

“ÁREA DE PROTEÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO TUBARÃO NO MUNICÍPIO DE CAPIVARI (SP)”

Geraldo Hideo Oda¹; Claudia Varnier¹; Sibeles Ezaki¹; Mara Akie Iritani¹

Resumo - O Sistema Aquífero Tubarão é a principal unidade aquífera do Município de Capivari e fornece aproximadamente 60,7% (9.508 m³/dia) do total de água captada para o abastecimento público. Trata-se de um aquífero extremamente heterogêneo, descontínuo, com produtividade variável. Ele vem sendo explorado de forma intensiva, evidenciada pelo rebaixamento da superfície potenciométrica em função do aumento do número de poços na área urbana nas últimas décadas. Este cenário motivou a elaboração de um diagnóstico do potencial hidrogeológico no Município de Capivari, resultando na delimitação e proposição de uma área de proteção de aquífero que subsidiará a formulação de uma legislação municipal para a exploração e proteção da água subterrânea.

Abstract – The Tubarão Aquifer System is the main hydrogeological unity of the Capivari Municipality. Approximately 60.7% (9,508m³/day) of the total water for public supply is drawn from it. This system is assumed to be extremely heterogeneous, discontinuous with variable discharges. It has been intensively used and this can be demonstrated by the potentiometric surface drawdown in the last decades due to the increase of drilling wells in the urban areas. This scenario conducted to the execution of a hydrogeological potential diagnosis at the Capivari Municipality. This study resulted in the delimitation and proposing of aquifer restriction areas, which will subsidize the establishment of municipality laws considering the groundwater exploitation and protection.

Palavras-Chave – Sistema Aquífero Tubarão; potencimetria; área de proteção.

¹ Geólogos do Instituto Geológico – IG/SMA, Av. Miguel Stéfano 3.900, CEP 04301-903, Água Funda, São Paulo SP, Brasil.
Tel. (11) 5073-5511 ramal 2048/2049, FAX (11) 5077-2219, ghoda@igeologico.sp.gov.br; claudia.varnier@igeologico.sp.gov.br;
sibezaki@igeologico.sp.gov.br; mara.iritani@igeologico.sp.gov.br.

1. INTRODUÇÃO

O Sistema Aquífero Tubarão é uma unidade aquífera, em geral, de baixa produtividade, mas no Município de Capivari os poços apresentam vazões acima da média regional. Em função da extrema heterogeneidade deste sistema, as vazões dos poços são também bastante variáveis. Em função destas irregularidades e preocupado com o futuro do abastecimento de água do Município, o **Instituto Geológico (IG/SMA)**, a pedido do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do Município de Capivari SP, realizou uma avaliação hidrogeológica, com o objetivo de subsidiar a elaboração de uma legislação municipal, visando a proteção das águas subterrâneas no local.

Este estudo teve como diretriz, três documentos essenciais, o Decreto Estadual nº 32.955/1991² e a Deliberação CRH nº 52³, que dispõem sobre o estabelecimento de **Áreas de Restrição e Controle** de Aquífero, e a Resolução SES/SERHS/SMA nº 3⁴.

A hidrogeologia do Município de Capivari é razoavelmente conhecida por parte do IG/SMA, que construiu alguns poços públicos, principalmente na porção urbanizada da cidade, e pelo conhecimento dos dados de muitos poços particulares perfurados por empresas privadas.

Tendo em vista as informações contidas no banco de dados de poços do Município e da geologia da área, duas preocupações maiores orientaram este estudo: a primeira corresponde aos rebaixamentos progressivos dos níveis d'água dos poços e a segunda, a queda acentuada de produtividade de alguns deles.

Desta forma, este trabalho trará contribuições junto ao avanço do conhecimento hidrogeológico da região bem como, às ações de proteção e uso racional dos recursos hídricos subterrâneos para as gerações atuais e futuras. Adicionalmente, a efetiva implantação de uma área de proteção deve necessariamente envolver os órgãos gestores estaduais, definindo procedimentos comuns e integrados que permitam o controle das atividades/captações e aplicação das restrições, seja de uso da água como do solo.

2. GEOLOGIA

O Município de Capivari situa-se na porção centro-leste do Estado de São Paulo (Figura 1), distante cerca de 100 km da capital paulista, e o acesso a ele pode ser feito através das rodovias Castelo Branco e do Açúcar.

² Decreto Estadual nº 32.955, de 30/12/1991, que regulamenta a Lei Estadual 6.134, de 02/06/1988 sobre a proteção das águas subterrâneas.

³ Deliberação CRH nº 52 de 15/04/2005, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, que institui no âmbito do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGRH, diretrizes e procedimentos para a definição de áreas de restrição e controle da captação e uso das águas subterrâneas.

⁴ Resolução SES/SERHS/SMA nº 03 de 21/06/2006, da Secretaria de Estado da Saúde; Secretaria Estadual de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento; e Secretaria Estadual do Meio Ambiente, que dispõe sobre procedimentos integrados para controle e vigilância de soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para o consumo humano proveniente de mananciais subterrâneos.

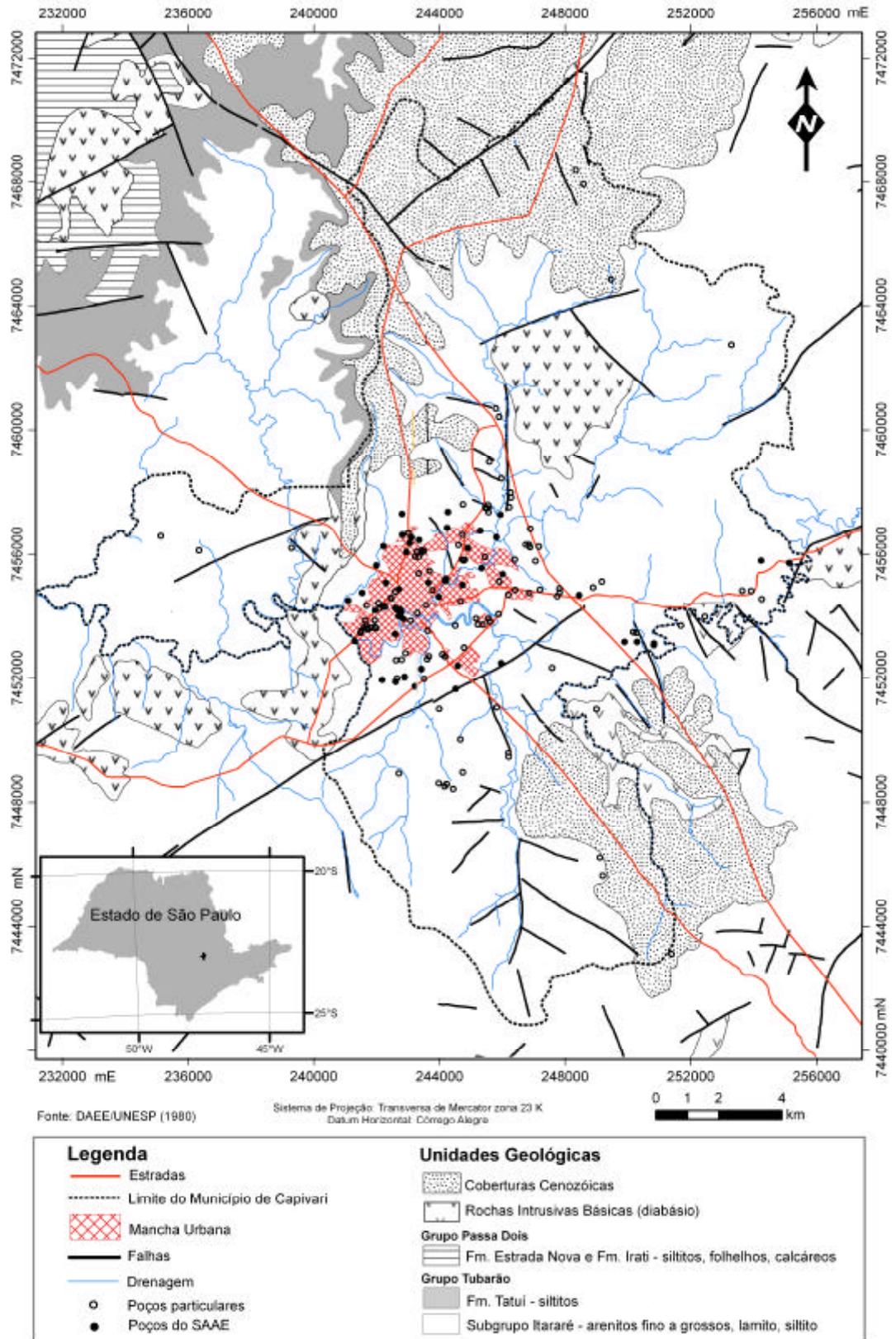


Figura 1. Mapa de Localização do Município de Capivari

No que se refere aos limites territoriais, o Município encontra-se na porção sudoeste da quinta Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (UGRHI-5), Bacia dos rios Piracicaba/Capivari/Jundiaí.

Regionalmente, a área situa-se na Borda Leste da Bacia Sedimentar do Paraná, na Depressão Periférica Paulista, onde afloram os sedimentos dos grupos Tubarão, Passa Dois e São Bento, com ocorrências de rochas intrusivas básicas (sills ou diques) e materiais de cobertura cenozóicos (DAEE/UNESP, 1980; IPT, 1981).

Na região, o Grupo Tubarão (Figura 1) é representado pelos sedimentos da Formação Itararé, que ocorre em quase toda porção da área. Esta formação é composta por uma predominância de arenitos com granulometrias variadas, por vezes arcoseanos e/ou conglomeráticos, diamictitos, siltitos, folhelhos e ritmitos, conforme descrições faciológicas detalhadas por Petri e Pires (1992), Pires e Petri (1993) e Petri et al. (1996) em testemunhos de poços tubulares perfurados na localidade.

Segundo o modelo de sedimentação admitido para a região (Pires e Petri, 1991; Petri, 1992; Pires, 2001), estas litologias foram depositadas por fluxos marinhos de detritos provenientes de um continente emerso, situado a nordeste da área. Estes autores mencionaram que as litologias podem ser correlacionadas considerando o seu posicionamento e admitindo a inexistência de falhas geológicas expressivas.

Sobrejacente à Formação Itararé, encontra-se a Formação Tatuí, que ocorre a noroeste do município. Ela é caracterizada por depósitos marinhos, constituídos predominantemente por siltitos, arenitos finos, calcários e sílex. Na base, esta formação apresenta relações de discordância erosiva com a Formação Itararé, podendo localmente possuir conglomerado basal.

Sobrepostas ao Grupo Tubarão, encontram-se as rochas do Grupo Passa Dois, com ocorrência restrita a noroeste da área. Este grupo é representado pelas formações Estrada Nova e Irati, compostas predominantemente por sedimentos finos.

Rochas ígneas intrusivas básicas, representadas por corpos de diabásio, surgem de forma irregular nas porções oeste e no centro norte de Capivari, enquanto as coberturas cenozóicas indiferenciadas aparecem nas porções norte e sul da cidade.

3. HIDROGEOLOGIA

No local estudado ocorrem dois sistemas aquíferos: Tubarão e Diabásio. Ambos sistemas são heterogêneos, descontínuos e anisotrópicos. Dentre os trabalhos técnicos sobre hidrogeologia da

área podem ser citados os seguintes: DAEE (1981), Stevaux et al. (1987), Oda et al. (1993), Vidal (2002), Rocha et al. (2005), Oda et al. (2005), Varnier et al. (2005) e Vidal et al. (2005).

O Sistema Aquífero Tubarão é granular, de porosidade primária, apresenta condições de semi-confinamento a livre. A circulação e o armazenamento de água estão associados tanto aos poros existentes nas rochas como nas descontinuidades estruturais (juntas, fraturas ou falhas).

De acordo com DAEE (1981), este sistema aquífero apresenta valores de capacidade específica (Q/s) entre 0,002 a 7,5 m³/h/m, com mediana de 0,1 m³/h/m, para 272 poços do Sistema Aquífero Tubarão, locados a norte do Rio Tietê (Região Administrativa 5 – Campinas). Nesta mesma região, segundo 32 ensaios de bombeamento, efetuados por técnicos do IG/SMA, foram obtidos valores de transmissividade (T) entre 0,3 e 40 m²/dia e duas classes para os valores de condutividade hidráulica (K): 0,002 a 0,024 m/dia e 0,055 a 0,7 m/dia.

No Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000 (Rocha et al., 2005), para 765 poços selecionados em toda a faixa aflorante do Sistema Aquífero Tubarão, foram calculados os valores medianos dos seguintes parâmetros: Q/s equivalente a 0,11 m³/h/m, nível estático (NE) de 18 m, profundidade dos poços igual a 152 m e espessura saturada de 134 m.

Já o Sistema Aquífero Diabásio, de ocorrência irregular na área, a porosidade é secundária, isto é, a água circula pelas fraturas e fissuras abertas formadas após a consolidação da rocha, que geralmente fornece pouca água. No Município de Capivari a grande maioria dos poços não explora água deste aquífero, o que inviabiliza a avaliação de suas características hidráulicas no local.

4. MÉTODOS

Para a definição da área de proteção do aquífero foi necessário definir o contexto hidrogeológico local. Dessa maneira, realizaram-se as seguintes etapas de trabalho: levantamento de dados dos poços, tratamento e interpretação das informações hidrogeológicas e definição das estratégias de proteção.

O levantamento de dados compreendeu duas atividades principais: pesquisa bibliográfica e atualização do cadastro dos poços tubulares do Município. A coleta de informações dos poços iniciou-se através da consulta aos bancos de dados do IG/SMA, do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e das empresas de perfuração que mais atuaram na área de estudo.

Para a locação dos poços, foram utilizadas folhas topográficas, na escala 1:10.000, da Secretaria de Economia e Planejamento do Estado de São Paulo (1977 e 1979), além do aparelho GPS (Global Positioning System) para a tomada de dados de coordenadas geográficas dos pontos visitados.

A partir do número total de poços, foram utilizados métodos estatísticos clássicos (máximo, mínimo, média, mediana e desvio padrão) para o tratamento dos parâmetros hidrogeológicos visando caracterizar o Sistema Aquífero Tubarão na área. A partir destas informações, foi possível calcular também outras variáveis tais como: rebaixamento (s), capacidade específica (Q/s), espessura saturada do aquífero (b), altitude do nível d'água, transmissividade (T) e condutividade hidráulica (K).

No cálculo de T e K foram utilizadas planilhas de 34 testes de bombeamento, quase todos conduzidos por técnicos do IG/SMA. A grande maioria deles ocorreu a um tempo de bombeamento de 24 horas, mantendo-se a vazão constante sempre que possível. As medidas de rebaixamento e recuperação *versus* tempo foram efetuadas no próprio poço.

As interpretações dos testes de bombeamento foram feitas através do programa *AQUIFER TEST* versão 2.52 (*Waterloo Hydrogeologic Inc.*). Adotou-se um valor de 0,10 m para representar a distância (r) entre os poços de bombeamento e de observação. Por não haver dados de poços de observação, não foi possível avaliar o coeficiente de armazenamento do aquífero, bem como a velocidade da água subterrânea.

Com o intuito de avaliar a distribuição espacial dos parâmetros hidráulicos do Sistema Aquífero Tubarão, e correlacioná-los ao contexto hidrogeológico local, foram elaborados mapas de isovalores utilizando-se o programa *SURFER* versão 8,0. Os métodos de interpolação selecionados foram a krigagem e o inverso do quadrado da distância, considerando raios de busca de 2.000 a 5.000 m. Os mapas de isovalores confeccionados foram: transmissividade, condutividade hidráulica, capacidade específica, vazão e altitude do nível estático.

Os mapas de isovalores foram traçados apenas para a porção central do Município, onde se concentram os poços existentes. No restante da área não foi possível estudar o comportamento do aquífero devido à escassez de dados.

Por fim, a delimitação da área de proteção foi realizada com base na análise integrada dos dados, isto é, através da sobreposição dos mapas de localização dos poços, potenciométricos, capacidade específica, vazão, transmissividade, condutividade hidráulica, mapa geológico, e de distribuição da ocupação urbana. Os limites desta área foram ajustados às feições fisiográficas do terreno, como: drenagens, divisores de água e acessos (estradas e ruas).

5. RESULTADOS OBTIDOS

5.1. Características Gerais dos Poços

Foram cadastrados 177 poços tubulares, dos quais 49 pertencem ao SAAE e o restante (128) ao usuário privado. Apesar de iniciada na década de 50, o número de poços começa a aumentar a

partir do início da década de 70, atingindo um máximo no período de 1990 a 1994 quando foram perfurados 43 poços (cerca de 25% do total de poços cadastrados).

Na análise da profundidade dos poços, os mesmos foram divididos em sete intervalos de profundidade. Com exceção do intervalo de profundidade de 251 a 300 m, onde ocorre a maior quantidade de poços, o número deles por intervalo, de maneira geral, decai com o aumento da profundidade dos mesmos. Muitos poços situam-se entre 101 a 150 m e poucos no de 351 a 400 m.

5.2. Potenciometria e Fluxo da Água Subterrânea

A superfície potenciométrica do Sistema Aquífero Tubarão em Capivari foi inicialmente estudada por Oda et al. (1993). Na ocasião, os autores indicaram que os fluxos das águas subterrâneas, na região mais urbanizada de Capivari e arredores, seguiam para uma grande depressão alongada com direção NNE-SSW. Tal comportamento era ocasionado pela concentração de poços no local, provocando um decréscimo progressivo da superfície potenciométrica ao longo do tempo.

Este fato foi reavaliado através de um número maior de poços na mesma região. Para ilustrar este cenário, foram confeccionados três mapas potenciométricos considerando três épocas diferentes, isto é, para os poços construídos até 1984 (Figura 2a); de 1985 a 1994 (Figura 2b); e de 1995 a 2006 (Figura 2c). Os mapas indicaram uma queda geral dos níveis estáticos em diversas áreas do aquífero. Isto levou à redução da produtividade dos poços, acarretando no aprofundamento ou no abandono dos mesmos. Conseqüentemente, novos poços, mais profundos, foram perfurados para suprir as demandas sempre crescentes.

Na Figura 2a observa-se apenas uma pequena área rebaixada (R1), de pequena importância e pouco preocupante. Na Figura 2b já ocorrem duas áreas (R2 e R3) alinhadas na direção NE-SW, certamente resultantes de bombeamentos excessivos dos poços. Finalmente, na Figura 2c observa-se que a área rebaixada (R4) se expande, aprofundando ainda mais a superfície potenciométrica do local. Nesta porção, os níveis estáticos dos poços são bastante profundos, abaixo da altitude 450 m. Analisando também a Figura 1, observa-se que justamente na área rebaixada há uma grande densidade de poços.

5.3. Transmissividade e Condutividade Hidráulica

Os valores de transmissividade e condutividade hidráulica foram obtidos através 34 testes de bombeamento considerando a etapa de rebaixamento (ou bombeamento). A distribuição espacial destes parâmetros pode ser observada nas Figuras 3a e 3b.

Supõe-se aqui, que o aquífero possui um comportamento livre a localmente confinado, apesar dos tempos de bombeamento dos testes não serem suficientes para a confirmação destas características.

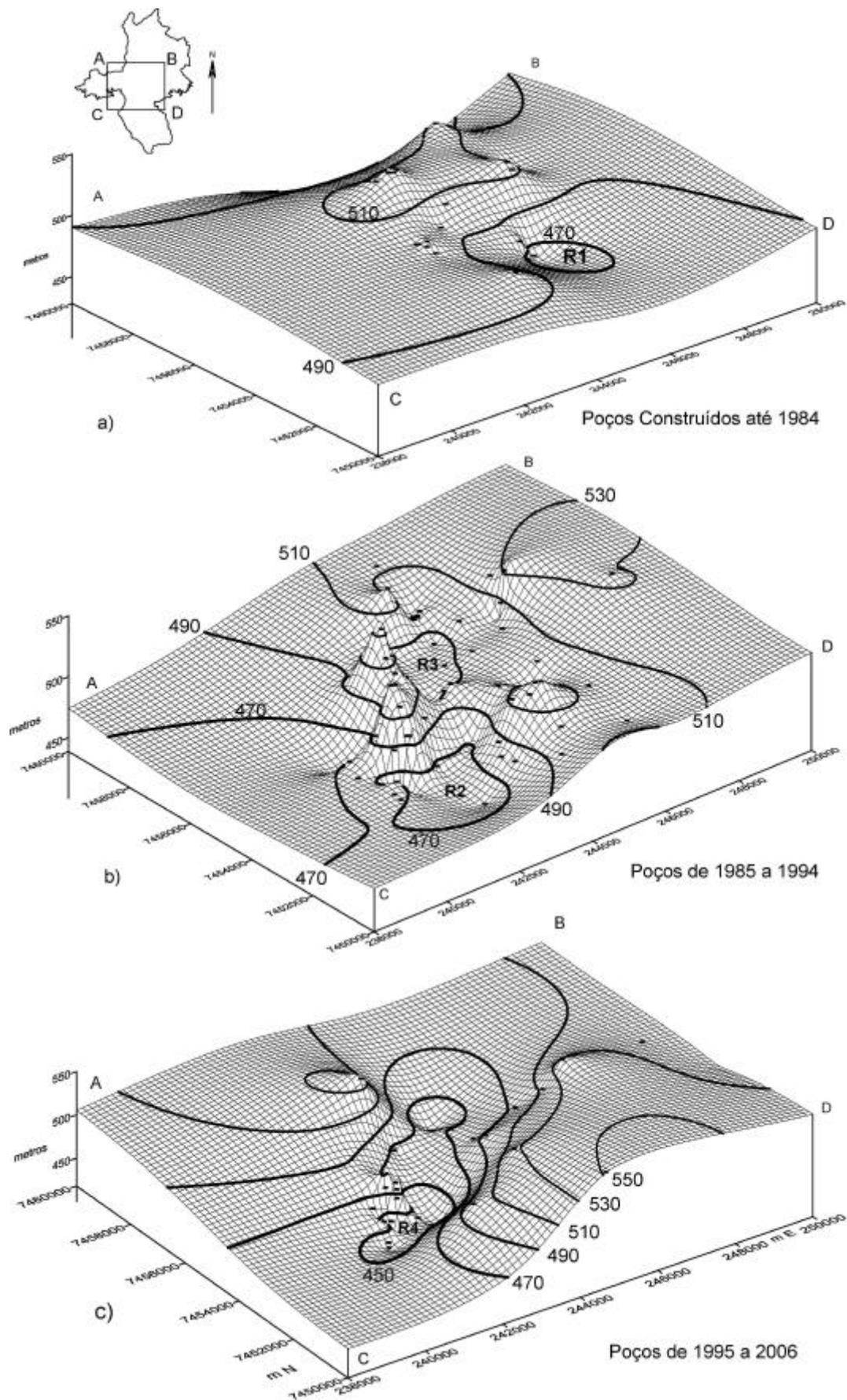


Figura 2. Evolução da Superfície Potenciométrica em Capivari

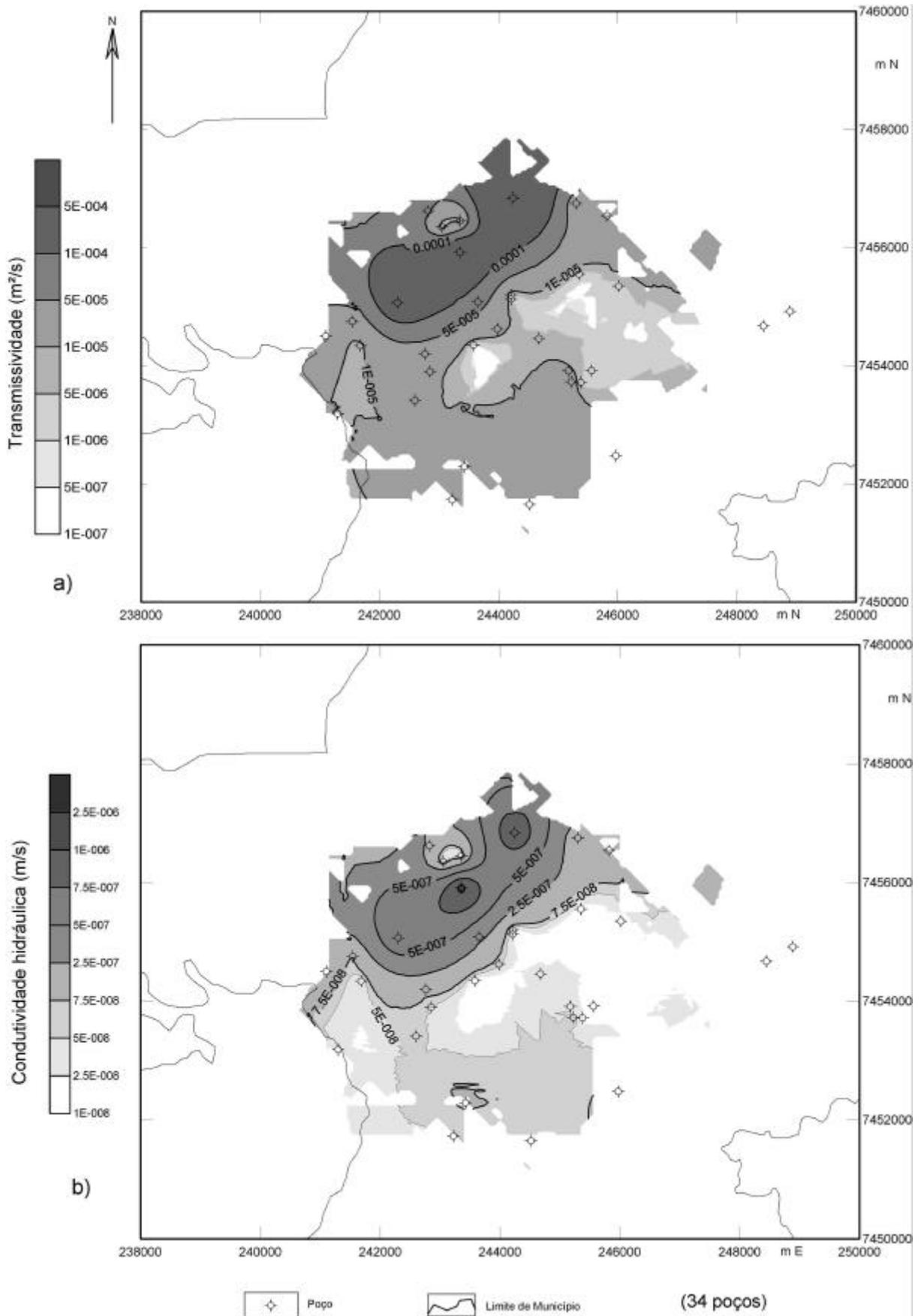


Figura 3. Mapas de Isotransmissividade e Isocondutividade Hidráulica

A transmissividade (T) variou de $8,8 \times 10^{-7}$ a $2,6 \times 10^{-4}$ m²/s com média de $3,3 \times 10^{-5}$ m²/s. A condutividade hidráulica (K) apresentou valores de $1,1 \times 10^{-8}$ a $1,1 \times 10^{-6}$ m/s com média de $1,5 \times 10^{-7}$ m/s, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros Hidráulicos do Sistema Aquífero Tubarão em Capivari

Duração do teste (min)*	130	2880	1354	458
T (m ² /s)*	$8,8 \times 10^{-7}$	$2,6 \times 10^{-4}$	$3,3 \times 10^{-5}$	$5,7 \times 10^{-5}$
K (m/s)*	$1,1 \times 10^{-8}$	$1,1 \times 10^{-6}$	$1,5 \times 10^{-7}$	$2,6 \times 10^{-7}$
Nível Estático (m)**	148,00	78,40	45,02	31,52
Nível Dinâmico (m)**	43,00	192,00	109,08	34,40
Rebaixamento (m)*	19,62	124,43	56,39	27,88

* 34 poços; ** 113 poços

5.4. Produtividade dos Poços

Na análise da produtividade do aquífero foram confeccionados mapas de isocapacidade específica (Q/s) considerando três intervalos de profundidades: poços até 150 m (Figura 4a); de 151 a 250 m (Figura 4b); e de 251 a 400 m (Figura 4c).

O primeiro intervalo de profundidade mostra que a porção superior do aquífero é pouco produtiva, pois somente quatro poços apresentaram valores de Q/s superiores a 0,2 m³/h/m. Para poços com profundidades entre 151 e 250 m, nota-se, na porção nordeste, uma pequena área com baixa produtividade, e outra com produtividade baixa a média na porção sudeste da cidade. Para os poços mais profundos (251 a 400 m), foram encontradas três áreas de média a alta produtividade, onde os valores de Q/s são superiores a 0,4 m³/h/m, indicando a melhor produtividade na porção inferior do aquífero a norte e a sul, extrapolando a mancha urbana. Nestes três mapas de produtividade, a porção nordeste de Capivari sempre apresentou baixa produtividade.

Foi também elaborado um mapa de vazão cujos resultados são compatíveis com aqueles obtidos através dos mapas de isocapacidade específica.

5.5. Delimitação e Descrição da Área de Proteção

Com base nos mapas potenciométricos, foi possível delimitar as porções mais rebaixadas do nível estático bem como avaliar a evolução do rebaixamento da superfície potenciométrica nos três intervalos de tempo analisados. Estas porções concentram-se na área urbana do município. As porções mais produtivas foram delimitadas com base nos mapas de isovalores de capacidade específica, vazão, transmissividade e condutividade hidráulica. Na identificação e delimitação destas áreas, foram considerados os valores médios e do terceiro quartil destes parâmetros, bem como a conformação das curvas de isovalores dos parâmetros anteriormente citados.

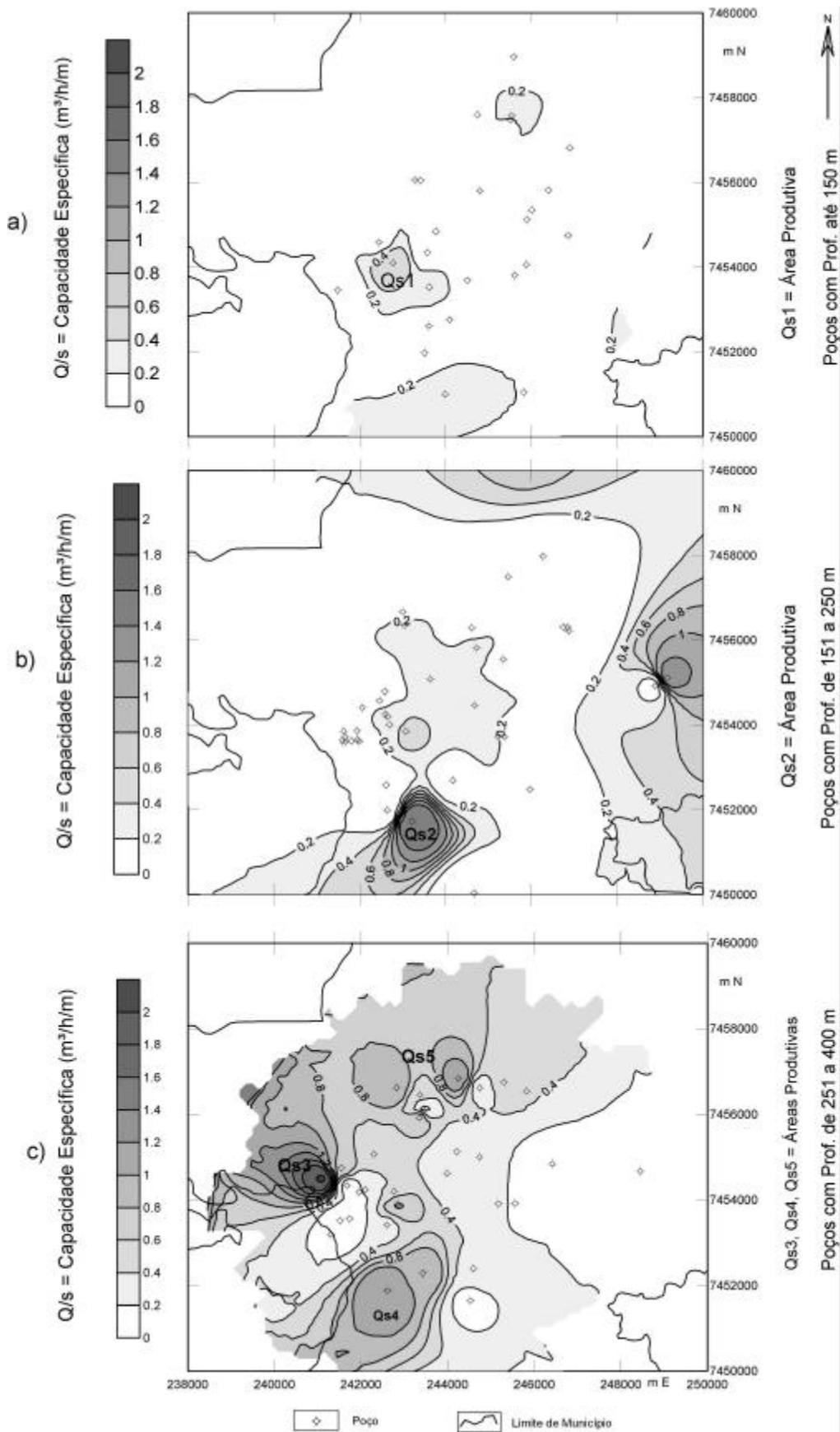


Figura 4. Mapas de Isocapacidade Específica

As regiões e seus limites foram reunidos na Figura 5 para uma análise integrada dos dados e, também, para a delimitação da área de proteção. Considerando as particularidades hidrogeológicas das diversas porções do aquífero, a área de proteção proposta, foi dividida em três zonas descritas e caracterizadas a seguir:

Zona 1 – corresponde a uma faixa que se estende na direção nordeste-sudoeste passando pela porção central da cidade; de adensamento urbano intenso; grande concentração de poços; forte rebaixamento da superfície potenciométrica. Esta zona foi delimitada basicamente em função das áreas de maior rebaixamento das cotas potenciométricas, ocasionando uma somatória dos cones de rebaixamento dos poços em décadas subseqüentes. Estes cones seriam formados pelos bombeamentos intensivos e prolongados dos poços que se concentram na área urbana. Na porção nordeste, as cotas potenciométricas do período 1985-1994 mostravam valores em torno de 490 m, “rebaixando” para 470 m no período seguinte (1995-2006). Na porção centro-sul, as cotas que estão atualmente com valores inferiores a 450 m, no período anterior estavam mais elevadas, em torno de 470 m.

A produtividade potencial é baixa a média, com valores de Q/s, em geral, inferiores a 0,3 m³/h/m e transmissividade predominantemente inferior a 5,0 x 10⁻⁵ m²/s.

Zona 2 – abrange a porção noroeste da cidade e parte da bacia hidrográfica do Córrego Engenho Velho, limitando-se a leste com a Zona 1. Ela foi delimitada em função da sua melhor produtividade potencial a profundidades superiores a 250 m. Os valores de Q/s são superiores a 0,8 m³/h/m e os de T, superiores a 1,0 x 10⁻⁴ m²/s. Seu limite oeste está condicionado à ocorrência de diabásio, que por sua vez, pode estar atuando como uma barreira hidrogeológica, devido à sua baixa permeabilidade. A ocupação urbana avança sobre grande parte desta zona, especialmente na sua porção leste/sudeste. Nesta porção, os poços ainda não estão muito adensados.

Zona 3 – situa-se a sul da Zona 1 estendendo-se até o Ribeirão Palmeiras. É uma área com produtividade potencial significativa e baixo índice de ocupação urbana. Ela foi delimitada considerando as isolinhas de Q/s superiores a 0,5 m³/h/m, para os poços com profundidades superiores a 250 m. Os poços com profundidades entre 150 e 250 m também mostraram altos valores de Q/s superiores a 0,8 m³/h/m, corroborando com a boa produtividade potencial desta região. Esta zona caracteriza-se como área potencial para futura exploração de água subterrânea, destinada ao abastecimento público, em função da baixa densidade populacional e pela existência de poucos poços.

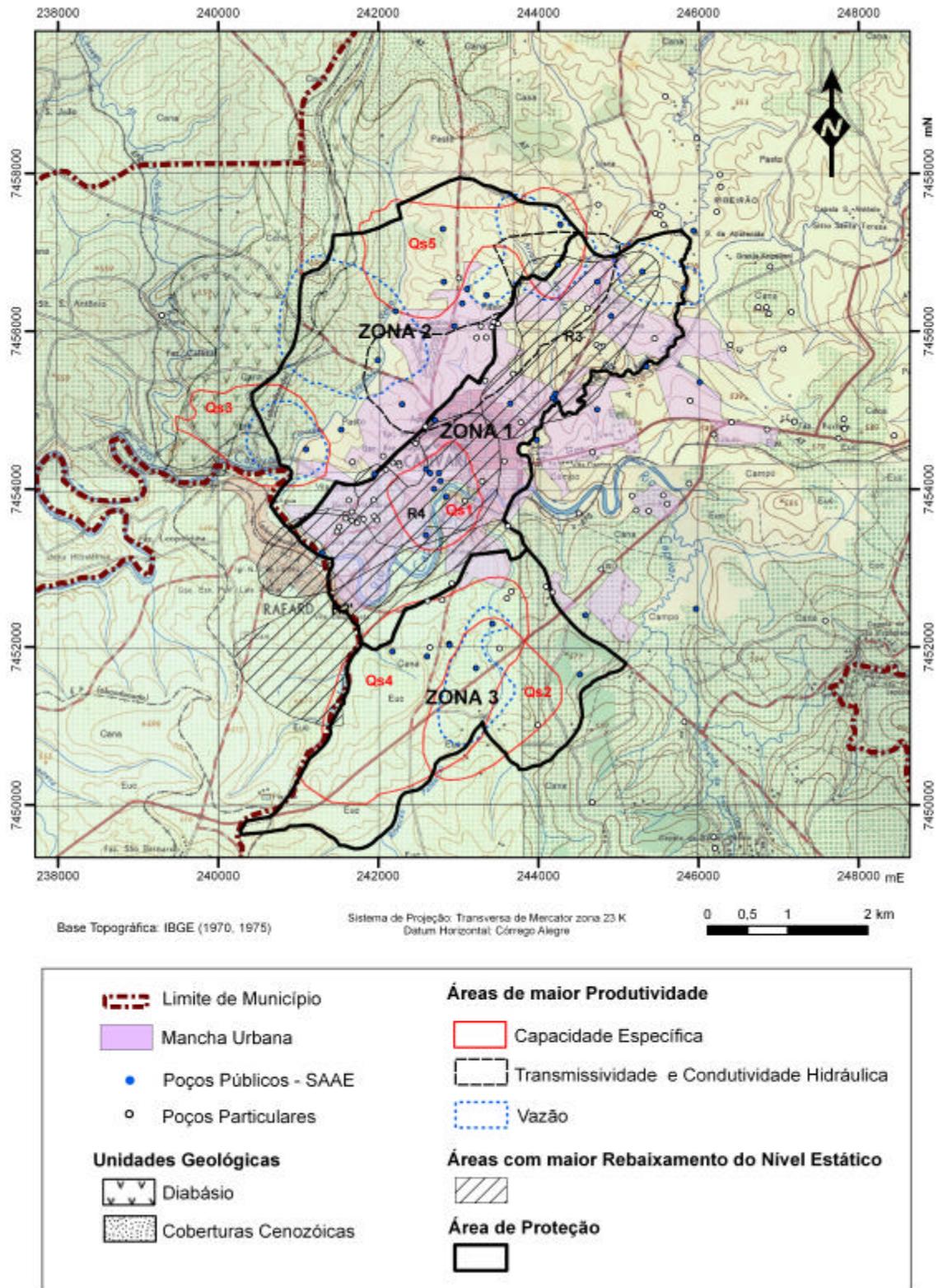


Figura 5. Área de Proteção das Águas Subterrâneas em Capivari

Tendo como base o Decreto Estadual nº 32.955/1991 e Deliberação CRH nº 52/2005, a área de proteção delimitada neste estudo pode ser proposta utilizando a figura legal da Área de Restrição e Controle, que “são aquelas onde existe a necessidade de disciplinar as atividades que possam causar alterações ou efeitos negativos sobre a quantidade ou qualidade das águas subterrâneas”.

A efetiva implantação de uma Área de Proteção deve necessariamente envolver os órgãos gestores estaduais, definindo procedimentos comuns e integrados que permitam o controle das atividades/captações e aplicação das restrições, seja de uso da água como do solo.

Assim, a proposição desta Área de Proteção, utilizando as categorias de Área de Restrição e Controle, estabelecidas na Deliberação CRH nº 52/2005, deve, necessariamente, ser apresentada ao Comitê da Bacia Hidrográfica. Recomenda-se que esta ação seja realizada através da Câmara Técnica de Água Subterrânea, a fim de: realizar maiores discussões com outros órgãos; definir procedimentos integrados para aplicação das restrições; organizar e promover audiências públicas de caráter consultivo com usuários e gestores.

Concomitantemente, em nível municipal, a área de proteção aqui proposta deve ser considerada no Plano Diretor Municipal e também incluída no próximo Plano da Bacia Hidrográfica.

Para acompanhar a evolução do rebaixamento e avaliar a disponibilidade de água no aquífero, é necessário implantar uma rede de poços de monitoramento destinados especificamente à medição do nível d'água. Além disso, é necessário um controle rígido do regime de bombeamento dos poços em funcionamento, de forma a evitar a intensificação do problema de rebaixamento do nível d'água no aquífero.

É importante salientar que o Município elabore um plano de uso da água que contemple a análise de demanda futura e a identificação de áreas a serem reservadas para novos poços, implantando, desde já, medidas de proteção e de controle de captações.

Tendo como base a Deliberação CRH nº 52/2005 e a Resolução SES/SERHS/SMA nº 3/2006, as medidas de proteção propostas para o Município de Capivari estão resumidas na Tabela 2:

Tabela 2. Recomendações Gerais para a Área de Proteção em Capivari

				Fora da Área de Proteção
01- Não é permitido o aprofundamento de poço	X	----	----	----
02- Não é permitida a perfuração de novos poços privados	X	----	----	----
03- Permitida apenas a substituição de poços públicos	X	----	----	----
04- Controle do regime de bombeamento dos poços	X Urgente	X	X	X
05- Redução da taxa de bombeamento dos poços existentes	X	----	----	----
06- Não permitir rebaixamento superior a 30 m nos poços construídos	X	X	X	X
07- Realizar estudo técnico-financeiro para delimitar áreas reservadas para futuros poços de abastecimento público	oooo	X	X	----
08- Manter uma distância mínima de 500 m entre todos os poços (com exceção em campos de poços planejados)	oooo	X	X	X
09- Não permitida a perfuração de poços privados com mais de 120 m de profundidade	oooo	X	X	----
10- Não permitida a perfuração de poços públicos com mais de 300 m de profundidade	oooo	X	X	----
11- Respeitar um raio de 500 m ao redor do poço no caso de instalação de atividade antrópica com alto risco de contaminação do solo e da água subterrânea, respeitando Deliberação CRH nº52/2005	X	X	X	----
12- Planejar e restringir o uso do solo, impedindo a ocupação e exploração desordenada dos locais previstos para futuras instalações de poços destinados ao abastecimento público	oooo	X	X	X

Obs: (oooo) = Não cabe aqui esta ação; (----) = Sem restrição no momento; (X) = Ações recomendadas

Além das ações propostas para a Área de Restrição e Controle, é necessário que o município implemente outras atividades voltadas ao planejamento e gestão dos recursos hídricos dentro de sua competência, tais como:

- reduzir as perdas da rede de distribuição de água;
- promover a diminuição da demanda de água (ex: fornecer descontos na conta de água, proporcionais às taxas de redução de gasto);
- instalar tubos para medição de nível d' água nos poços;
- instalar medidores de vazão em todos os poços destinados ao abastecimento público;
- implementar uma rotina de monitoramento para acompanhar o comportamento da superfície potenciométrica e controlar os rebaixamentos ocasionados pelo bombeamento dos poços;

- elaborar um plano de uso da água subterrânea, identificando demandas atuais e futuras e estudo das alternativas técnicas para supri-las, com identificação de áreas a serem reservadas para novas captações e implantação de medidas de monitoramento e proteção das áreas para uso futuro;
- incentivar a educação ambiental quanto ao reúso da água e à captação de água de chuva.

6. CONCLUSÕES

O Sistema Aquífero Tubarão em Capivari vem sendo explorado de forma intensiva, evidenciado pelo abandono de alguns poços e aprofundamento de outros, na tentativa de obtenção de mais água, substituições das bombas por outras mais potentes e concentrações de poços num mesmo bairro ou localidade.

Os mapas potenciométricos mostram uma intensificação do rebaixamento do nível estático deste sistema aquífero ao longo das últimas décadas. Na porção central da área urbana, o nível d'água está bastante profundo atingindo altitudes abaixo de 470 m. Este rebaixamento se deve ao crescente aumento do número de poços e, também por estarem concentrados na área urbana, necessitando de um controle do regime de bombeamento e de construção de novos poços no Município.

A avaliação do potencial do aquífero (mapas de Q/s, T, K e vazão) mostra que este apresenta produtividade média a alta em profundidade superior a 150 m e, principalmente, nas porções noroeste e sul da área urbana.

Através desta avaliação, foi possível delimitar uma área de proteção para o Sistema Aquífero Tubarão em Capivari. Esta área engloba as porções com maior potencial de água subterrânea, localizadas a noroeste e sul da área urbanizada (Zonas 2 e 3, respectivamente), e a região com maior evidência de rebaixamento, onde as altitudes do nível d'água predominam abaixo de 490 m (Zona 1).

Os dados analisados indicam que a exploração de água na área urbanizada do município está acima da capacidade de recarga do aquífero. Considerando os produtos gerados, observou-se uma situação bastante apreensiva, dada à necessidade de atuação imediata para evitar um colapso no abastecimento de água da cidade, num futuro breve.

Assim, a proposição desta Área de Proteção, utilizando as categorias de Área de Restrição e Controle, estabelecidas na Deliberação CRH nº 52/2005, deve necessariamente ser apresentada ao Comitê da Bacia Hidrográfica. Recomenda-se que esta ação seja realizada através da Câmara Técnica de Água Subterrânea, a fim de: a) realizar maiores discussões com outros órgãos, b) definir procedimentos integrados para aplicação das restrições, c) organizar e promover audiências públicas de caráter consultivo com usuários e gestores.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos aos funcionários do SAAE-Capivari, do Departamento de Água e Energia Elétrica-DAEE e do Instituto Geológico/SMA pelo fornecimento dos dados e serviços prestados à execução deste trabalho.

Estes agradecimentos também são extensivos ao FEHIDRO – Fundo Estadual de Recursos Hídricos (Contrato nº 450/2006), pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE / UNIVERSIDADE ESTADUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – UNESP-Rio Claro. 1980. Mapeamento geológico do Grupo Tubarão, Escala 1:50.000.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. 1981. Estudo de águas subterrâneas, Região Administrativa 5 - Campinas. São Paulo. 2v.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. 1970. Folhas Topográficas 1:50.000 de: Porto Feliz, Capivari e Salto SP.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. 1975. Folha Topográfica 1:50.000 de Americana SP.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. 1981. Mapa geológico do Estado de São Paulo, Escala 1:500.000. São Paulo. 1a ed. 2 v.
- ODA, G.H.; BOTELHO, P.F.; IRITANI, M.A.; BERTOLO, R.A.; DINIZ, H.N. 1993. Contribuição das Águas Subterrâneas para o Abastecimento de Capivari, SP. In: 4º Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, Cuiabá, MT. Anais.... ICHS/UFMT, Curitiba, p. 381-388.
- ODA, G.H.; IRITANI, M.A.; FERREIRA, L.M.R.; SILVA, A.H.; ROCHA, G.A. 2005. Proposta Metodológica para Exploração Racional do Sistema Aquífero Tubarão no Estado de São Paulo. In: ABAS, Encontro Nac. Perfuradores de Poços, 14 / Simp. Hidrog. Sudeste, 2, Ribeirão Preto, CD-ROM, 13 p.
- PETRI, S. & PIRES, F.A. 1992. O Subgrupo Itararé (Permocarbonífero) na Região do Médio Tietê, Estado de São Paulo. Rev. Bras. Geoc., 22(3): 301-310.
- PETRI, S. 1992. Litofácies e significado paleoambiental dos sedimentos Itararé na região Capivari-Rafard. Rev Inst Geol, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 7-30, 1992.
- PETRI, S.; VIEIRA, P. C.; ODA, G. H.; FERNANDES, P. B. 1996. O Subgrupo Itararé, Permocarbonífero da Região do Médio Tietê, Estado de São Paulo, estudos de subsuperfície. Ver. Inst. Geol., São Paulo, v. 17, n. 1/2, p63-78.

- PIRES, F.A. & PETRI, S. 1991. O Subgrupo Itararé na Região Capivari-Rafard. In: Simpósio Regional de Geologia do Sudeste, 2, São Paulo, SP. Atas, SBG, São Paulo, p. 391-396.
- PIRES, F.A. & PETRI, S. 1993. Estratigrafia da Bacia do Paraná. In: 1* Simpósio Cronoestratigráfico da Bacia do Paraná, Rio Claro, 1993. p. 60-61.
- PIRES, F.A. 2001. Análise paleoambiental e estratigráfica do Subgrupo Itararé na Região do Médio Tietê, Estado de São Paulo. UNESP - Rio Claro. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. 117p. (Tese de Doutorado).
- ROCHA, G.A. 2005. (Coordenador) Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo. Escala 1:1.000.000. Nota explicativa. São Paulo. DAEE-Departamento de Águas e Energia Elétrica; IG- Instituto Geológico; IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas; CPRM-Serviço Geológico do Brasil.
- SECRETARIA DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1977 e 1979. Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, Escala 1:10.000. (Folhas que cobrem o Município de Capivari).
- STEVAUX, J.C.; SOUZA FILHO, Edvard Elias de; LANDIN, P.M.B.; TEIXEIRA, J.A. 1987. Sistemas deposicionais do Subgrupo Itararé na bacia hidrográfica do rio Capivari, SP. In: VI Simpósio Regional de Geologia, Rio Claro, SP. Atas, 1987. v. 1. p. 355-374.
- VARNIER, C.L.; ODA, G.H.; IRITANI, M.A.; SILVA, A.H.; SILVEIRA, E.L. 2005. Caracterização Hidrogeológica Preliminar do Sistema Aquífero Tubarão em Rafard e Capivari-SP. In: ABAS, Encontro Nacional de Perfuradores de Poço, 2 / Simp. Hidrog. Sudeste, 2, Ribeirão Preto, CD-ROM, 14 p.
- VIDAL, A.C. (2002). Estudo Hidrogeológico do Aquífero Tubarão na área de afloramento da porção central do Estado de São Paulo. Tese (Doutorado). Rio Claro, IGCE-UNESP.
- VIDAL, A.C.; ROSTIROLLA, S.E.P.; KIANG, C.H. (2005). Análise de favorabilidade para a exploração de água subterrânea na região do Médio Tietê, Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências, 35(4), p. 475-481.