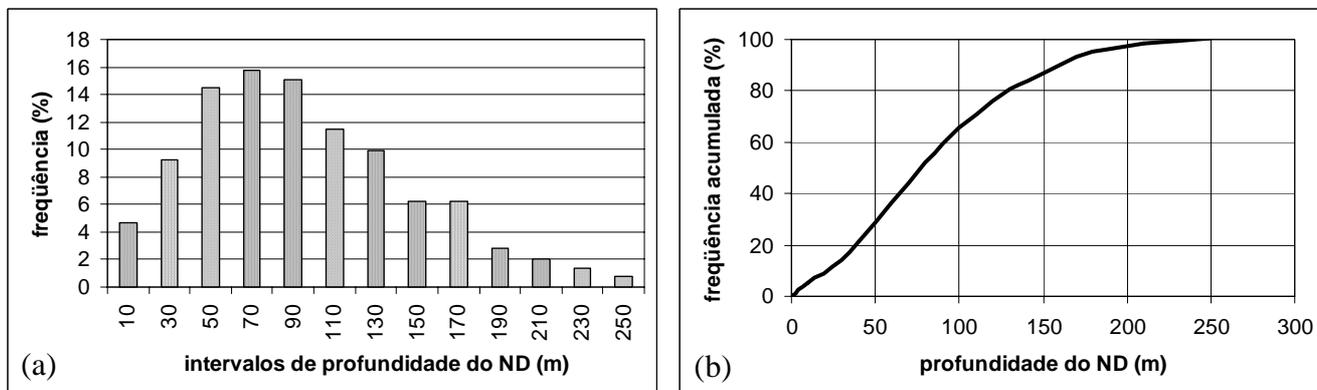


**Figura 10-** Superfícies de tendência de grau 1 da profundidade do NE para cada intervalo de tempo (azul mais intenso = profundidades maiores).

A superfície de tendência do período “antes de 1970” mostra um mergulho bastante suave e variação de apenas 4 a 10 metros de profundidade. No intervalo “1970-1989”, o mergulho da superfície aumenta consideravelmente para NW e a profundidade chega a pouco mais de 22 metros. Esta tendência se acentua no período “1990-2002”, quando a profundidade máxima é maior que 24 metros.

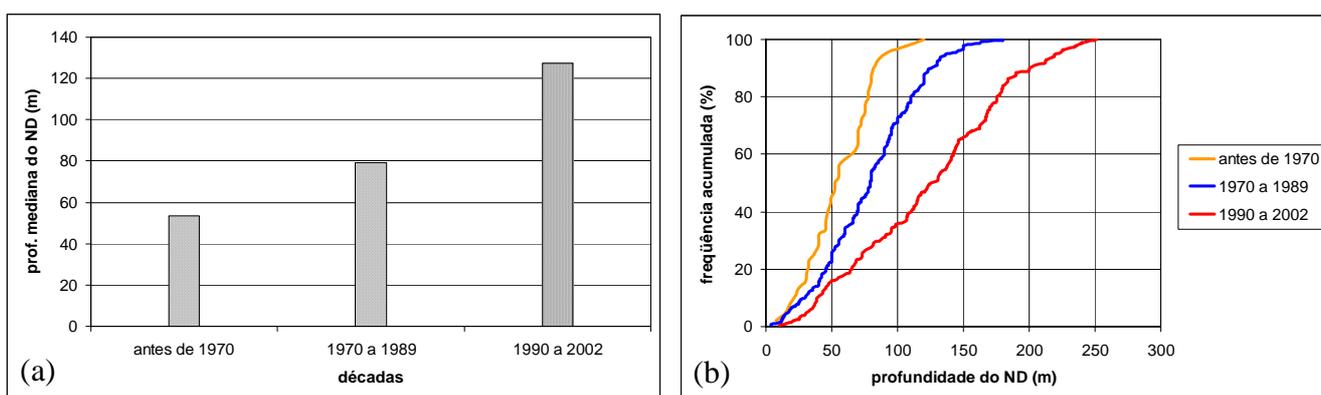
## Nível Dinâmico

O nível dinâmico (ND) foi medido em 532 poços com data de construção. A distribuição dos valores é do tipo log-normal (figura 11), indicando, mais uma vez, a mediana como medida de tendência central mais representativa do que a média. A mediana da profundidade do ND é de 86,44 metros e o desvio padrão, 51,93 metros.



**Figura 11-** (a) Histograma da profundidade do nível dinâmico e (b) diagrama de frequência acumulada.

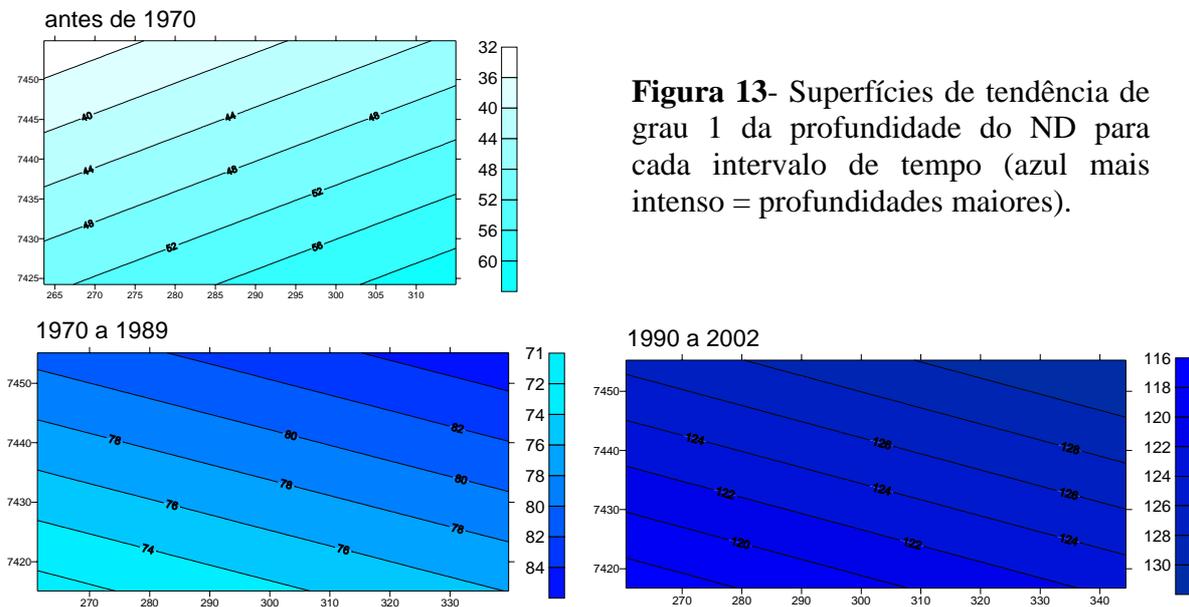
Os gráficos da profundidade mediana do ND ao longo do período estudado (Figura 12) mostram variações bastante acentuadas. A mediana da profundidade varia de 53,5 metros no período “antes de 1970”, para 79,0 metros no período “1970-1989” e chega a 127,3 metros em “1990-2002”.



**Figura 12-** (a) Variação da profundidade mediana do ND e (b) diagramas de frequência acumulada.

As superfícies de tendência de grau 1 do ND são apresentadas na figura 13. Corroborando os resultados anteriores, observa-se uma queda acentuada nos níveis dinâmicos de um período a outro. Porém, o aumento da profundidade do ND é de uma ordem de grandeza muito maior do que o do NE. A superfície de tendência de grau 1 para o período “antes de 1970” varia de 32 a 62 metros; no

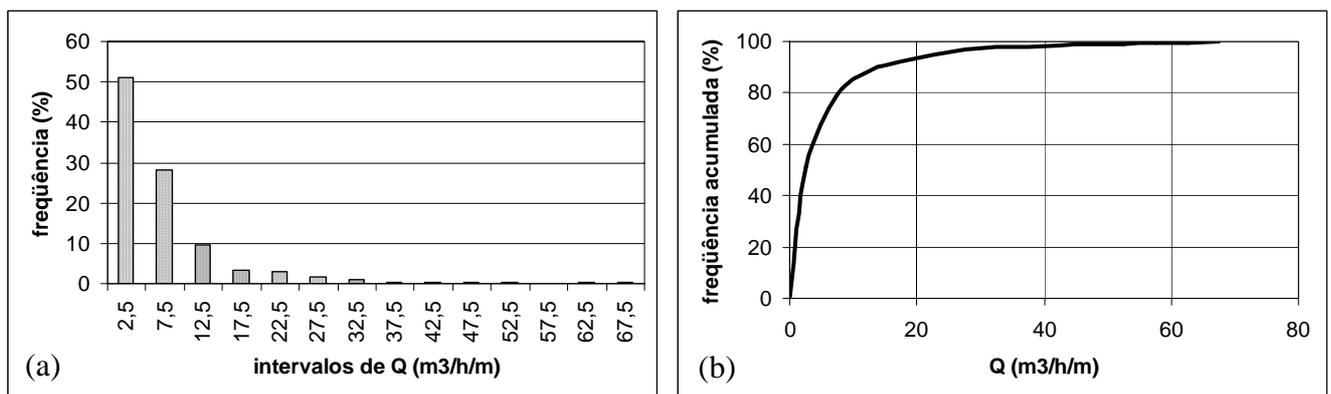
período de “1970-1989” varia de 71 a 86 metros e no período “1990-2002” aumenta drasticamente para 116 a 132 metros de profundidade.



**Figura 13-** Superfícies de tendência de grau 1 da profundidade do ND para cada intervalo de tempo (azul mais intenso = profundidades maiores).

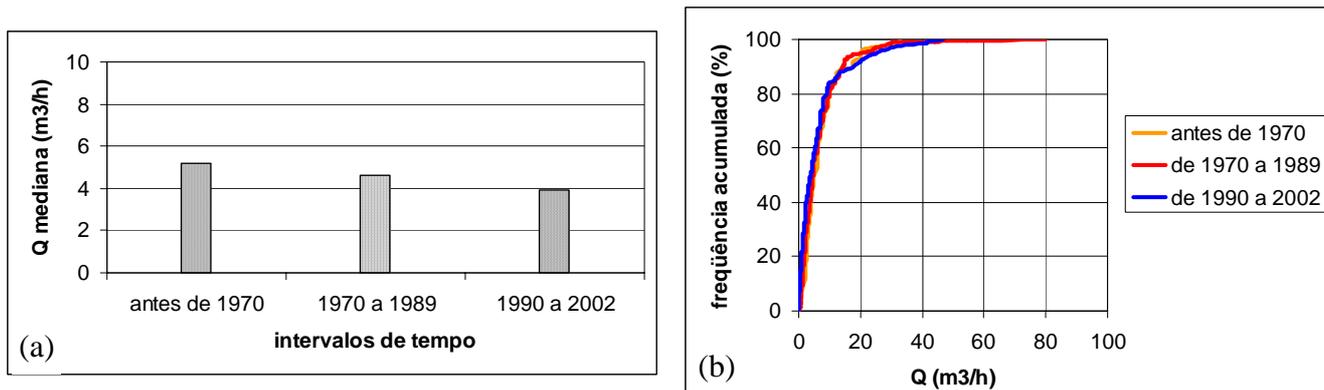
## Vazão

Estão disponíveis 620 medidas da vazão executada nos testes de bombeamento com anotação da data de construção do poço. A distribuição de valores é do tipo exponencial, com mediana de 4,8 m<sup>3</sup>/h e desvio padrão de 9,66 m<sup>3</sup>/h (Figura 14).



**Figura 14-** (a) Histograma de distribuição da vazão e (b) diagrama de frequência acumulada.

Os gráficos da figura 15 mostram que a vazão permanece praticamente constante. Levando-se em consideração o tipo de distribuição de dados, a pequena queda observada no gráfico da figura 15-a não tem significado estatístico. Isto implica que as vazões utilizadas nos testes de bombeamento são da mesma ordem de grandeza ao longo de todo o período estudado.



**Figura 15-** (a) Variação das vazões medianas utilizadas nos testes de bombeamento ao longo dos intervalos de tempo e (b) diagramas de frequência acumulada.

Considera-se desnecessária a aplicação das superfícies de tendência neste caso, já que as diferenças observadas nos gráficos acima são insignificantes do ponto de vista estatístico.

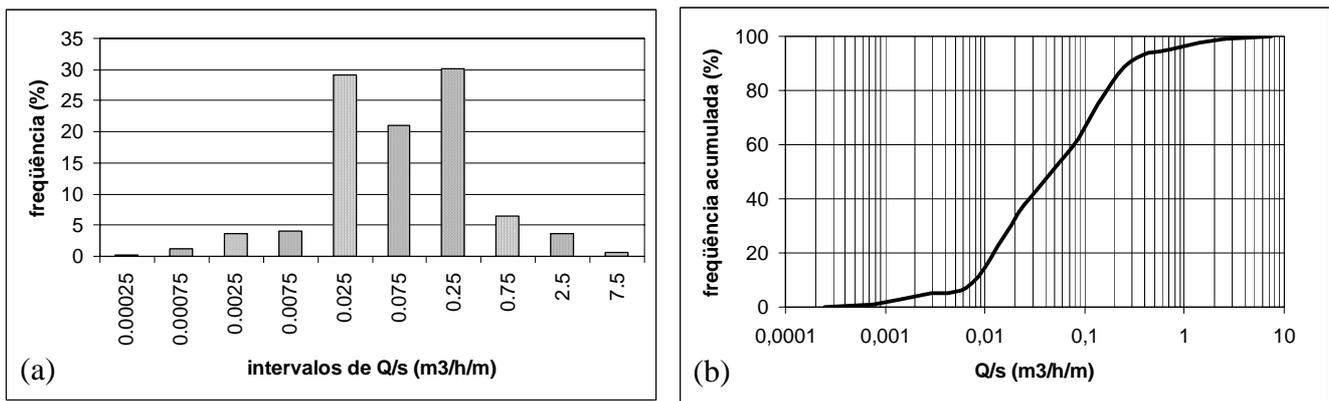
Apesar de estar ligada ao potencial do aquífero, a vazão é uma variável muito influenciada pelas necessidades do usuário, pois a demanda é que dimensiona a bomba utilizada. Muitas vezes, existe um bom potencial de produtividade do aquífero e uma bomba pouco potente, sendo que o inverso também ocorre. Por este motivo, é necessário utilizar o conceito de capacidade específica para avaliar as variações na produtividade.

### Capacidade Específica

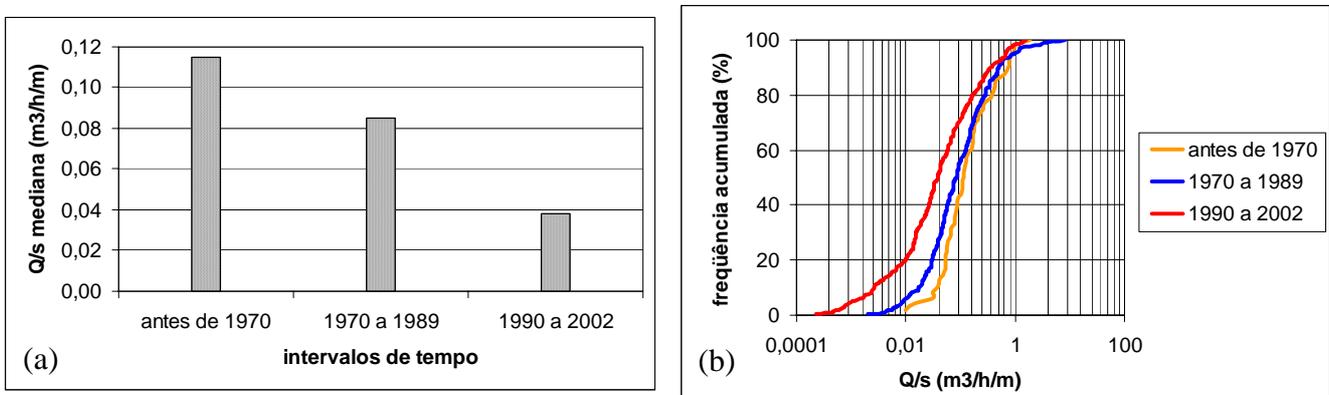
A capacidade específica ( $Q/s$ ) tem sido considerada um parâmetro representativo da produtividade de poços (Bertachini, 1987; Chilton e Foster, 1995; Fernandes, 1997). Ela é definida como a razão entre a vazão extraída de um poço e o rebaixamento provocado no nível d'água.

A distribuição dos valores de capacidade específica de 695 poços cadastrados é do tipo log-normal (Figura 16), a mediana é igual a  $0,07 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  e o desvio padrão é de  $0,64 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ .

Os gráficos de variação da  $Q/s$  ao longo do tempo (Figura 17) mostra uma queda acentuada na produtividade mediana dos poços entre os períodos estudados. A capacidade específica mediana obtida no período “antes de 1970” é de  $0,11 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ , no período “1970-1989” cai para  $0,08 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  e no intervalo “1990-2002” chega a  $0,04 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ . Isto já era de se esperar, uma vez que a capacidade específica é calculada a partir da relação entre a vazão extraída do poço e o rebaixamento provocado. Uma vez que ocorre um pequeno aumento da profundidade mediana do NE e um aumento acentuado na profundidade mediana do ND ao longo de cada período, obviamente a capacidade específica mediana também sofrerá uma queda. Destaca-se que a vazão, como mostrado no item anterior, se mantém praticamente constante.



**Figura 16-** (a) Histograma da capacidade específica dos poços e (b) diagrama de frequência acumulada.



**Figura 17-** (a) Variação da capacidade específica mediana nos três períodos estudados e (b) diagramas de frequência acumulada para os mesmos períodos.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Apesar dos problemas existentes nos bancos de dados, considera-se ainda possível delinear um cenário, mesmo que parcial, da evolução na exploração de água subterrânea na bacia do rio Jundiá e áreas adjacentes, da primeira metade do século XX ao início do século XXI.

A evolução do número de perfurações ao longo do tempo reflete o forte desenvolvimento industrial durante o período conhecido como o “milagre econômico” da década de 70 e, a partir dos anos 90, o crescimento do número de poços pode estar relacionado aos problemas de escassez hídrica.

A existência de 11% de poços abandonados e quase 10% sem uso parece estar associada à vida útil dos poços, uma vez que muitos deles datam da primeira metade do século passado. Porém, há um número considerável de poços abandonados construídos em 1981, o que pode ser consequência da diminuição da produtividade do aquífero pelo aumento da exploração na década de 70.

O uso múltiplo da água, recomendado pela Política Estadual de Recursos Hídricos, é executado em apenas 1% dos poços. Por outro lado, mais da metade deles (57%) destina-se aos usos industrial e doméstico, com predomínio do primeiro. Cabe destacar que a fiscalização do uso da água nas indústrias é perfeitamente factível, tendo em vista as atuais exigências quanto ao Licenciamento Ambiental. É possível, por exemplo, verificar se a quantidade de água requerida no processo produtivo de uma determinada atividade industrial é condizente com o consumo registrado naquele estabelecimento pelo sistema de abastecimento público. A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) tem alcançado bons resultados na fiscalização das indústrias no que diz respeito às atividades poluidoras, mas não há fiscalização quanto à quantidade, muito menos no tocante à água subterrânea.

A falta de fiscalização e o descontrole no gerenciamento dos recursos hídricos tornam-se mais preocupantes quando se analisa a variação temporal dos níveis d'água e da produtividade dos poços ao longo do tempo. Este trabalho mostra que tem ocorrido um aumento considerável da profundidade dos níveis dinâmicos necessários para se conseguir estabilização do nível d'água. Ou seja, com as mesmas grandezas de vazão, o nível dinâmico de estabilização é cada vez mais profundo, indicando uma disponibilidade em queda. Conseqüentemente, a produtividade dos poços, medida em valores de capacidade específica, tem também diminuído ao longo do tempo. A profundidade do nível estático, porém, não sofreu aumento tão acentuado quanto o nível dinâmico. Isto pode significar que ainda existe uma certa capacidade de recuperação dos aquíferos. Mas é necessário lembrar que o estudo foi feito para uma área de abrangência regional (aproximadamente 3500 km<sup>2</sup>). Se for considerada apenas a área urbana de alguns municípios, como Indaiatuba e Jundiaí, que têm grande concentração de poços, possivelmente o nível estático mostraria queda mais acentuada. Destaca-se que este é um cenário otimista, considerando-se a existência de muitos poços clandestinos e o grande número de poços que foram descartados da análise por não apresentarem um cadastro correto ou completo.

De acordo com a Legislação Brasileira, toda perfuração de poço deve ser precedida de uma Licença de Perfuração e sucedida por uma Outorga, que confere o direito de uso de uma determinada quantidade de água. Esta quantidade deve levar em conta a disponibilidade hídrica local, calculada a partir das reservas reguladoras e totais do aquífero e das quantidades exploradas pelos poços existentes. Com base no banco de dados "oficial", ou seja, o SIDAS do DAEE, não é possível obter uma definição segura da situação de exploração em uma área. Essas deficiências, bem como sua sistematização em sistemas de informação e disponibilização ao público, são assuntos que vêm sendo discutidos em várias instâncias na comunidade hidrogeológica, principalmente nos comitês de bacias. Um banco de dados atualizado é fundamental para o

gerenciamento dos recursos hídricos, pois permite realizar diagnósticos para mitigação de problemas em áreas críticas e definir prioridades de ações em planos de bacias.

A iniciativa da CPRM de disponibilizar um banco de dados na Internet (o SIAGAS) é um grande avanço, atendendo antigos anseios da comunidade em relação ao acesso às informações sobre a exploração dos recursos hídricos subterrâneos. Porém, as fontes dos dados do SIAGAS são os bancos de dados dos órgãos gestores de cada estado, estando, portanto, sujeito aos mesmos problemas de consistência de dados.

Dentre os bancos de dados consultados, o mais completo é o da empresa de perfuração. Assim, parece haver algum problema na alimentação do banco de dados oficial, quando muitas informações se perdem ou não são exigidas de fato. No entanto, a única empresa de perfuração que forneceu seu cadastro não pode ser comparada com a maioria das empresas existentes. Sabe-se da existência de muitas empresas clandestinas, sem condições mínimas de funcionamento, sem responsável técnico, sem cadastro de poços e que não se preocupam com a legalização. Recentemente, para tentar minimizar este problema, foi criado o “Selo de Credenciamento”, em parceria entre a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS), o Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA) e o DAEE. Com este selo, as empresas são certificadas quanto às suas condições de atuar tecnicamente e dentro dos preceitos estabelecidos pelas Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Infelizmente, estima-se que menos de 2% das empresas de todo o Brasil tenham se credenciado e que de 80 a 90% das empresas perfuradoras do Estado de São Paulo ainda atuem na clandestinidade (ABAS Informa, 2003a, 2003b).

Cabe ainda salientar a necessidade do gerenciamento integrado entre as águas superficiais e subterrâneas. Em uma bacia onde os índices de qualidade das águas superficiais têm variado de Ruim a Péssimo, a existência de problemas gerados pela exploração indiscriminada dos aquíferos é inaceitável. As águas subterrâneas devem ser consideradas uma reserva estratégica.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à “Jundsondas Poços Artesianos” pelo fornecimento de dados cadastrais. Este trabalho faz parte do projeto de doutoramento financiado pelo CNPq (processo nº 574961/1997-6).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABAS INFORMA. Agora o consumidor já pode separar uma empresa séria daquela que só faz buraco... *Boletim Informativo da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas*, São Paulo, n. 138, p. 12-13, maio, 2003a.
- [2] ABAS INFORMA. Qualidade: poço tubular deve ser encarado como obra de engenharia... *Boletim Informativo da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas*, São Paulo, n. 145, p. 10-11, dezembro, 2003b.
- [3] BERTACHINI, A.C. *Estudo das Características Hidrogeológicas dos Terrenos Cristalinos sob Clima Úmido, na região de Jundiaí, em São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987. 104 p.
- [4] CHILTON, P.J.; FOSTER, S.S.D. Hydrological characterization and water-supply potential of basement aquifers in tropical Africa. *Hydrogeology Journal*, v. 3, n. 1, p.36-49. 1995.
- [5] FERNANDES, A.J. *Tectônica Cenozóica na Porção Média da Bacia do Rio Piracicaba e sua Aplicação à Hidrogeologia*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. 244 p.
- [6] LANDIM, P.M.B. *Análise Estatística de Dados Geológicos*. São Paulo: Edunesp, 1998. 226 p. (Série Ciência e Tecnologia).
- [7] LOPES, M.F.C. *Condições de ocorrência de água subterrânea nas bacias dos rios Piracicaba e Capivari*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas, 1994. 83 p.
- [8] SÃO PAULO (Estado). Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. *Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí: Relatório Zero*. Piracicaba, 2000.1CD.
- [9] SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. *Legislação de Águas Subterrâneas em São Paulo: avanços e desafios*. Mesa Redonda. São Paulo, 2003. 128 p. (Cadernos de Recursos Hídricos, 1).