UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DO SUBGRUPO ITARARÉ NO
MÉDIO RIO TIETÊ, MUNICÍPIO DE TIETÊ, SP.

Hélio Nóbile Diniz

Orientador: Prof. Dr. Uriel Duarte

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia

São Paulo

1990

À
Minha esposa
MADALENA ROSA

e aos meus filhos
ISIS ROSA e GABRIEL

ÍNDICE.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	iii
LISTA DE FOTOGRAFIAS.....	v
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE ANEXOS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
AGRADECIMENTOS.....	x
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	1
1.1.Razões para a escolha do Município de Tietê.....	2
1.2.Técnicas de perfuração de poços tubulares profundos.....	2
1.3.Objetivos	5
CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO.....	7
2.1.A área de estudo	7
2.2.Aspectos geográficos e geomorfológicos	7
2.3.Aspectos sócio-econômicos,uso e demanda da água	10
CAPÍTULO 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1.Geologia.....	12
3.1.1.Evolução da definição estratigráfica do Grupo Tubarão.....	13
3.2.Aspectos hidrogeológicos regionais.....	16
CAPÍTULO 4. MÉTODOS	20
4.1.Mapeamento geológico.....	20

4.2.Hidrogeologia.....	21
4.3.Hidroquímica.....	23
CAPÍTULO 5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	25
5.1.Mapeamento geológico.....	25
5.2.Hidrologia.....	37
5.2.1.Excedentes hídricos da região	37
5.2.2.Balanco hídrico	40
5.2.2.1.Balanco hídrico por sub-bacia.....	42
5.3.Hidrogeologia.....	44
5.3.1.Características construtivas dos poços tubulares profundos	50
5.3.2.Ensaio de bombeamento em poços	54
5.3.3.Cálculo dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos.....	56
5.3.4.Hidroquímica	64
5.3.5.Isótopos ambientais nas águas subterrâneas.....	70
CAPÍTULO 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo	08
Figura 2. Mapa de localização do Município de Tietê, SP	09
Figura 3. Distribuição da capacidade específica do Aquífero Tubarão.....	17
Figura 4. Diagrama de Piper do Aquífero Tubarão.....	19
Figura 5. Secção colunar do Poço nº 14 do SAMAE, localizado no Bairro Sete Fogões, em Tietê.....	29
Figura 6. Secção colunar do Poço nº 16 do SAMAE, localizado no Bairro da COHAB, em Tietê.....	31
Figura 7. Secção colunar do Poço nº 9 do SAMAE, localizado junto à ETA.....	35
Figura 8. Secção colunar do Poço nº 51 da Granja São José, localizado no Bairro São José.....	36
Figura 9. Mapa de excedentes hídricos do Estado de São Paulo.....	38
Figura 10. Balanço hídrico por sub-bacia	43
Figura 11. Gráfico das componentes do balanço hídrico da sub-bacia do Rio Tatuí.....	45
Figura 12. Gráfico das componentes do balanço hídrico da sub-bacia do Rio Sarapuí.....	46
Figura 13. Gráfico das componentes do balanço hídrico da sub-bacia do Rio Sorocaba.....	47
Figura 14. Curvas granulométricas do material do envoltório e da formação da Amostra 01 do Poço nº 14 do SAMAE, do Bairro Sete Fogões	52
Figura 15. Curvas granulométricas do material do envoltório e da formação da Amostra 02 do Poço nº 14 do SAMAE, do Bairro Sete Fogões	53

Figura 16. Curvas granulométricas do material do envoltório e da formação da Amostra 03 do Poço nº 14 do SAMAE, do Bairro Sete Fogões	55
Figura 17. Emprego do método da superposição de Hantush para cálculo dos parâmetros hidrodinâmicos do Aquífero Tietê, no local do Poço nº 8 do SAMAE	60
Figura 18. Emprego do método da superposição de Theis para cálculo dos parâmetros hidrodinâmicos do Aquífero Tietê, no Bairro da COHAB	61
Figura 19. Emprego do método da superposição de Theis para cálculo dos parâmetros hidrodinâmicos Aquífero Tietê, no Bairro Sete Fogões	63
Figura 20. Relação entre o resíduo fixo e a condutividade das águas subterrâneas no Médio Rio Tietê, Município de Tietê	65
Figura 21. Distribuição relativa dos ânions principais, nas águas dos poços do Médio Rio Tietê, Município de Tietê	66
Figura 22. Distribuição relativa dos cátions principais, nas águas dos poços do Médio Rio Tietê, Município de Tietê	67
Figura 23. Diagrama de Piper das águas subterrâneas do Médio Rio Tietê, Município de Tietê	68
Figura 24. Classificação das águas subterrâneas do Médio Rio Tietê para o uso em irrigação	71
Figura 25. Relação entre os teores de ^{18}O e deutério nas águas subterrâneas do Médio Rio Tietê, Município de Tietê, SP	73

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1. Sonda Rotativa à Aço Granulado, do Instituto Geológico, operando no Bairro Cancian, em Capivari.....	3
Fotografia 2. Sonda Rotativa à Aço Granulado, da Empresa Parp, operando na Granja São José, em Tietê.....	4
Fotografia 3. Testemunhos de sondagem com diâmetro de 6" obtidos no poço da Granja São José, em Tietê.....	22
Fotografia 4. Afloramento de arenitos da Formação Tietê, na estrada vicinal Sete Fogões-Tietê.....	28

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Características construtivas dos poços tubulares profundos cadastrados no Médio Rio Tietê, Município de Tietê, SP.....	86
TABELA 2. Características de carga hidráulica, produtividade, equipamentos de extração utilizados e perfis geológicos dos poços cadastrados no Médio Rio Tietê, Município de Tietê, SP.....	93
TABELA 3. Análises granulométricas de amostras da Formação Tietê, do Poço nº 14 do SAMAE, localizado no Bairro Sete Fogões.	102
TABELA 4. Testes de vazão em poços.....	106
TABELA 5. Características hidroquímicas das águas subterrâneas nos poços tubulares profundos no Médio Rio Tietê, Município de Tietê,SP.....	114

LISTA DE ANEXOS (contracapa).

ANEXO 1. Mapa de localização dos poços tubulares profundos.

ANEXO 2. Distribuição da composição química das águas subterrâneas.

ANEXO 3. Mapa geológico do Médio Rio Tietê, Município de Tietê, SP.

RESUMO

Os sedimentos da Formação Tietê, do Subgrupo Itararé, do Grupo Tubarão, tem uma primordial importância nos locais onde afloram porque nos mesmos ocorre a captação de água subterrânea para o abastecimento das populações locais. As captações de superfície, nestes locais, atualmente estão em desuso, face à intensa poluição dos mananciais, muitas vezes proveniente de outros municípios situados a montante. Esta poluição é causada pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais nos rios, sem qualquer tratamento, principalmente nas áreas urbanas das cidades ribeirinhas. Em consequência, é grande a procura de água subterrânea, tanto para abastecimento das populações urbanas, quanto para o suprimento da demanda agrícola e industrial.

A variação faciológica dos sedimentos glaciais do Subgrupo Itararé produz uma ampla faixa de vazões nas captações de água subterrânea e, frente às dificuldades para a prospecção da água subterrânea nestes sedimentos, deve-se empregar métodos avançados de pesquisa para avaliação do potencial hídrico subterrâneo e localizar melhor as futuras captações.

O Instituto Geológico, graças a muitos anos de trabalho na área do Município de Tietê e regiões circunvizinhas, acumulou dados que permitem um estudo científico amplo sobre a geologia e hidrogeologia local.

Este trabalho enfoca os aspectos geológicos regionais e locais, possibilitando uma ampla discussão sobre a faciologia dos sedimentos do Subgrupo Itararé na região do Médio Rio Tietê, no Município de Tietê. É dedicada atenção especial aos sedimentos da Formação Tietê, o aquífero local por excelência, e quanto aos aspectos qualitativos e quantitativos das águas subterrâneas.

Neste trabalho foram empregados métodos apropriados de pesquisa para a caracterização hidrogeológica dos sedimentos e para o conhecimento do potencial de uso da água subterrânea. Estes métodos envolveram levantamentos geológicos, geral e de detalhe, estudos e interpretações de dados hidrológicos, interpretação de dados de ensaios de bombeamento em poços tubulares profundos e, estudos hidroquímicos e isotópicos visando caracterizar e definir a origem das águas subterrâneas.

ABSTRACT

The present paper is a contribution to the hydrogeology of Tietê Municipality, State of São Paulo, Brazil. The main subject of this research is the Permocarboniferous Itararé Subgroup of the Tubarão Group, specially the Tietê Formation due to its groundwater potential. Surface water sources, including the most of the rivers, are not fitted for consumption because of the high pollution degree. As a consequence, the search for groundwater became of utmost importance.

The State of São Paulo "Instituto Geológico" supports a Itararé field work program covering the Middle Tiete Valley region for a long time. Extensive boreholes data allowed an evaluation of the local Itararé facies relationships.

The present paper intends to study the Tietê Municipality hydrogeology in order to open an extensive discussion of the Itararé Subgroup facies whit especial reference to the Tietê Formation.

This paper intends to fix the most suitable searching methods to characterize the best hydrogeologic potential of these sediments, so important to get potable water for the Tietê Municipality.

The field work includes the interpretation of pumping data from deep wells and characterization of isotopic and chemical attributes of the groundwater in order to improve our knowledge of its origin and chemical composition including the salt contents.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho somente foi possível com a colaboração de diversos órgãos públicos do Estado de São Paulo e de seus pesquisadores.

Agradeço, em especial, ao CNPq e CAPES, pelo auxílio financeiro prestado.

Agradeço aos colegas pesquisadores e restante do pessoal do Instituto Geológico, da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, ao apoio e incentivo recebido, em especial do pesquisador Pedro Fernandes Botelho, chefe da Seção de Sondagens, e Geraldo Hideo Hoda, chefe da Seção de Hidrogeologia, pela ajuda oferecida na coleta de dados e acesso aos documentos existentes no acervo do Instituto. Ao Dr. Sérgio Mezzalana e Prof. Dr. Setembrino Petri, pelos perfis geológicos gentilmente cedidos e pelas profícuas discussões sobre o assunto. Aqui também cabe o agradecimento ao trabalho importantíssimo, embora muitas vezes anônimo, dos sondadores do Instituto Geológico responsáveis pela construção dos poços, entre eles, Santo Duarte Camargo, Jair Vicentim Camargo, Antonio Onofre de Oliveira, Aparecido Magalhães e Domingos Genésio Mathias.

Agradeço aos professores, pesquisadores e colegas de pós-graduação do DGE, do Instituto de Geociências da USP, pelo constante incentivo ao trabalho, em especial ao Prof.Dr.Uriel Duarte pela positiva atuação na orientação deste trabalho.

Agradeço à Eng^a. Regina Ribeiro, do DAEE-Regional de Piracicaba, pela obtenção das análises químicas das águas do Subgrupo Itararé, junto à CETESB de São Paulo e CETESB-Regional de Campinas.

Agradeço ao Prof. Dr. Eiichi Matsui do CENA de Piracicaba pelas análises isotópicas das amostras das águas subterrâneas coletadas na boca dos poços.

CAPÍTULO 1

1.INTRODUÇÃO.

A subdivisão atualmente adotada para o Grupo Tubarão, no Estado de São Paulo, é: Formação Tatuí, Subgrupo Itararé e Formação Aquidauana (ALMEIDA *et al.*1981).

A Formação Tatuí corresponde à fase pós-glacial do Grupo Tubarão, o Subgrupo Itararé corresponde à fase glacial, e a Formação Aquidauana se interdigita com o Subgrupo Itararé na parte nordeste do Estado de São Paulo, vindo a constituir o arcabouço basal dos sedimentos da Bacia do Paraná. Os sedimentos da Formação Aquidauana diferenciam-se dos sedimentos do Subgrupo Itararé por se constituírem, predominantemente, de arenitos avermelhados, de origem glácio-continental, enquanto o Subgrupo Itararé encerra uma ampla faixa de variação faciológica e de ambientes deposicionais, inclusive contendo sedimentos de origem glácio-marinha (ALMEIDA *et al. op.cit.*).

Na secção estratigráfica superior do Subgrupo Itararé ocorre a Formação Tietê, descrita por BARBOSA & ALMEIDA (1949), BARBOSA & GOMES (1958) e redefinida por FÚLFARO *et al.* (1984), correlacionável em idade à Formação Rio Bonito (GORDON, 1947; SCHNEIDER, 1974), definida nos estados do sul do país.

A Formação Tietê, cuja origem é proglacial e glácio-fluvial, possui termos litológicos predominantemente arenosos. Devido às características hidráulicas destes sedimentos, favoráveis ao escoamento e armazenamento subterrâneo, constitui-se em um bom aquífero.

Para o estudo hidrogeológico do Subgrupo Itararé no Médio Rio Tietê, foi escolhida uma área restrita da secção estratigráfica superior do Subgrupo. Nestes sedimentos existe um número razoável de poços tubulares profundos, com informações geológicas e hidrogeológicas adequadas ao objetivo do estudo.

O Município de Tietê, onde se situa a área de estudo, por solicitação oficial do SAMAE-Serviço Municipal de Água e Esgoto, tem sido uma das áreas de pesquisa hidrogeológica do Instituto Geológico há já algumas décadas.

Os trabalhos do Instituto Geológico no Município constaram de:

- a) estudos para fins de locação de poços, onde foram levantados os dados hidrogeológicos nos locais pretendidos para as perfurações;
- b) a realização e o acompanhamento das perfurações para captação de água subterrânea, geralmente executadas com sonda rotativa à aço granulado, com recuperação integral dos testemunhos das sondagens;
- c) a descrição geológica dos testemunhos das sondagens;
- e) a realização de ensaios de bombeamento nos poços para fins de cálculo da vazão de exploração e do correspondente nível dinâmico;
- f) o dimensionamento dos equipamentos para exploração de água dos poços.

1.1. Razões para a escolha do Município de Tietê.

A principal razão para a escolha de uma área no Município de Tietê para este estudo hidrogeológico se deve ao fato de que o Instituto Geológico, da Secretaria Estadual do Meio Ambiente, vem perfurando poços tubulares profundos no Município há já quatro décadas, possuindo dados fidedignos sobre as características geológicas e hidrogeológicas do Subgrupo Itararé, no local.

Desde o começo dos trabalhos, iniciado pelo Instituto Geológico com a perfuração de um poço tubular profundo na Industria Schincariol & Irmãos, na rua Rafael de Campos, em Tietê-SP, que atingiu a profundidade de 170m e que forneceu uma vazão de 19,8 m³/h durante o teste de bombeamento. Os resultados alcançados foram quase sempre bastante satisfatórios, o que provocou um sucessivo aumento no número de captações, construídas tanto para suprir o abastecimento público como para atender a demanda das indústrias e atividades agro-pastoris dos produtores particulares.

Em sua grande maioria, senão na totalidade, os poços captam água nos sedimentos do Subgrupo Itararé, do Grupo Tubarão, cuja complexa associação litológica proporciona uma grande diversidade na produtividade destes poços, justificando um estudo detalhado visando a melhoria do planejamento das futuras captações.

1.2. Técnicas de perfuração de poços tubulares profundos.

As sondas nacionais rotativas à aço granulado, utilizadas pelo Instituto Geológico para a perfuração de poços tubulares profundos, são de concepção robusta, eficientes em sedimentos consolidados, são bastante simples, apresentando limitações quanto à rapidez do avanço devido ao sistema de transmissões primitivo (por correias) e por prescindir de um sistema hidráulico para a elevação da carga (FOTOGRAFIAS 1 e 2).

FOTOGRAFIA 1. Sonda Rotativa a Aço Granulado, do Instituto Geológico, operando no Bairro Cancian, em Capivari.

FOTOGRAFIA 2. Sonda Rotativa a Aço Granulado, da Empresa Parp, operando na Granja São José, em Tietê.

As condições de diagênese da sequência sedimentar do Subgrupo Itararé, em geral, permitiram uma consolidação muito boa aos sedimentos. Assim, de uma forma geral, os poços construídos somente são revestidos em sua porção superior, onde se encontram alterados pela ação do intemperismo. Os testes de vazão realizados nestes poços refletem um comportamento médio das camadas atravessadas e de suas características hidráulicas, as quais não são afetadas por intervalos revestidos com filtros e com tubos lisos que podem mascarar o seu comportamento hidrodinâmico devido à impermeabilização dos intervalos aquíferos ou à perda de carga nos filtros.

Em alguns casos, porém, as sondagens atravessam materiais friáveis que exigem o uso de tubos lisos e tubos de filtro para a sustentação das paredes dos poços. Isto ocorre, mais comumente, quando as sondagens atravessam estratos de folhelhos argilosos que podem ser dissolvidos pela intensa circulação da água subterrânea nos poços bombeados, ou quando atingem zonas de falhas, ou ainda, quando as camadas aquíferas são pouco profundas e os sedimentos se apresentam alterados pela ação do intemperismo.

Nos casos em que se utilizam tubos lisos e tubos de filtros, a colocação destes deve obedecer a algumas regras práticas, que são essenciais para o perfeito aproveitamento da água do poço e que serão discutidas adiante. Tais procedimentos evitam que o material da formação penetre na câmara de bombeamento do poço, com consequências danosas ao equipamento de extração e à qualidade da água.

1.3. Objetivos.

- O mapeamento geológico detalhado do Grupo Tubarão, intrusivas básicas associadas e sedimentos cenozóicos, na área do Médio Rio Tietê, Município de Tietê.

- A caracterização da Formação Tietê, tendo em vista que esta é a principal unidade hidrogeológica da área de estudo, sob o aspecto da produtividade.

- O balanço hídrico da área de estudo e de suas circunvizinhanças, tendo em vista que a recarga dos aquíferos está relacionada com os totais precipitados, fazendo, portanto, parte do ciclo hidrológico.

- A caracterização dos parâmetros hidrodinâmicos da Formação Tietê e a sua comparação com os da Formação Capivari, no intuito de explicar as diferenças de vazões encontradas em Tietê e nas circunvizinhanças do Município.

- A caracterização hidroquímica das águas subterrâneas na área do estudo e as relações isotópicas ^{18}O e ^2H encontradas.
- O levantamento do potencial de água subterrânea renovável anualmente, na área de estudo, no Município de Tietê, para fins de planejamento futuro das captações.

CAPÍTULO 2

2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO.

2.1. A área de estudo.

A área de estudo objeto do presente trabalho compreende o Médio Rio Tietê, no Município de Tietê, SP.

A área de estudo (FIGURA 1) possui aproximadamente 250 km² e está situada na 4ª Região Administrativa do Estado de São Paulo. Compreende parte das folhas topográficas, na escala 1:50.000, de Ibitiruna (IBGE, 1970a), Capivari (IBGE, 1970b), Laranjal Paulista (IBGE, 1970c) e Porto Feliz (IBGE, 1984).

A área de afloramento dos sedimentos do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo, onde se localiza o Município de Tietê, compreende uma faixa de 20.000 km² (DAEE, 1972) margeando toda a borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná (FIGURA 2).

A exploração da água subterrânea nos sedimentos do Subgrupo Itararé vem sendo realizada, no Município de Tietê, nos locais de maior demanda. As primeiras captações, das quais o Instituto Geológico foi o precursor, tiveram início na década de 50. O grande incremento anual no número de captações existentes é decorrente da intensa poluição verificada nos mananciais de superfície e que, por esta razão, já não atendem as necessidades de abastecimento, tanto das populações da zona urbana como as da zona rural.

O número de poços tubulares profundos na área é grande, acima de 130, o que dá uma média de 1 poço para cada 2km² de área. Apesar da quantidade de poços, um estudo regional mais detalhado, que pudesse avaliar as reservas subterrâneas, a qualidade das águas e a explotabilidade dos aquíferos, ainda não havia sido realizado.

2.2. Aspectos geográficos e geomorfológicos.

A área de estudo se situa na Província Geomorfológica da Depressão Periférica, na Zona do Médio Tietê (IPT, 1981a), entre os paralelos 23° 00' e 23° 15'S e os meridianos 47°30' e 47°45'W.

Segundo ALMEIDA (1964), a Zona do Médio Tietê compreende a área da Depressão Periférica drenada para o rio Tietê, segundo os divisores d'água da bacia do rio Tietê, com relação aos rios Mogi-Guaçu e Paranapanema.

SINAIS CONVENCIONAIS:

--- LIMITE DA ÁREA DE ESTUDO

ESCALA 1:250.000

FIGURA 1. Mapa de localização da área de estudo.

FIGURA 2. Mapa de localização do Município de Tietê (modificado de SAAD,1977).

PONÇANO et al. (1981) descrevem relevos de morrotes alongados e espigões na área de estudo, sem orientação preferencial, declividade menor que 15°, topos angulosos e achatados, vertentes ravinadas e com perfis retilíneos, drenagem de média densidade, com padrão dendrítico, e vales fechados.

ALMEIDA (1964) descreve na Zona do Médio Tietê relevos cuestiformes os quais relaciona à sucessão de camadas em que litologias pouco resistentes à erosão se alternam com outras, mais resistentes, imprimindo à zona feições distintas de relevos assimétricos e típicas cuestras.

ALMEIDA (op.cit.) comenta que as camadas mais resistentes são as de tilitos, pelo que freqüentemente sustentam os altos topográficos.

Infere-se, a partir da observação direta das fotos aéreas que, na área de estudo, nos locais de afloramento da Formação Tietê, do Subgrupo Itararé, a drenagem é de média densidade, com padrão subretangular, os morrotes são na forma de tabuleiro e com pouca declividade, os vales são abertos e os seus perfis retilíneos. Já, nos locais de afloramento da Formação Capivari, do Subgrupo Itararé, a drenagem é de média a alta densidade, o padrão é dendrítico, os morrotes são alongados e com grande declividade, os vales são fechados e os seus perfis retilíneos.

O padrão morfológico, com nítido contraste entre a Formação Tietê, onde predominam facies arenosas, e a Formação Capivari, onde predominam facies lamíticas, é um guia seguro na fotointerpretação para definir os limites entre as duas formações, na secção superior do Subgrupo Itararé, na região do Médio Rio Tietê.

O clima na região é classificado, segundo Köppen, em Cwa, mesotérmico, com inverno seco e verão quente. A pluviosidade anual oscila entre 1.100 e 1.300mm. A temperatura média se situa entre 20 e 21°C (DAEE, 1982) .

2.3. Aspectos sócio-econômicos, uso e demanda da água.

As atividades econômicas, no Município de Tietê, estão divididas nos setores primário, secundário e terciário (CETESB,1984).

No setor primário, durante o ano agrícola 82/83, o Município possuía 12.694 Ha de áreas de cultura, predominando a cana-de-açúcar, com 7.900 Ha (62,23%), depois o feijão, com 3.100 Ha (24,42%), o milho com 1.000 Ha (7,87%) e o algodão com 500 Ha (4,55%). As pastagens perfaziam 22.000 Ha, com um rebanho bovino de 24.000 cabeças. As matas naturais perfaziam 300 Ha e o reflorestamento 30 Ha. As atividades minerárias desenvolvidas no Município estão relacionadas com portos de areia, olarias, pedras para brita e, cálcarios e dolomitos para corretivos de solos.

A cultura canavieira, uma forte atividade económica no Município, se expandiu a partir do final da década de 70, incentivada pelo Programa Nacional do Alcool, instituído em 1975.

No setor secundário as principais indústrias, segundo o censo industrial de 1980, são: as de vestuários, calçados e artefatos de tecidos, as de transformação de produtos minerais não metálicos e as de produtos alimentícios. No setor terciário se destaca um importante comércio local.

O censo do IBGE, de 1980, mostrou que o Município de Tietê possuía uma população de 20.028 habitantes, sendo que 15.536 residiam na zona urbana. Do total da população urbana, cerca de 90% das residências eram abastecidas por água subterrânea proveniente de 16 poços tubulares profundos distribuídos por todo o Município e pertencentes ao Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto, o SAMAE. Em 1980, a demanda era calculada em 220 l/dia, por habitante (DAEE,1982). A previsão do DAEE (1982) para o ano 2.000 é de que a população atinja 25.100 habitantes, dos quais 22.900 residirão na zona urbana. O índice de abastecimento previsto é de 95%, com uma demanda estimada de 250 l/dia por habitante.

CAPÍTULO 3

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

3.1. Geologia.

Sob o âmbito regional, a sequência estratigráfica das rochas que ocorrem na borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná, em ordem cronológica, é: rochas do embasamento cristalino, sedimentos glaciais e pós-glaciais do Grupo Tubarão, rochas intrusivas básicas e sedimentos cenozóicos (IPT, 1981b).

As rochas do embasamento cristalino são subdivididas, estratigraficamente, por ALMEIDA *et al.* (1981), em: granitos pós-tectônicos do Cambriano (Granito de Itu); granitos sintectônicos do Pré-Cambriano Superior; rochas metamórficas de facies xisto verde a anfíbolito, do Pré-Cambriano Superior (Grupo São Roque); e rochas metamórficas de facies anfíbolito a gnaiss, do Pré-Cambriano Inferior (Complexo Amparo).

Próximo da borda da Bacia Sedimentar do Paraná as rochas metamórficas do Grupo São Roque estão em contato com as rochas metamórficas do Complexo Amparo através de uma extensa zona de falha, de direção NW-SE, a chamada Falha de Itu. A oeste da cidade de Itu, as rochas do embasamento cristalino e a zona da falha estão cobertas pelos sedimentos glaciais do Subgrupo Itararé, do Grupo Tubarão. Nas imediações da cobertura paleozóica, nas rochas do embasamento cristalino, ocorrem pavimentos estriados - típicas rochas *moutonnée*, testemunhos registradores da intensa atividade glacial na borda leste da Bacia do Paraná durante o período Carbonífero (ALMEIDA, 1948).

Orville Adalbert Derby, geólogo americano vindo ao Brasil no século passado para prestar serviços ao Império, foi o fundador da Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo, entidade da qual derivou o atual Instituto Geológico da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Derby foi o primeiro a aventar a idade permocarbonífera e a origem glacial dos sedimentos pertencentes ao Grupo Tubarão (citado por ROCHA-CAMPOS, 1967). Derby se referia aos sedimentos arenosos descritos por SILVA & ANDRADA (1846) entre Itu e Porto Feliz, que os denominara *grés* de Porto Feliz.

3.1.1 Evolução da definição estratigráfica do Grupo Tubarão.

A evolução da definição estratigráfica do Grupo Tubarão se deu da seguinte forma:

Em 1904, I.C.White, chefe do Serviço Geológico de West Virginia, E.U.A, foi encarregado pelo Governo Federal para realizar estudos científicos das jazidas carboníferas do sul do Brasil, à frente de uma comissão de técnicos brasileiros. White introduziu o termo "Série" Tubarão para denominar a sequência paleozóica que incluía sedimentos glaciais e camadas de carvão.

OLIVEIRA (1916), modificando a denominação usada por White dividiu a Série Tubarão em: Grupo Palermo, para os folhelhos arenosos cinzentos e variegados da sequência superior da Série; e Grupo Bonito, para os arenitos e folhelhos com flora *glossopteris* e carvão. Os depósitos basais da Série, com características de sedimentação glacial, foram denominados de Série Itararé.

PACHECO (1927) denominou "Série Glacial" para os sedimentos com unidades glaciais na base da sequência e Arenito Tatuí para os sedimentos pós-glaciais, da porção superior do Grupo Tubarão.

GORDON (1947) divide a Série Tubarão de White, nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, em Grupo Guatá, para a sequência superior, e Grupo Itararé, para a espessa sequência de depósitos glaciais basais. O Grupo Guatá é subdividido nas Formações Palermo e Rio Bonito, sendo separado do Grupo Itararé, indiviso, por uma discordância erosiva.

BARBOSA & ALMEIDA (1949) propuseram a divisão da "Série Tubarão", de White, em seis formações geológicas, nos sedimentos que ocorrem na área da Bacia do Médio Rio Tietê, cujas denominações são as seguintes:

- Formação Itapetininga, constituída pelos membros Tupi e Tatuí;
- Formação Tietê;
- Formação Gramadinho;
- Formação Capivari;
- Formação Elias Fausto e;
- Formação Itu.

A subdivisão do Subgrupo Itararé, como proposta por BARBOSA & ALMEIDA (op.cit.), apresenta problemas devido à ausência de continuidade lateral dos intervalos sedimentares elevados à categoria de formação, segundo é mencionado por CAETANO-CHANG (1984).

A existência de glaciação durante a deposição do Subgrupo Itararé e a complexidade dos ambientes deposicionais são fatos conhecidos. As evidências de atividade glacial (erosão, transporte e deposição pelo gelo) estão preservadas nestes sedimentos. Pode-se citar como exemplo as rochas *moutonné* em Salto (AMARAL, 1965), os *eskers* e *crevasse fillings* em Gramadinho (FRANKS *et al.* 1968), as depressões escavadas nas rochas do embasamento e tidas como vales glaciais em Jundiá e Campinas (MELFI & BITTENCOURT, 1962).

CAETANO-CHANG & LANDIM (1987) atribuem, como consequência da ampla variabilidade litológica do Subgrupo Itararé, a fatores envolvendo a quantidade de suprimento detrítico, a complexidade do ambiente glacial e a intermitência dos eventos glaciais, isto é; a alternância com períodos interglaciais.

Segundo CAETANO-CHANG & LANDIM (op.cit.) podem ser identificadas seis tipos de facies de ambiente glacial *sensu latu* no Subgrupo Itararé. Estes subambientes, a que se referem, são: planície de *outwash*, frente deltáica tipo *Flysh*, plataforma marinha rasa, planície deltáica, ambiente lacustre e planície de maré.

Segundo DAVIS (1983), os sedimentos de *outwash* são de origem proglacial, ocorrendo em frente ao término do glacial e a sedimentação é controlada pela água de degelo. Apresentam arenitos, com estratificações cruzadas contendo seixos interacamados.

Os depósitos glácio-marinhos e glácio-lacustres são proglaciais (DAVIS, op.cit.).

SOARES *et al.* (1977) levam em conta as associações litológicas existentes em determinados intervalos estratigráficos para proporem uma nova subdivisão do Subgrupo Itararé, baseada em facies sedimentares, cada uma resultante de um diferente tipo de ambiente deposicional. Dividem, então, o Subgrupo Itararé em três pacotes, na porção nordeste da Bacia do Paraná, em que predominam diferentes tipos litológicos.

O pacote inferior de SOARES *et al.* (op.cit.) apresenta folhelhos e ritmitos na parte basal, e secundariamente, diamictitos, conglomerados e arenitos conglomeráticos. No topo da sequência predominam arenitos imaturos intercalados com corpos de diamictitos. O pacote médio é caracterizado por uma espessa sequência, constituída predominantemente por siltitos, ritmitos e diamictitos. O pacote superior é constituído, predominantemente, por arenitos de finos a grosseiros, conglomerados e diamictitos.

Segundo SOARES *et al.* (op.cit.), esta subdivisão, informal e sem limites bem definidos, caracteriza o Subgrupo Itararé no Estado de São Paulo. Ainda, comparando esta subdivisão com a proposta por BARBOSA & ALMEIDA (1949), os autores citados inferem a seguinte equivalência: o pacote inferior corresponde à Formação Itu, o médio corresponde às Formações Elias Fausto, Capivari e Gramadinho, e o superior à Formação Tietê.

SOARES *et al.* (1977) estudaram os sedimentos da porção média e superior do Subgrupo Itararé, na região de Tietê, e definiram quatro conjuntos de associações litológicas que apresentam significado genético. Segue um resumo das características litológicas e dos ambientes deposicionais destas quatro associações:

-Associação I: arenitos imaturos e pelitos, formados por depósitos de canais fluviais e de transbordamento, portando raras camadas de carvão.

-Associação II: diamictitos maciços, arenitos e ritmitos depositados em planícies aluviais periglaciais.

-Associação III: siltitos e arenitos finos, bem selecionados, apresentando estruturas provocadas por correntes e movimentos gravitacionais, caracterizando depósitos de planície de maré, praia e de plataforma marinha rasa.

-Associação IV: arenitos, lamitos e ritmitos depositados em águas calmas, porém com alto declive deposicional, resultando em freqüentes feições de escorregamento e correntes de turbidez (depósitos com estratificação convoluta e maciços).

A laminação convoluta existente nos depósitos são, segundo POTTER & PEITJOHN (1977), um indicador fóssil das forças que atuaram sobre um grupo de estratos ou de lâminas, sob a influência da corrente.

CAETANO-CHANG (1984) admite que tentativas de subdivisão do Subgrupo Itararé nesse sentido, calcadas em predominâncias litológicas e de suas características ambientais, segundo os horizontes estratigráficos, são um meio seguro para a identificação das unidades mapeáveis.

Quanto ao Grupo Tubarão, a divisão estratigráfica mais aceita para o centro sul do Estado de São Paulo, é: Subgrupo Itararé, para a seqüência glacial; e Formação Tatuí, para a seqüência pós-glacial (PETRI, 1964; ROCHA-CAMPOS, 1967).

Segundo SOARES (1974) e SAAD (1977) as camadas do Subgrupo Itararé mergulham cerca de 1° para oeste. Localmente as camadas são afetadas por estruturas arqueadas (SOUZA-FILHO, 1983).

SAAD (1977) infere o contato erosivo entre o Subgrupo Itararé e a Formação Tatuí entre os km 169 e 170 da Rodovia Marechal Rondon, nos arredores da localidade de Jumirim. A espessura estimada para a Formação Tatuí é de 120m.

As litologias da Formação Tatuí, na região, abrange uma seqüência de siltitos de cores arroxeadas na base, com estrutura maciça e laminação incipiente, passando para termos mais arenosos, por transição. Na parte superior da Formação predominam siltitos argilosos, maciços, de cor cinza claro, levemente esverdeados, e apresentando delgadas intercalações arenosas.

A Formação Tatuí é correlacionável, em idade, com o Grupo Guatá de GORDON (1947), descrito e definido nos estados do sul do país. A origem da Formação Tatuí é marinha, de plataforma, e corresponde à seqüência pós-glacial do Grupo Tubarão (FULFARO *et al.* 1984).

Intrusivos nos sedimentos do Grupo Tubarão, ocorrem diques e soleiras de diabásios que estão associados ao magmatismo básico da Bacia do Paraná, ocorrido durante o Juro-Cretáceo.

3.2. Aspectos Hidrogeológicos Regionais.

A bibliografia existente sobre a hidrogeologia do Aquífero Tubarão é composta, principalmente, por trabalhos de cunho regional, sendo poucos os trabalhos publicados que se referem a áreas localizadas. Entre os trabalhos publicados, de cunho eminentemente regional, deve-se ressaltar o estudo hidrogeológico regional do DAEE (1981, 1982) e o estudo hidrogeológico estatístico de MEZZALIRA & TORRES (1977). Entre os trabalhos realizados em escala local destaca-se o estudo da Bacia do Rio Capivari, realizado pela UNESP (1986).

A prospecção das águas subterrâneas do Subgrupo Itararé é uma tarefa difícil de ser realizada, face à ampla variação faciológica que os sedimentos apresentam e, conseqüentemente, de suas características hidráulicas. Diferenças de vazões tem sido encontradas em poços construídos em locais relativamente próximos. Como exemplo pode-se citar os poços da cidade de Tietê, nos quais a vazão média é superior a $60\text{m}^3/\text{h}$, enquanto na vizinha cidade de Cerquilha, situada a 5km de distância, a vazão média é inferior a $10\text{m}^3/\text{h}$.

O estudo realizado pelo DAEE (1982) na 4ª Região Administrativa do Estado de São Paulo, dá uma boa idéia da dificuldade de prospecção. No estudo foram utilizados dados de 28 ensaios de bombeamento e de 130 testes de vazão em poços que penetram somente o Aquífero Tubarão. A capacidade específica destes poços variou no intervalo entre 0,005 e $8,5\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$, com valor de $0,1\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ para a mediana da distribuição normal (FIGURA 3). A diversidade dos valores encontrados são reflexo do alto grau de heterogeneidade faciológica existente no Grupo Tubarão que, por sua vez, condiciona uma grande variação nas propriedades hidráulicas dos sedimentos.

A permeabilidade aparente, obtida dividindo-se a transmissividade pela espessura saturada de cada poço, variou em torno de dois intervalos: o primeiro entre 0,001 e $0,005\text{m}/\text{dia}$ e o segundo entre 0,01 e $1\text{m}/\text{dia}$. O intervalo que contém os menores valores de permeabilidade aparente se refere a poços construídos em áreas de afloramento do Subgrupo Itararé Médio e Inferior, enquanto o outro agrupamento se refere a poços construídos em áreas de afloramento do Subgrupo Itararé Superior e, algumas vezes, do Subgrupo Itararé Médio (DAEE, 1982).

O coeficiente de armazenamento (S) de um aquífero é definido como sendo o volume de água que ele fornece por cada unidade de área do aquífero multiplicada pela espessura unitária do aquífero, tomada de uma componente normal à superfície (FERRIS *et al.* 1962). O estudo realizado pelo DAEE (1982) considera que o Grupo Tubarão constitui um sistema aquífero heterogêneo e livre, divergindo localmente, onde predominam situações de semi-confinamento, com valores do coeficiente de armazenamento variando entre 10^{-4} e 10^{-5} .

FIGURA 3. Distribuição da capacidade específica do Aquífero Tubarão.

In: DAEE (1982).

Sob o aspecto hidroquímico, as águas subterrâneas do Aquífero Tubarão são classificadas em: bicarbonatadas sódicas e bicarbonatadas cálcicas. Eventualmente, em áreas localizadas, ocorrem águas bicarbonatadas mistas, como pode ser visto no diagrama de Piper do Aquífero Tubarão (FIGURA 4).

No Aquífero Tubarão a condutividade é quase sempre inferior a 790 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicando águas medianamente salinizadas. Os teores de bicarbonato não excedem 6,1 meq/l (DAEE,op.cit.).

O pH das águas do Aquífero Tubarão se situa numa variação ampla, entre 4 e 9, dando um caráter distinto para estas águas, sendo ora ácidas, ora alcalinas.

FIGURA 4. Diagrama de Piper do Aquífero Tubarão. In: DAEE (1982).

CAPÍTULO 4

4. MÉTODOS.

4.1.Mapeamento geológico.

O Subgrupo Itararé tem sido alvo de tentativas de subdivisão há mais de 20 anos (FULFARO, 1989). A Formação ou Facies Tietê é admitida como a unidade mais superior do Subgrupo Itararé. A superfície de discordância entre os depósitos inferiores (Formação Capivari) do Subgrupo Itararé e os depósitos superiores (Formação Tietê) é constituída por uma paleotopografia bem caracterizada, causada por movimentos tectônicos no final do ciclo glacial, a exemplo do que ocorre nos sedimentos do Grupo Tubarão no Rio Grande do Sul, outra área marginal da Bacia do Paraná (FULFARO, op.cit.). Esta discordância erosiva nem sempre pode ser vista no campo, devido à semelhança faciológica lateral das unidades do Subgrupo Itararé e, também, devido à repetição de litologias semelhantes nas várias unidades do Subgrupo.

Assim, o controle litológico lateral e em profundidade é imprescindível para se obter a separação das unidades superiores do Subgrupo Itararé. Com o objetivo de se conseguir este intento, neste trabalho foram utilizados diversos perfis geológicos, obtidos a partir das sondagens realizadas pelo Instituto Geológico para fins de captação de água subterrânea.

Outro auxiliar importante foi a identificação das unidades geológicas através da fotointerpretação e posterior checagem no campo. Na fotointerpretação foram utilizados padrões geomorfológicos bastante característicos. Entre eles se destacando os relevos cuestiformes, formados por litologias mais resistentes à erosão que, quando recobrem litologias menos resistentes, resultam em relevos de cuestras, como é o caso dos tilitos quando se superpõem a arenitos, siltitos ou folhelhos. Outro padrão bastante característico são os relevos alinhados, formados pelos diques de diabásio .

Nas fotografias aéreas, os arenitos da Formação Tietê exibem padrões regulares e drenagem subretangular. Já, os sedimentos pelíticos da Formação Capivari apresentam mudanças de relevo abruptas e drenagem dendrítica.

Nos trabalhos de campo e de fotointerpretação foram utilizadas as fotografias aéreas, na escala aproximada 1:60.000, da USAF, voo de 1965 e, as fotografias aéreas na escala 1:25.000, do IBC, voo de 1972.

A base planialtimétrica para o mapeamento geológico foi obtida a partir das folhas topográficas, na escala 1:50.000, de Ibitiruna (IBGE,1970a), Capivari (IBGE,1970b), Laranjal Paulista (mGE,1970c) e Porto Feliz (IBGE,1984), já que a área compreende parte destas quatro folhas. Para a obtenção das cotas do terreno nos locais das sondagens, foram utilizados mapas na

escala 1:10.000, executados pela Secretaria de Economia e Planejamento do Estado de São Paulo, em 1977.

A descrição detalhada das unidades geológicas que compõem o Grupo Tubarão, na área de estudo, foi conseguida através dos testemunhos das sondagens realizadas para captação de água subterrânea (FOTOGRAFIA 3).

4.1.Hidrogeologia.

Para cálculo dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos do Subgrupo Itararé no Município de Tietê, foram utilizados dados obtidos a partir dos testes de vazão realizados nos poços para determinação da produtividade dos mesmos.

Os testes de vazão foram realizados com compressores a óleo diesel, de grande porte, com capacidade de 0,118 metros cúbicos de ar por segundo e pressão de trabalho de 7 kgf/cm². Para testes de vazão com utilização de compressores, a vazão é função da submersão e, como a profundidade dos injetores é fixa, há uma queda na vazão à medida em que o nível d'água desce, em consequência do bombeamento. Devido a este fato, neste trabalho foram utilizados métodos desenvolvidos para determinação dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos que utilizam dados de rebaixamento em função do tempo, como os métodos descritos por THEIS (1935), HANTUSH & JACOB (1954) e HANTUSH (1956). Todos estes métodos levam em conta a vazão do poço bombeado, supostamente admitida constante.

Nos testes realizados pelo Instituto Geológico com compressores e que, na época em que foram feitos, tinham como objetivo a obtenção da produtividade dos poços, a vazão foi admitida constante durante todo o período de duração de cada teste. Para tanto, adotou-se uma vazão média, calculada com base nas vazões medidas durante a realização de cada teste de bombeamento. É calculada como uma média ponderada e não como uma simples média aritmética, sendo levado em conta o período de duração de cada vazão medida. Estas correções foram realizadas no intuito de se diminuir o erro no cálculo final dos parâmetros dos aquíferos.

Uma outra forma, preconizada por CUSTÓDIO & LLAMAS (1983) para diminuir o erro resultante do emprego das medidas brutas de campo nos modelos idealizados para cálculo dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos, quando não há grandes variações nas vazões do ensaio de bombeamento, é a de se corrigir os valores de rebaixamento multiplicando-os pelo fator Q_n/Q_t , onde: Q_t = vazão no momento da realização da medida e Q_n = vazão nominal do ensaio.

FOTOGRAFIA 3. Testemunhos de sondagem com diâmetro de 6" obtidos no Poço da Granja São José, em Tietê.

Nos ensaios de bombeamento realizados com bombas submersas pode-se calcular os parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos usando-se métodos de bombeamentos escalonados, que podem ser realizados através da instalação de um registro na boca do tubo de saída d'água. Através do fechamento deste registro obtem-se, sucessivamente, vazões menores de bombeamento, realizando-se o teste de forma escalonada.

O método de bombeamento escalonado, descrito em detalhes por CUSTÓDIO & LLAMAS (1983), não pode ser utilizado neste trabalho devido à ausência de dados de testes de vazão realizados com bombas submersas. A inexistência destes dados é justificável pois, para conseguir cobrir toda a faixa de vazões dos poços construídos nos sedimentos do Subgrupo Itararé, o Instituto Geológico teria que dispor de uma suíte de bombas submersas, o que elevaria em muito o custo de realização de cada teste de vazão.

Os dados construtivos dos poços tubulares profundos cadastrados durante a fase de campo, em número de 51, constituem um inventário básico, e constam da Tabela 1. As características geológicas e hidrogeológicas encontradas nestes poços se encontram na Tabela 2.

Os espaços das tabelas que não foram preenchidos (espaços em branco) denotam a ausência de informações seguras sobre os parâmetros especificados.

4.1.Hidroquímica.

A caracterização físico-química das águas subterrâneas, no Município de Tietê, foi realizada juntamente com o cadastramento dos poços tubulares profundos. Para este procedimento, no campo foram realizadas medidas, em amostras coletadas na boca dos poços, do pH, Eh, condutividade elétrica e temperatura. Os equipamentos utilizados nestas medidas foram: um termômetro, um pHmetro e um condutivímetro da marca Digimed.

Nos poços destinados ao abastecimento público, pertencentes ao SAMAE de Tietê, e em alguns poços de particulares que apresentam características distintas, representativas das formações geológicas que ocorrem na área, foram coletadas amostras de água. Estas amostras foram enviadas à CETESB, regional de Campinas e de São Paulo, para análises que permitissem a caracterização química das águas utilizadas e para verificação se são apropriadas aos diversos usos a que se destinam.

Os resultados obtidos nas análises foram interpretados e plotados nos diversos diagramas utilizados para a classificação química e destinação destas águas. Os diagramas utilizados foram: diagramas de Piper para classificação química das águas; diagramas de Schoeller-Berkaloff para a caracterização da agressividade das águas; diagramas de Stiff para representação quantitativa dos

íons dissolvidos; diagramas de análises da água, para a classificação quanto à potabilidade; e diagramas de risco de sódio e salinização, para caracterização quanto ao uso em irrigação.

CAPÍTULO 5

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.

5.1.Mapeamento geológico.

Localmente, na área de estudo, afloram sedimentos do Grupo Tubarão, de idade permo-carbonífera, rochas intrusivas básicas, do Juro-Cretáceo, e sedimentos associados às planícies de inundação do Rio Tietê e antigos canais do mesmo rio, de idade cenozóica.

Em toda a área de estudo predominam sedimentos do Subgrupo Itararé, do Grupo Tubarão. Na área, os sedimentos do Subgrupo Itararé são representados, em sua seqüência superior, pelos sedimentos glácio-fluviais da Formação Tietê e, em sua secção média, pelos sedimentos proglaciais da Formação Capivari.

PERINOTTO (1987) abordando a estratigrafia da área de Cerquilha, nas proximidades da área de estudo, situa a Formação Tietê subjacente à Formação Tatuí. Na parte norte do Município de Cerquilha, PERINOTTO (op.cit) estima a espessura da Formação Tietê em cerca de 30m. É composta, predominantemente, por arenitos de finos a conglomeráticos, com marcas de ondas, estratificações cruzadas acanaladas de médio porte e secundariamente, por lamitos carbonosos contendo restos vegetais.

PERINOTTO (op.cit) associa à Formação Tietê os seguintes ambientes deposicionais, todos costeiros: planície de maré, praias transgressivas, planície deltáica, canais fluviais distributários e frente deltáica.

Na secção descrita por CAETANO-CHANG (1984) no sul do Estado de São Paulo, compreendendo a região entre Itararé e Itaporanga, a Formação Tietê corresponde à Unidade V e, ao membro Tietê de SOARES et al. (1977), descrito ao longo do Rio Tietê.

Na bacia do rio Tietê, GAMA JR. *et al.* (1980) caracterizaram a unidade superior do Subgrupo Itararé por arenitos grosseiros, que variam de finos a conglomeráticos, mal selecionados, apresentando estratificações cruzadas plano-paralelas e acanaladas, diamictitos polinúticos maciços, siltitos e arenitos muito finos.

A Formação Tietê corresponde ao sistema costeiro de COTTAS *et al.* (1981), onde o ambiente deposicional é caracterizado por depósitos de praias e de planícies deltáicas.

A Formação Capivari é, aparentemente, de origem marinha, ou mesmo continental, possuindo níveis marinhos, em vista dos fósseis encontrados próximo da cidade homônima (BARBOSA & ALMEIDA,1949; MENDES, 1952) e em Hortolândia (SAAD,1977).

A Formação Capivari é constituída, na área, por sedimentos finos, lamíticos. Ao sul da área, ao longo da Rodovia Marechal Rondon, ocorrem varvitos; ao norte da área, próximo da rodovia SP-101, ocorrem siltitos com seixos pingados; na parte central da área, próximo ao km 150 da Via Marechal Rondon e indo em direção à Cerquilha ocorrem argilitos e diamictitos maciços. As-poucas ocorrências de arenitos finos correspondem a lobos deltáicos (SOUZA-FILHO, 1986) que, eventualmente, apresentam facies de praia e de canal.

STEVAUX *et al.* (1987) dividem-o Subgrupo Itararé na região da bacia hidrográfica do rio Capivari, na vizinhança da área deste estudo, em quatro associações faciológicas condicionadas pelo ambiente de sedimentação. São as seguintes:

a) Facies lamitos e conglomerados, interdigitados, assentes diretamente sobre as rochas do embasamento cristalino. Trata-se de ambiente deposicional de leques aluviais, sob clima glacial, onde os registros de incursões de geleiras estão preservados na forma de pavimentos estriados.

b) Facies ritmito, lamito e arenito maciço, correspondentes a ambiente de corrente turbidítica em plataforma marinha rasa.

c) Facies arenito lenticular e lamito, correspondentes a depósitos de prodelta e de frentes deltáicas.

d) Facies arenito e lamito carbonoso. Trata-se de ambiente de planície deltáica, onde os litossomas arenosos correspondem a depósitos de canais distributários e canais fluviais. As facies lamito carbonoso foram produzidas nas planícies de inundação ricas em matéria orgânica vegetal. Facies arenito limpo são interpretadas como depósitos de praias.

Os autores acima citados inferem a seguinte evolução paleogeográfica para os sedimentos do Grupo Tubarão, na bacia hidrográfica do Rio Capivari:

-Um sistema de leques aluviais tipo *fan delta* desenvolveu-se no acidentado paleorelevo do Embasamento Cristalino. Os processos glaciais de erosão, transporte e sedimentação controlaram a evolução de tais leques. Evidências da ação direta de geleiras são comuns no registro sedimentar deste sistema, que se manteve ativo até ser afogado por uma transgressão marinha vinda provavelmente de SW.

-A extensa plataforma recém-instalada no sítio deposicional foi por longo tempo assoreada por um sistema deltáico do tipo *Flisch*. Desta forma, sotoposta à coluna sedimentar tipicamente deltáica, ocorre uma seqüência de depósitos de correntes de turbidez.

-Esta sedimentação deltáica progradante é finalmente afogada pela transgressão representada pela Formação Tatuí. Contudo, o efeito transgressivo retrabalha parte dos sedimentos deltáicos, ressedimentando-os como linhas de praias muito comuns no topo do Subgrupo Itararé.

Apesar da geologia da área ser objeto de diversas interpretações, pelos autores já citados, todos são unânimes em afirmar que os sedimentos da Formação Capivari possuem níveis marinhos e que os sedimentos da Formação Tietê possuem níveis tipicamente fluviais.

A abordagem da geologia da área é facilitada pela grande quantidade de dados disponíveis, seja devido aos testemunhos recuperados nas sondagens do Instituto Geológico e de algumas firmas particulares, seja em função da grande quantidade de exposições ao longo das rodovias que cortam a área. Tais exposições, associadas ao controle litológico em profundidade obtido através da descrição dos testemunhos das sondagens, deixam poucas dúvidas sobre a disposição litológica, faciologia e interpretação ambiental do Subgrupo Itararé, no local.

Entre os diversos modelos propostos pelos autores que estudaram o Grupo Tubarão e citados por SOUZA-FILHO (1986) e PERINOTTO (1987) verifica-se que a subdivisão mais apropriada para este trabalho, de cunho eminentemente hidrogeológico, é a proposta por STEVAUX *et al.* (1987), que dividem o Grupo Tubarão em Subgrupo Itararé e Formação Tatuí, e que subdividem o Subgrupo Itararé em: Formação Itu, para a seqüência de depósitos glaciais e de leques aluviais da porção inferior do Subgrupo; Formação Capivari, para a seqüência predominantemente lamítica e de origem glacial da parte média do Subgrupo e; Formação Tietê, para a seqüência de retrabalhamento costeiro dos depósitos glaciais da parte superior do Subgrupo.

SOUZA-FILHO (1986) cita que os sedimentos da Formação Capivari apresentam freqüentes deformações plásticas e fluidificações nas facies de prodelta, em virtude da progradação das planícies deltáicas. Os cursos d'água que alimentavam os lobos deltáicos apresentavam correntes de alta carga durante os períodos de degelo, o que explica a freqüente presença de fluidificações e de dobras convolutas. Diamictitos maciços, turbidíticos, também são bastante comuns, sendo fartamente encontrados nos testemunhos das sondagens.

Na Fotografia 4 é mostrado um afloramento da Formação Tietê, na estrada vicinal de ligação com o Bairro Sete Fogões. O afloramento é formado por arenitos finos, com estratificação cruzada acanalada e tangencial, de médio porte. Trata-se de um depósito de preenchimento de canal fluvial.

Na parte leste da área, entre os Municípios de Tietê, Porto Feliz e Rafard, foi perfurado um poço pelo Instituto Geológico, para abastecimento do Bairro Sete Fogões, situado na zona rural do Município de Tietê. Trata-se do Poço nº 14 do SAMAE (FIGURA 5). Até a profundidade máxima atingida, 130m, os sedimentos do Subgrupo Itararé são caracterizados por uma espessa coluna de arenitos, texturalmente imaturos, muito finos a finos, com poucas camadas de arenitos médios e grosseiros. Os sedimentos exibem freqüentes estratificações cruzadas acanaladas, fluidificações,

FOTOGRAFIA 4. Afloramento de arenitos da Formação Tietê,
na estrada vicinal Sete Fogões-Tietê

ESTRUTURAS

- ↖ -Estratificação cruzada acanalada.
- ☺ -Escavação e preenchimento.
- ~~~~ -Diastema.
- § -"Slickenside".
- ~ -"Flame".
- ∨ -"Ripple drift".
- ∞ -Estrutura fluidal.
- ~ -Filme siltico.
- ~ -Laminação convoluta.

FIGURA 5. Secção colunar do Poço nº 14 do SAMAE, localizado no Bairro Sete Fogões, em Tietê

dobramentos convolutos e filmes silticos. A sequência exibe características de depósitos fluviais e deltáicos, cujo ambiente esteve sujeito a fluxos periódicos por correntes subaquosas de grande velocidade e energia, aparentemente proveniente das águas de degelo. Tais depósitos são classificados como sendo da Formação Tietê, conforme descrito por FULFARO (1989).

Na porção nordeste da cidade de Tietê, o Instituto Geológico concluiu em 1988 um poço tubular com 300,7m de profundidade, utilizado para o abastecimento da demanda do Bairro da COHAB, juntamente com o Poço nº 10 do SAMAE. Trata-se do Poço nº 16 do SAMAE. A secção colunar deste poço foi descrita pelo Prof. Dr. Setembrino Petri (FIGURA 6). A sondagem perfurou sedimentos da Formação Tietê até 180m e, desta profundidade em diante, perfurou sedimentos da Formação Capivari. O perfil geológico foi dividido em intervalos litológicos, numerados de baixo para cima, segundo a ordem deposicional. A descrição litológica e respectiva interpretação ambiental são descritas detalhadamente, a seguir, e são importantes pois caracterizam, em minúcias, a Formação Tietê e Formação Capivari, localmente.

Intervalo I (de 300,7 a 293,5m. Espessura de 7,20m).

Este intervalo é caracterizado por um ritmito siltito/argilito com certa predominância de siltito, com a cor tendendo para cinza claro.

Este sedimento originalmente teria se depositado em águas calmas, um tanto estagnadas. O ritmito, contudo, está muito perturbado, com seqüências de laminações tangenciais e sugestões de estruturas convolutas. Estas perturbações provavelmente foram provocadas por correntes subaquosas posteriores à deposição, quando o ritmito ainda estava semi-consolidado.

Intervalo II (de 293,5 a 250m. Espessura 43,50m)

Constitui-se de uma espessa sucessão de arenitos, geralmente médios, micáceos, feldspáticos, com intervalos de arenitos finos e muito finos e, com menor freqüência, grossos, com pequenos seixos esporádicos. Filmes argilosos aparecem com freqüência variável. A estrutura é maciça quando não aparecem os filmes. Quando estes aparecem, ocorrem plaquetas argilosas isoladas, desarmônicas, sugestões de revolvimento de argilito e de porções de arenito envolvidas por argilito. Ocasionalmente ocorrem laminações cruzadas não tangenciais, mal desenvolvidas por deficiência de contribuição argilosa para marcar as laminações e, devido a bioturbações oblíquas ao acamamento.

Quanto à interpretação ambiental, a partir do intervalo I haveria aumento da velocidade das correntes que retrabalhariam os depósitos argilosos sedimentados alhures, que aparecem de maneira subordinada, já que a massa principal dos sedimentos é arenosa. As correntes, contudo, atuariam descontínuamente, sob a forma de fluxos. Nos intervalos entre os fluxos seria depositada

FIGURA 6. Secção colunar do Poço nº 16 do SAMAE, localizado no Bairro da COHAB, em Tietê

areia, que apresenta a forma maciça. A diminuição da velocidade das correntes proporcionaria a atividade de organismos que reatrabalhariam os depósitos de fundo, provocando as bioturbações.

Intervalo III (de 250 a 205m. Espessura 45,00m).

Esta sucessão se caracteriza por alternâncias de arenitos e ritmitos (incluindo siltitos). Os ritmitos são constituídos por lâminas subordinadas de arenito muito fino e camadas espessas de argilito e, de concentrações irregulares de argilito, sem arenitos ou com raras manchas.

Os arenitos que se intercalam aos ritmitos variam irregularmente de muito fino a médio, com estrutura maciça ou exibindo granodecrescência ascendente (238,5 a 235m) de arenito médio para arenito muito fino. Aparecem, também, arenitos finos, homogêneos, e raros filmes argilosos. O arenito do topo deste intervalo é fino, com camadas carbonosas e desprende cheiro de enxofre.

Esta sucessão de arenitos e ritmitos sugere flutuações de energia da água, intercalando-se águas relativamente estagnadas e águas correndo com velocidade moderada, sob a forma de fluxos. No caso da granodecrescência ascendente haveria lenta diminuição da velocidade das correntes. Aumento brusco na velocidade das correntes provocaria erosão parcial do argilito previamente depositado que, assim, exibiria estruturas em diastema. Diastemas ocorrem a 232,5m, 228,5m e na base da estrutura granodecrescente, a 238,5m. Quedas bruscas na velocidade das correntes resultaria em depósitos com estruturas de deslizos, falhas penecontemporâneas e dobras deitadas, que ocorrem a 243m, 239,5m e 239m e, fluidificações, como ocorre a 247m.

Intervalo IV (de 205 a 198m. Espessura de 7,00m)

Este intervalo é distinto de todos os outros por ser constituído de ritmito formado por lâminas de siltito e argilito, provavelmente um varvito. Difere, contudo, do varvito tipo "Itu", por conter filmes carbonosos, freqüentemente piritosos e com restos de plantas, características sugestivas de águas calmas, estagnadas.

A partir de 202,5 até 199m, as águas se tomariam, gradativamente, mais movimentadas, passando a comparecer até arenitos de granulação média. Os característicos filmes carbonosos, contudo, continuam presentes.

Intervalo V (de 198 a 180m. Espessura 18,00m).

Este intervalo também se caracteriza por ritmitos, separados do de baixo por 0,50m de diamictito de matriz arenosa, subestratificado e exibindo estruturas de deslizos. Esta constitui a primeira ocorrência de diamictito na seqüência sedimentar. O diamictito está separado do ritmito superimposto por um diastema.

Litologicamente, o ritmo deste intervalo se diferencia do ritmo do intervalo anterior por se constituir de camadas mais espessas de arenito muito fino que pode passar, irregularmente, para siltito, e lâminas de argilito sem filmes carbonosos, sem pirita e sem restos vegetais. Não constitui um varvito. Exibem estruturas de correntes, como estratificações cruzadas acanaladas (196m), laminações cruzadas por migração de marcas onduladas (191m) e ondulações irregulares. Exibem, também, estruturas de deslizamentos, como falhas pene contemporâneas e fluidificações.

Além do diamictito da base ocorre outro, de 1m de espessura (192 a 191m). Os diamictitos representariam avanços periódicos de cunhas elásticas que deformariam os sedimentos subaquosos previamente depositados.

Intervalo VI (de 180 a 107m. Espessura de 73m).

Este intervalo é caracterizado por diamictitos de matriz arenosa, com exceção do diamictito lamítico existente no intervalo ISD-170,Sm, quase um lamito pela pequena quantidade de seixos pequenos depositados.

Os diamictitos deste intervalo são subestratificados, raramente maciços. Também compõem, com frequência, arenitos com seixos esporádicos, às vezes concentrados em conglomerados. Filmes argilosos, concentrados em certos níveis, com frequência irregular, surgem em todo o pacote.

A presença comum de diamictito não indica ação direta do gelo, pois muitos são arenosos, subestratificados e com seixos pequenos esporádicos, às vezes tornando-se indistinguíveis de arenitos conglomeráticos com muita matriz. Estes sedimentos exibem, com certa frequência, estruturas de sobrecarga e flames, granodecrescências descendentes, escavações e preenchimentos, diastemas e estruturas de deslizamento, como falhas pene contemporâneas, dobras assimétricas deitadas, dobras desarmônicas e fluidificações. Restos de plantas, provavelmente transportadas, ocorrem a 143m. Todas estas estruturas sugerem correntes pesadamente carregadas de detritos que avançariam sobre corpos de água relativamente parada, onde teriam se formado os elásticos mais finos e os filmes, que se deformariam pelo empuxo das correntes. A sedimentação rápida provocaria irregularidades no fundo, com o conseqüente deslizamento dos sedimentos inconsolidados.

Intervalo VII (de 107 a 102,7m. Espessura 4,30m). *Sill* de diabásio.

Intervalo VIII (de 102,7 a 44,5m. Espessura 58,20m).

Este intervalo constitui-se, predominantemente, de diamictito arenoso maciço, mais raramente subestratificado, com diques elásticos de arenito fino, de traçado irregular. Ocorrem, também, arenitos com filmes argilosos. Falhas pene contemporâneas, dobras desarmônicas, acomodações dos

sedimentos sobre irregularidades dos seixos maiores e diastemas são as estruturas deste pacote.

Também, neste intervalo, as estruturas são sugestivas de correntes carregadas de detritos com forte poder erosivo sobre clásticos finos depositados previamente.

Intervalo IX (de 44,5 a 31,0m. Espessura 13,50m).

Intervalo predominantemente arenoso, com quatro níveis pouco espessos de diamictito arenoso (cerca de 0,1m cada nível) com laminação ressaltada por filmes argilosos.

No intervalo 34-33m, ocorre um ritmito com lâminas argilosas gretadas na parte inferior, sugerindo exposição subaérea.

Intervalo X (de 31,0 a 7,8m. Espessura 23,20m. Acima de 7,8m o material se encontra decomposto).

Este intervalo continua, como no intervalo anterior, predominantemente arenoso, distinguindo-se, deste último, pela presença de siltito maciço, pouco espesso, mas frequente, em diversos níveis e, por diamictito maciço, mais espesso, de matriz lamítica e se tomando arenosa na base.

Na Figura 7 se encontra a seção geológica da sondagem executada para a construção do Poço nº 9 do SAMAE, localizado na Estação de Tratamento de Água, na região central da cidade de Tietê. Toda a sequência atravessada é predominantemente arenosa e parece sugerir um profundo canal distributário devido à espessura atravessada, pois até os 271m de profundidade os sedimentos possuem características típicas da Formação Tietê. Outros perfis geológicos existentes, como os dos poços do Bairro Bela Vista, Altos do Tietê, Rua da Bomba, Rua Prof. Francisco Assis Madeira e Rua Indalécio Costa, apresentam semelhanças com esta sequência sedimentar típica.

A seção colunar da Figura 8 foi obtida com base na descrição dos testemunhos da sondagem realizada para a construção do poço da Granja São José (Poço nº 51, do cadastro), localizado no Bairro São José, na parte norte da área. Os sedimentos são constituídos por uma sequência de arenitos e diamictitos de matriz lamítica, correlacionáveis com a Formação Capivari. Trata-se de depósitos periglaciais, onde o ambiente deposicional era formado por barras costeiras perturbadas por correntes de turbidez. A sondagem não atravessou sedimentos da Formação Tietê, indicando a existência de um paleoalto topográfico local. A sequência sedimentar é cortada por diversos *sills* de diabásio, todos de pequena espessura.

FIGURA 7. Secção colunar do poço n° 9 do SAMAE, localizado junto à ETA.

FIGURA 8. Secção colunar do Poço nº 51, da Granja São José, localizado no Bairro São José

No exame das fotografias aéreas na escala aproximada 1:25.000 da área, duas feições geomorfológicas aparecem com evidência, uma responsável pela existência da Cachoeira Itagaraçaba-Guaçu, no Rio Tietê, e outra sobressaindo no relevo, imediatamente atrás da Estação Experimental do Instituto Agrônomo, em Tietê. Estas feições estão situadas no contato entre a Formação Capivari e a Formação Tietê e aparentam ser eskers fósseis típicos.

Segundo FRANKS *et al.* (1968) os *eskers* foram primeiramente reconhecidos no registro pleistocênico dos Estados Unidos e Europa. Representam a fase conclusiva da deposição glacial e ocorrem no topo dos outros detritos glaciais. São formados nas margens dos corpos de gelo estagnados ou em retração e são reconhecidos pela sua expressão geomorfológica. Duas origens lhes são atribuídas: em túneis dentro do gelo ou formados por abatimento de blocos de gelo, por derretimento, contendo os sedimentos transportados, durante o processo de retração das geleiras.

De qualquer forma, são um indicativo do processo de retração das geleiras, após a deposição da Formação Capivari, e reforçam a idéia de que a Formação Tietê está relacionada com o retrabalhamento de sedimentos devido ao grande fluxo das águas proveniente do degelo dos glaciares situados alhures, e em processo de derretimento.

Como resultado dos trabalhos de interpretação dos perfis geológicos dos poços tubulares profundos e do mapeamento geológico da área de estudo, obteve-se um mapa geológico, na escala 1:50.000, constando do Anexo 3, com a disposição aflorante das Formações Tatuí, Tietê e Capivari, como proposta por STEVAUX *et al.* (1987).

5.2.Hidrologia.

5.2.1. Excedentes hídricos da região.

Segundo dados do DAEE (1982), a precipitação média, anual, na região de Tietê, oscila entre 1100 e 1300 mm.

O excedente hídrico da região se situa entre 100 e 250mm/ano, segundo mostra CAMARGO (1973) no mapa de excedentes hídricos do Estado de São Paulo (FIGURA 9).

Aplicando-se o método de Thomthwaite & Mather à série histórica de dados hidrometeorológicos medidos na Estação Experimental do Instituto Agrônomo, em Tietê, e existentes na Seção de Climatologia Agrícola daquele Instituto, em Campinas, temos o seguinte balanço hídrico; para uma série histórica de 35 anos de dados mensais:

Local: Tietê, SP.

Latitude: 23°07'.

Longitude: 47° 43'.

Altitude do posto: 538m.

Período de medições: 1947/1982.

RESULTADOS:

<u>MESES</u>	<u>TEMP</u>	<u>EVAP. P</u>	<u>EVAP. R</u>	<u>PPT</u>	<u>ALT</u>	<u>ARM</u>	<u>EXC</u>
<u>mm</u>	<u>°C</u>	<u>mm</u>	<u>mm</u>	<u>mm</u>	<u>mm</u>	<u>mm</u>	<u>mm</u>
JAN	23,4	120	120	191	0	125	71
FEV	23,5	104	104	169	0	125	65
MAR	22,8	101	101	120	0	125	19
ABR	20,5	73	72	61	-11	114	0
MAI	18,2	55	55	49	-6	108	0
JUN	17,0	44	44	46	2	110	0
JUL	16,9	46	44	34	-10	100	0
AGO	18,5	59	51	30	-21	79	0
SET	20,1	73	66	57	-9	70	0
OUT	21,0	87	87	125	38	108	0
NOV	21,9	98	98	117	17	125	2
DEZ	22,7	112	112	186	0	125	74
ANUAL	20,5	972	954	1185	8		231

Neste tipo de balanço hídrico, utilizando somente dados obtidos pontualmente (na Estação do Instituto Agrônomo, em Tietê), temos as seguintes componentes paramétricas: temperatura média decenal e evaporação média potencial medida em tanque tipo Classe A, usadas no cálculo da evaporação média real; precipitação média mensal, calculada com base nas leituras diárias de chuvas; alteração, cujos valores negativos indicam retirada de água do armazenamento do solo, quando a evaporação real mensal excede o total precipitado durante o mês, e cujos valores positivos indicam que, embora não haja retirada de água do armazenamento do solo por evaporação, este ainda apresenta uma deficiência para atingir a saturação suficiente que permita a transmissão da água para as camadas mais profundas; o armazenamento do solo ou capacidade de campo, medido na Estação Experimental de Tietê; e como resultado, o excedente hídrico.

Deste balanço hídrico, verifica-se que do total precipitado anualmente (1185mm em média), cerca de 80,5% é evaporado ou transpirado assim que atinge o solo ou após ser armazenado nele, e 19,5% corresponde ao excedente hídrico, isto é; à parcela de água que ficará disponível no terreno.

Observa-se no cálculo do excedente hídrico, que os meses de novembro a março, são responsáveis pelas maiores precipitações e é quando ocorre infiltração da água das camadas superficiais para as camadas mais profundas do solo e em direção ao aquífero. Nos meses de abril a outubro, as precipitações são pequenas e não há infiltração das camadas superficiais para as camadas mais profundas do solo, já que este ainda não atingiu a capacidade de campo (125mm, no caso). Inclusive, nestes meses ocorrem perdas por evaporação da água anteriormente infiltrada.

5.2.2. Balanço hídrico.

Para o cálculo do balanço hídrico utilizando dados mensais de precipitação, evapotranspiração e escoamento superficial, como é feito pelo modelo Mero (DAEE, 1981), não puderam ser usados os dados obtidos no posto fluviométrico do Rio Tietê, em Tietê, já que a bacia hidrográfica deste rio é muito extensa, sofrendo a interferência dos diversos tipos climáticos dos terrenos situados a montante e das diversas barragens que alteram o regime de fluxo do rio.

Para realizar estes cálculos, foram utilizados os dados obtidos no Rio Capivari, no posto fluviométrico da Fazenda Itapeva, em Rafard, Posto 4E-023 do DAEE, situado na latitude 23° 01'S e longitude 47°35'W, sendo localizado bastante próximo da área. O curso do Rio Capivari atravessa praticamente somente terrenos pertencentes ao ciclo glacial da Bacia do Paraná, cujas contribuições em descarga se apresentam aproximadamente como as que ocorrem na área de estudo. A área de drenagem do Rio Capivari até o posto perfaz 1.302 km².

Os dados de precipitação e de evapotranspiração foram obtidos no Posto da Fazenda Vista Redonda, em Tietê, Posto E4-037 do DAEE, de latitude 23° 00'S e longitude 47° 43'W.

Para o cálculo do balanço hídrico foi considerado o ano hidrológico que, na região, vai de outubro a setembro. No posto fluviométrico da Fazenda Itapeva, os dados são bastante recentes e não foi possível fazer uma série histórica representativa. Foram calculados apenas os dados dos anos hidrológicos de 1981, 1982 e 1983 que, mesmo assim, são anos atípicos; sendo o ano de 1981, correspondente a um período seco e, os anos de 1982 e 1983, correspondentes a um período extremamente chuvoso.

No ano hidrológico de 1981, temos o seguinte balanço hídrico:

Precipitação: 866mm

Evapotranspiração: 887mm

Escoamento total: 180mm.

É fácil de verificar que, durante o ano hidrológico de 1981, a evapotranspiração excedeu a precipitação e parte da água armazenada no solo foi perdida para a atmosfera, não havendo infiltração da água precipitada nos aquíferos e, inclusive, uma parte da água anteriormente armazenada foi perdida, na forma de escoamento básico dos rios, já que o deflúvio da bacia correspondeu a 180mm de lâmina d'água.

No ano hidrológico de 1982, temos o seguinte balanço hídrico:

Precipitação: 1.544mm

Evapotranspiração: 944mm

Escoamento total: 426mm.

No ano de 1982 a precipitação foi elevada e, possivelmente, toda a água perdida pelos aquíferos no ano anterior foi recuperada, sendo que parte dela contribuiu para o deflúvio total, de 426mm.

No ano hidrológico de 1983 a precipitação também foi elevada, tendo o seguinte balanço hídrico:

Precipitação: 2.086mm

Evapotranspiração: 1.035mm

Escoamento total: 778mm.

Com os dados obtidos nos postos fluviométrico e pluviométrico da bacia do rio Capivari, em Tietê, também não é possível o cálculo da infiltração e recarga dos aquíferos. Podemos apenas inferir, nestes anos atípicos, que em 1981 houve perda de água dos aquíferos e, no ano seguinte, infiltração e reabastecimento destes, voltando a se estabelecer o equilíbrio hidrogeológico natural, da região.

5.2.2.1 Balanço hídrico por sub-bacia.

Na Figura 10 é mostrada as sub-bacias dos rios Sorocaba, Tatuf e Sarapuf, sendo que o rio Tatuf e o rio Sarapuf desaguam no rio Sorocaba. Os prefixos dos postos fluviométricos utilizados no balanço hídrico por sub-bacia são, respectivamente, 4E-001, 4E-016 e 4E-006.

O modelo utilizado para cálculo do balanço hídrico foi o modelo Mero (DAEE,1982) desenvolvido pelo Eng. Felix Mero, em 1969, e adaptado às condições nacionais. São dados de entrada do modelo a precipitação diária e a evaporação potencial média decendial ou mensal. O modelo calcula a vazão diária defluente da bacia e, como resultados parciais, o escoamento superficial, hipodérmico e básico, fornecendo ainda a evaporação real e a recarga dos aquíferos.

Os resultados apresentados se referem a sub-bacias vizinhas à área de estudo já que nesta não foi possível realizar este tipo de balanço hídrico, pois pertence à bacia do rio Tietê, cuja extensão inviabiliza o emprego do método. Há ainda que considerar que as sub-bacias apresentadas tem grande parte de suas áreas sobre os sedimentos da parte superior do Subgrupo Itararé sendo, portanto, representativas das condições da área de estudo, dada as semelhanças climáticas e geológicas encontradas.

O modelo empregado e descrito no trabalho do DAEE (1982) foi calibrado nos ajustes dos seus parâmetros de entrada, de forma a minimizar o desvio entre a série calculada e a série observada. O período de simulação adotado vai de 1959 a 1978, totalizando 20 anos. Este período foi escolhido em função da existência de dados de precipitação para todas as sub-bacias estudadas.

Para cada período de simulação, foram usados os seguintes parâmetros de entrada do modelo:

- área de drenagem da sub-bacia, que para simplificar, foi considerada igual à área do aquífero principal;
- depleção do aquífero principal, sendo adotado o valor de 130 dias para as subbacias dos rios Tatuí e Sarapuí, e de 150 dias para o rio Sorocaba;
- depleção do escoamento hipodérmico, sendo adotado o valor de 4 dias para todas as sub-bacias;
- depleção do escoamento superficial, sendo adotado o valor de um dia;
- capacidade de campo, sendo de 80mm para as sub-bacias dos rios Sorocaba e Sarapuf, e de 100mm para a sub-bacia do rio Tatuí;
- umidade de saturação, de 300mm;
- retardamento subterrâneo, de 15 dias;
- umidade inicial do solo, igual a 80mm; e
- escoamento básico inicial, de 5mm para a sub-bacia do rio Sorocaba, 1,5mm para a sub-bacia do rio Tatuí e de 2mm para a sub-bacia do rio Sarapuí.

FIGURA 10. Balanço hídrico por sub-bacia.

Fonte: DAEE (1982).

O relatório de saída do modelo apresentou um resumo mensal/multianual da precipitação, da evapotranspiração, do escoamento total, do escoamento de base e da recarga dos aquíferos. Para visualizar e interpretar melhor os resultados obtidos pelo DAEE (1982), o resumo deste relatório de saída com os totais anuais da precipitação, evapotranspiração, escoamento total e recarga dos aquíferos foram plotados em gráficos do tipo barras (FIGURAS 11,12 e 13).

No gráfico da Figura 11 estão representados os totais anuais e a média multianual da sub-bacia do rio Tatuí. No gráfico da Figura 12 os totais anuais e a média multianual da sub-bacia do rio Sorocaba e no gráfico da Figura 13 os totais anuais e a média multianual da sub-bacia do rio Sarapuí.

Verifica-se, nestes gráficos, que se adotarmos o valor de 100mm por ano para a recarga ou seja; $0,1 \text{ m}^3$ de água por metro quadrado de superfície do terreno, teremos um valor bem próximo do que ocorre anualmente, em média, nas áreas de atloramento do Subgrupo Itararé, na região do Médio Rio Tietê.

O potencial renovável de água subterrânea de uma bacia, em condições naturais, é definido como sendo a recarga média multianual, que em geral, não havendo perdas significativas de água subterrânea para fora da bacia, corresponde ao escoamento básico médio multianual (DAEE, 1982). Isto significa que o potencial renovável é todo o volume que circula pela zona saturada do solo e que se não for retirado por poços será drenado pela rede hidrográfica local. Assim, supostamente, o potencial renovável de água subterrânea na região do Médio Rio Tietê, no Município de Tietê, corresponde à aproximadamente 100mm/ano.

5.3. Hidrogeologia.

KRUSEMAN & DE RIDDER (1976) dividem os aquíferos sedimentares em quatro tipos principais: aquíferos livres, semi-livres, semi-confinados e confinados. Com base nesta definição e sempre que houver dados disponíveis, neste estudo os aquíferos do Subgrupo Itararé serão caracterizados nos locais onde foram construídos poços tubulares profundos.

De uma forma geral, os sedimentos do Subgrupo Itararé se caracterizam por seqüências multicamadas com diferentes valores de condutividade hidráulica. Sempre que as condições geológicas permitem, isto é; quando os estratos não são totalmente impermeáveis, a água contida nas camadas superiores escoar para as camadas inferiores, em virtude da ação gravitacional. Esta característica, típica dos sedimentos do Subgrupo Itararé, de conter estratos superpostos com diferentes valores de condutividade hidráulica, confere às camadas aquíferas inferiores um caráter

FIGURA 11. Gráfico das componentes do balanço hídrico da sub-bacia do Rio Tatuí

FIGURA 12. Gráfico das componentes do balanço hídrico da sub-bacia do Rio Sarapuí

FIGURA 13. Gráfico das componentes do balanço hídrico da sub-bacia do Rio Sorocaba.

geral de semi-confinamento, visível quando se observa os gráficos da função rebaixamento x tempo de bombeamento, obtidos a partir dos dados de testes de vazão realizados em poços tubulares profundos.

O comportamento de semi-confinamento observado é, provavelmente, devido a um retardamento no suprimento das camadas aquíferas inferiores, já que estas possuem valores de condutividade hidráulica diferentes das camadas aquíferas superiores. Isto ocorre sempre que os níveis d'água das camadas mais profundas sofrem rebaixamentos provocados pelo bombeamento dos poços tubulares profundos. Evidentemente, há uma condição de equilíbrio, que é atingida quando o suprimento proveniente das camadas aquíferas superiores se iguala à vazão extraída do poço.

Nos poços que penetram somente as camadas aquíferas superiores ou, quando os estratos superpostos possuem condições hidráulicas isotópicas, se observa nos gráficos da função rebaixamento x tempo que as camadas se comportam como aquíferos livres e, algumas vezes, como aquíferos semi-livres.

Raramente, se observa nos sedimentos do Subgrupo Itararé comportamento de aquíferos confinados. Nas poucas vezes em que este comportamento foi observado, as camadas sedimentares onde os poços penetravam, eram constituídas por sedimentos bastante porosos (arenitos grosseiros) e cobertos por extensos sills de diabásio.

Os poços do SAMAE e os poços dos particulares, construídos pelo Instituto Geológico e pelas firmas particulares, em número de 51, cadastrados durante a fase de campo, encontram-se no Inventário Básico dos Poços, na forma de tabelas (TABELAS 1 e 2). Nestas tabelas, constam as características construtivas dos poços, a numeração adotada, sua localização, o perfil geológico simplificado, os dados do equipamento instalado para a exploração da água subterrânea e, as características dos testes de vazão realizados. O mapa, na escala 1:100.000, com a planta de localização dos poços se encontra no Anexo 1.

Tomando-se como base os poços de números 12 e 48 do cadastro (Anexo 1), que atravessam seqüências típicas do Subgrupo Itararé, na área do estudo, e interpretandose os testes de vazão neles realizados obteve-se, respectivamente, o valor da condutividade hidráulica dos sedimentos da Formação Tietê e da Formação Capivari, nos locais em que foram construídos estes poços, o que permitiu compreender melhor o comportamento das camadas aquíferas do Subgrupo Itararé.

O Poço nº 12, do Bairro Bela Vista, construído para o SAMAE, foi perfurado até a profundidade de 291m em sedimentos da Formação Tietê e, o Poço nº 48, construído no Sítio Santa Rosa, foi perfurado até os 188,25m, em sedimentos da Formação Capivari. Verificou-se, a partir de dados dos testes de vazão realizados pelo autor nestes poços, que os valores da condutividade

hidráulica dos sedimentos do Subgrupo Itararé são baixos para os arenitos finos, siltícos, da Formação Capivari, e médios para os arenitos, de finos a grosseiros, da Formação Tietê. Respectivamente, em torno de 10^{-6} m/s para os sedimentos da Formação Tietê e em torno de 3.10^{-7} m/s para os sedimentos da Formação Capivari. O método utilizado para obtenção dos parâmetros foi a realização de ensaios de bombeamento quando os poços se encontravam a diferentes profundidades, respectivamente 201m e 291m, no poço do Bairro Bela Vista, e 151,50m e 188,25m, no poço do Sítio Santa Rosa. Os valores encontrados são bastante reais pois a única aproximação utilizada é a de que toda a coluna perfurada, entre a realização de um ensaio e outro, se encontrava saturada e possuía características hidráulicas isotrópicas.

Para a obtenção destes valores de condutividade hidráulica utilizou-se o seguinte procedimento:

- Em cada teste de vazão realizado obteve-se um valor de transmissividade (T). Por definição $T=K.m$, onde K=condutividade hidráulica e m=espessura da camada aquífera ou, $T_1 = K.m_1$ e $T_2 = K.m_2$, onde T_1 = Transmissividade obtida quando a sondagem havia perfurado a espessura saturada da camada aquífera m_1 e T_2 = Transmissividade obtida quando a sondagem perfurou a espessura saturada m_2 . Assim, $T_2-T_1= K.(m_2-m_1)$ onde (m_2-m_1) é a espessura atravessada pela sondagem entre a realização de um teste e outro.

Os valores de T_2 e T_1 obtidos foram, respectivamente, $1,66.10^{-4}$ e $7,5.10^{-5}$ m²/s para o Poço nº12 do SAMAE, e $1,39.10^{-5}$ e $3,33.10^{-6}$ m²/s para o Poço nº 48 do Sítio Santa Rosa.

Embora a condutividade hidráulica da Formação Tietê seja média, com valores determinados em torno de 10^{-6} m/s, e a transmissividade varie entre $1,6.10^{-4}$ m²/s e 4.10^{-4} m²/s, com estes valores extremos, respectivamente, determinados nos poços do Bairro da COHAB e do Bairro Sete Fogões, ela se constitui em um bom reservatório de água subterrânea, devido à espessura da camada aquífera, de 130m no Bairro Sete Fogões e de 180m no Bairro da COHAB.

A capacidade do Aquífero Tietê pode ser bem avaliada nos poços do SAMAE, construídos no Município de Tietê, muitos dos quais fornecem vazões de até 80m³/h, sendo bombeados há já algumas décadas.

Os valores do coeficiente de armazenamento do Aquífero Tietê, estimados com base em ensaios de bombeamento, geralmente variam entre 0,13 e 0,04, números que refletem o caráter de livre a semi-confinado, das camadas aquíferas nas zonas de afloramento da Formação Tietê. Em determinações efetuadas em laboratório, com amostras de testemunhos retiradas da sondagem realizada para a construção do Poço nº 14 do SAMAE, no Bairro Sete Fogões, a porosidade efetiva variou entre 9 e 12,5%, para os arenitos.

Excepcionalmente, o coeficiente de armazenamento calculado através dos testes de vazão possui valores inferiores a 10^{-3} , indicando um confinamento local das camadas aquíferas, como é o caso do poço do Bairro Sete Fogões (Poço nº 14) e da Chacára Doutoradiriho (Poço nº 46), sendo

que este último foi perfurado sobre um extenso sill de diabásio, tendo apresentado artesianismo natural durante a realização do ensaio de bombeamento.

Segundo KRUSEMAN & DE RIDDER (1976), poços construídos em aquíferos com valores de transmissividade médios ou baixos, e de coeficiente de armazenamento alto, como os parâmetros apresentados pelos aquíferos do Subgrupo Itararé na área de estudo, possuem cones de rebaixamento pouco extensos e bastante profundos. O suprimento dos poços provém, predominantemente, água contida nas camadas aquíferas inferiores que, por sua vez, são reabastecidas pela drenagem vertical da água contida nas camadas superiores, que se comportam como aqui tardes. Sob condições de bombeamento, a drenagem vertical também é induzida pelas diferenças de pressões causada pelo rebaixamento dos níveis d'água dos poços.

5.3.1 Características construtivas dos poços tubulares profundos.

As medidas de diâmetro dos poços tubulares profundos, construídos pelo Instituto Geológico e pelas firmas particulares, por uma questão de hábito, são dadas no sistema inglês (polegadas) e não no sistema métrico utilizado oficialmente no país. Neste item, as medidas de diâmetro originais serão mantidas, mas o seu equivalente no sistema métrico será discriminado nos parênteses.

As sondagens dos poços construídos pelo Instituto Geológico nas áreas de afloramento do Subgrupo Itararé, geralmente são iniciadas por um diâmetro de 14" (0,356m), até atravessar o solo e a parte alterada dos sedimentos. Isto é feito para possibilitar a cimentação do tubo de boca que reveste toda a parte intemperizada dos sedimentos. O tubo de boca possui geralmente o diâmetro de 10" (0,254m) ou 12" (0,305m) e é feito em chapa de ferro com espessura 3/16" (5mm).

Desta profundidade, até 120m, a perfuração é realizada com diâmetro de 10" (0,254m) para que a câmara de bombeamento, geralmente situada neste intervalo, possua diâmetro suficiente para a instalação do equipamento de extração.

Após estes procedimentos, a sondagem prossegue com diâmetro de 8" (0,203m) até a profundidade máxima de 200m, quando então é reduzido para 6" (0,152m), sendo estes diâmetros compatíveis com o torque das máquinas de perfuração.

As características construtivas dos poços cadastrados no Município de Tietê constam das Tabelas 1 e 2, tanto dos poços construídos pelo Instituto Geológico, em número de 16, quanto dos poços construídos pelas empresas particulares, em número de 35. Nestes poços, as características levantadas durante o cadastramento foram: nome do proprietário, localização do poço, coordenadas UTM, cota do terreno, nome da empresa perfuradora, profundidade da perfuração, método de perfuração, diâmetros da perfuração e revestimentos utilizados.

Dada as condições de diagênese favoráveis dos sedimentos do Subgrupo Itararé, raramente são utilizados filtros e tubos lisos para a sustentação das paredes dos poços. Porém, em alguns casos, quando as condições de permeabilidade e porosidade do material da formação permite a intensa circulação da água meteórica, geralmente arenitos, podem ocorrer extensos intervalos de sedimentos alterados que, desta forma, se tornam friáveis e desmoronantes, sendo necessário, então, o uso de filtros e tubos lisos para a sustentação das paredes dos poços.

O uso de filtros requer, para que o material da formação não passe pelas ranhuras, disposições técnicas específicas, tanto da granulometria do envoltório, quanto da abertura dos filtros (YASSUDA *et al.* 1965).

Dentre os poços construídos pelo Instituto Geológico em Tietê, o Poço nº 14 do SAMAE, apresentou, desde o início da perfuração, material friável e alterado, cuja granulometria é bastante representativa dos sedimentos arenosos da Formação Tietê no Município. As análises granulométricas do material, tomadas das amostras obtidas nas profundidades de 32,5m, 43,2m e 67,0m, encontram-se na forma de tabelas (TABELA 3).

Na Figura 14 é mostrada a curva granulométrica do material da Formação Tietê, obtido na profundidade de 32,50m, na sondagem do Poço nº14 do SAMAE, no Bairro Sete Fogões.

O coeficiente de uniformidade do material da formação foi calculado em 9. Assim, pode-se usar o fator 6 de multiplicação, passando pelo ponto $d_{70\%}$ já que o material é pouco uniforme (JOHNSON, 1966). O ponto $d_{70\%}$ do material do envoltório é igual a 0,6mm. A curva granulométrica do material do envoltório foi obtida por tentativas e o diâmetro do pré-filtro ficou compreendido entre 0,5 e 1,1mm. A abertura máxima dos filtros foi estimada em 0,5mm.

Como a abertura dos filtros é pequena e a granulometria do pré-filtro é predominantemente arenosa, optou-se por vedar os intervalos da formação cuja granulometria é igual ou inferior à obtida para esta amostra.

Na Figura 15 é mostrada a curva granulométrica da Amostra 02 do Poço nº 14, tomada na profundidade de 43,20m. O coeficiente de uniformidade da formação foi calculado em 4,5. Assim, usou-se o fator 5 de multiplicação para se obter o ponto $d_{70\%} = 1,6\text{mm}$ do material do envoltório, segundo o método descrito por JOHNSON (1966). Traçando-se, por tentativas, a curva granulométrica do material do envoltório, verificou-se que o diâmetro dos grãos ficava entre 1,3 e 3,0mm. A abertura dos filtros, para reter 90% do material do envoltório é estimada em 1,4mm.

Coeficiente de uniformidade da formação: $u = d_{40\%} / d_{90\%}$

$$u = 0,18 / 0,02 = 9$$

Coeficiente de uniformidade do envoltório:

$$u = 0,7 / 0,5 = 1,4.$$

FIGURA 14. Curvas granulométricas do material do envoltório e da formação da Amostra 01 nº14 do SAMAE, do Bairro Sete Fogões.

AMOSTRA 02 - 43,20m

Coeficiente de uniformidade da formação: $u = d_{40\%} / d_{90\%}$

$u = 0,45 / 0,1 = 4,5$

Coeficiente de uniformidade do envoltório:

$u = 1,72 / 1,4 \approx 1,23$

FIGURA 15. Curvas granulométricas do material do envoltório e da formação da Amotra 02 do Poço nº14 do SAMAE, do Bairro Sete Fogões.

Como o intervalo acima é predominantemente grosseiro, e havendo intervalos de granulometria mais fina onde é necessário o uso de filtros, coletou-se mais uma amostra, na profundidade de 67,00m, para o cálculo da disposição final dos tubos de filtros.

Na Figura 16 é mostrada a curva granulométrica da Amostra 03, coletada na profundidade de 67,00m. Como o coeficiente de uniformidade da formação é igual a 2,5, usou-se o fator 4. de multiplicação para a obtenção do ponto $d_{70\%} = 0,88\text{mm}$ do material que será utilizado como envoltório. Verifica-se que li. granulometria do material deverá estar contida no intervalo entre 0,7 e 1,5mm e a ranhura dos filtros deverá ser de 0,75mm para reter 90% do material do envoltório.

Com os resultados das análises granulométricas dos sedimentos da Formação Tietê, no local do Poço nº 14 do SAMAE, verificou-se que a abertura recomendada para os filtros ~ de 0,75mm e a granulometria do pré-filtro, entre 0,7 e 1,5mm, devendo ser revestidos com tubos lisos os intervalos de granulometria menor do que a da Amostra 03.

De uma forma geral, a experiência mostra que, para os sedimentos friáveis da Formação Tietê, os tubos de filtros devem possuir abertura máxima de 1mm e o material do envoltório granulometria compreendida entre 1 e 2mm, sendo recomendado um espaço anelar de 100mm, preenchido com o material granuloso, para um perfeito desenvolvimento do poço.

5.3.2. Ensaio de bombeamento em poços.

Na Tabela 4 são apresentados os dados, corrigidos em função de uma vazão média, de alguns dos testes de vazão realizados nos poços tubulares profundos, construídos pelo Instituto Geológico, no Município de Tietê. Estes dados constituem uma memória de cálculo, útil para determinação das características hidrodinâmicas dos aquíferos atravessados pelas sondagens.

Os testes de vazão foram realizados com compressores a óleo diesel, de grande porte, com capacidade de 0,118 metros cúbicos de ar por segundo, pressão de arranque de 7 a 8 kgf/cm². Os tubos de saída d'água e os tubos de injeção de ar formavam um mesmo conjunto e o tubo de medição de nível era descido separadamente. Os medidores de nível usados eram do tipo elétrico, com amperímetro, e as vazões foram medidas em tambores de 220 litros.

Os dados do teste de vazão realizado em 1982 no Poço SAMAE nº 3, situado na Rua da Bomba, junto à antiga Estação de Tratamento, se encontram na Tabela 4.

Quando o Poço nº 3 do SAMAE foi inaugurado em 06 de março de 1963, o teste de vazão realizado apresentou os seguintes valores:

AMOSTRA 03 - 67,00m

Coeficiente de uniformidade da formação: $u = d_{40\%} / d_{90\%}$

$$u = 0,3 / 0,12 = 2,5$$

Coeficiente de uniformidade do envoltório:

$$u = 1,2 / 0,76 \approx 1,58$$

FIGURA 16. Curvas graunlométricas do material do envoltório e da formação da Amostra 03 do Poço nº14 do SAMAE, do Bairro Sete Fogões.

nível estático = 7m

nível dinâmico = 26,4m

vazão = $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$ ($54,6 \text{ m}^3/\text{h}$)

Após um período de exploração de 18 anos, foi realizado um novo teste de vazão no poço, pois o mesmo apresentava queda na vazão e rebaixamento do nível estático e dinâmico.

Com o novo teste obteve-se os seguintes valores:

nível estático = 16,86m

nível dinâmico = 67,56m

vazão = $9,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ($29,217 \text{ m}^3/\text{h}$)

As diferenças de níveis e de vazões encontradas no Poço nº3 do SAMAE nos testes realizados em 1963 e em 1982, e existentes até o momento, são devidas, provavelmente, à interferência de poços construídos nas vizinhanças do local, no final da década de 70, ou mesmo, ao esgotamento das camadas aquíferas, exauridas por um sistema de extração ininterrupto ao longo de duas décadas.

Além do Poço nº 3 do SAMAE, na Tabela 4 são apresentados os dados dos testes de vazão realizados nos Poços nºs 8, 10 e 14 do SAMAE. Após 12 anos de exploração, o Poço nº 8 não apresenta queda na vazão ou nos níveis, fornecendo uma média de $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ ($36 \text{ m}^3/\text{h}$) de água, sendo bombeado 16 hs por dia. No Poço SAMAE nº10, do Bairro da COHAB, a vazão explorada, de $1,05 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$ ($38 \text{ m}^3/\text{h}$), se encontra inalterada ao longo dos anos. O Poço nº 14 do SAMAE, embora possa produzir vazões superiores, é pouco explorado, pois abastece um bairro pequeno da zona rural, o Bairro Sete Fogões, cuja demanda é da ordem de $1,38 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ($5 \text{ m}^3/\text{h}$).

Com os testes de vazão realizados nos poços acima descritos, e de alguns outros poços que possuíam dados fidedignos, foi possível o cálculo dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos do Subgrupo Itararé, na área de estudo, que é objeto de discussão no item seguinte.

5.3.3. Cálculo dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos.

Nos estudos dos aquíferos do Subgrupo Itararé o enfoque dos diferentes autores é dado na tentativa de correlacionar os ambientes deposicionais do Subgrupo Itararé, com vazões de poços tubulares profundos. Evidentemente existe esta relação, como é bem exemplificado nos modelos propostos por STEVAUX *et al* (1987) e UNESP (1986).

Neste trabalho se procura classificar os aquíferos do Subgrupo Itararé segundo os modelos propostos por Theis, Jacob e Hantush, que os desenvolveram a partir da Lei de Darcy para escoamento de fluidos em meios porosos.

Assim, na área de estudo, os tipos de aquíferos serão definidos a partir da determinação das suas características hidrodinâmicas, usando-se os dados dos testes de vazão realizados nos poços tubulares profundos e, através da comparação com os modelos propostos pelos autores acima citados, serão relacionados com as formações geológicas que ocorrem na parte superior do Subgrupo Itararé.

Os testes de vazão, levados a efeito para a determinação da produtividade dos poços, quando interpretados criteriosamente podem proporcionar a definição do tipo de aquífero e das suas características hidrodinâmicas, tais como a transmissividade e o coeficiente de armazenamento, de acordo com os conceitos definidos por THEIS (1935) e HANTUSH (1956).

Para poços que penetram aquíferos confinados, cujo rebaixamento se processa em regime não permanente (o rebaixamento é função do tempo de bombeamento), KRUSEMAN & DE RIDDER (1976) admitem que valem as equações propostas por Theis e as simplificações adotadas por Jacob (JACOB, 1940; COOPER & JACOB, 1946). Desta forma, pode-se utilizar o método analítico da superposição entre os dados de rebaixamento (em metros) x tempo de bombeamento (em segundos), plotados em papel di-logaritmico e os valores tabelados da função $W(u)$ x $1/u$, também plotados em papel di-logaritmico, obtendo-se como resultado os parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos.

A função $W(u)$ é definida pela integral $\int_u^{\infty} e^{-u} \cdot du/u$, onde $1/u = r^2 \cdot S/4Tt$, sendo:

r = distância do piezômetro ao poço bombeado, em metros.

S = coeficiente de armazenamento (parâmetro adimensional, a ser determinado).

t = tempo de bombeamento, em segundos.

T = transmissividade do aquífero (parâmetro em m^2/s , a ser determinado).

O mesmo método pode ser empregado em poços que penetram aquíferos livres, embora o coeficiente de armazenamento deva ser corrigido, pois é função do rebaixamento da coluna saturada. O valor corrigido do coeficiente de armazenamento é dado pela expressão $S((m-s)/m) \cdot S'$ (JACOB, 1963), onde m = espessura da camada saturada, s = rebaixamento observado e S' = coeficiente de armazenamento calculado pelo método de Theis.

No caso de aquíferos semi-confinados, o método da superposição entre a curva da Função de Theis e a curva de dados de rebaixamento em função do tempo, plotadas em papel di-logaritmico, pode conduzir a erros consideráveis nos valores dos parâmetros hidrodinâmicos

calculados, já que o método de Theis foi definido para aquíferos confinados.

Para aquíferos semi-confinados HANTUSH (1956) desenvolveu um método de cálculo da transmissividade e do coeficiente de armazenamento, utilizando dados de rebaixamento x tempo obtidos em um piezômetro situado a distância r do poço, com fluxo radial, em regime não permanente. Chama-se de método do ponto de inflexão. O emprego do método é bem exemplificado no trabalho de RAGHUNAT (1982).

No método do ponto de inflexão plota-se os dados observados de rebaixamento x tempo em papel di-logaritmico. A partir da curva traçada pelos pontos plotados determina-se os valores s_i , t_i e Δs_i , que se referem ao ponto de inflexão, isto é o ponto onde o rebaixamento (s_i) possui metade do valor do rebaixamento do equilíbrio final da expressão:

$s = Q \cdot K_o(r/B) / 2\pi T$, obtido da fórmula de De Glee (HANTUSH & JACOB, 1954), onde $r/B = \sqrt{r/T(K'/b')}$, sendo

T = transmissividade do aquífero semi-confinado, em m^2/s

r = em metros

K' = condutividade hidráulica da camada semi-confinante (aquitarde), em m^2/s

b' = espessura da camada semi-confinante, em metros

$K_o(r/B)$ = função de Bessel modificada de segundo tipo e ordem zero.

Assim, por substituição, obtem-se as seguintes expressões:

$s_i = Q \cdot K_o(r/B) / 4\pi T(1)$ e, $u_i = r/2B$ ou $r/2B = r^2 s / 4T t_i$ (2)

A tangente à curva no ponto de inflexão (Δs_i) é igual ao rebaixamento por ciclo logaritmico de tempo, e é dada por:

$s_i = 2,3 \cdot Q \cdot e^{-r/B} / 4\pi T$ ou, $r = 2,3 \cdot B \cdot (\log 2,3 \cdot Q / 4\pi T - \log \Delta s_i)$

A partir do valor da função $e^{r/B} K_a(r/B)$ encontra-se o valor de r/B e $K_o(r/B)$, tabelados por HANTUSH & JACOB (1954).

O valor da transmissividade é obtido resolvendo-se a equação (1) e do coeficiente de armazenamento, resolvendo-se a equação (2).

Outro método utilizado para obtenção dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos semi-confinados é o método da superposição de Hantush. No método de Hantush para cada valor de r/B e de u , temos um correspondente valor de $W(u, r/B)$. Traçando-se o gráfico da função $W(u, r/B)$ x $1/u$, a partir de valores tabelados (CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983) em papel di-logaritmico, e fazendo-se coincidir a maior número de pontos da mesma forma que é feito no método da superposição da função de Theis, descrito anteriormente.

A partir de um dos pontos coincidentes obtem-se os valores de $W(u, r/B)$, $1/u$, s e t , que são suficientes para o cálculo da transmissividade (T) e do coeficiente de armazenamento (S) do aquífero semi-confinado.

Utilizando-se os métodos acima descritos e com os dados do teste de vazão realizado no Poço nº 8 do SAMAE, em 1978 (TABELA 4), foi construído o gráfico da função rebaixamento x tempo de bombeamento e da função de Hantush (FIGURA 17). Empregando-se o método da superposição de Hantush conforme WALTON (1970) e utilizando-se as equações formuladas para aquíferos semi-confinados desenvolvidas por HANTUSH (1956), temos:

$$Q = 8,861 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \text{ (31,9 m}^3/\text{h)}$$

$$s = Q \cdot W(u, r/B) / 4\pi T \text{ ou}$$

$$s = 18\text{m} = 8,861 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \cdot 4,7 / 4\pi T \text{ (dados obtidos a partir do ponto coincidente do gráfico da Figura 17).}$$

$$\text{Resolvendo, } T = 1,841 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \text{ (15,912 m}^2/\text{dia).}$$

Sendo r_p = diâmetro máximo da perfuração dividido por 2, temos:

$$r_p = 6" \text{ ou } r = 0,1524\text{m}$$

$$r_p^2 = 0,0232\text{m}^2$$

$$u = r^2 S / 4Tt \text{ ou}$$

$$u = 1/970 = 0,0232\text{m}^2 \cdot S / 4 \cdot 1,841 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 3960\text{s} \text{ (dados obtidos a partir do ponto coincidente da Figura 17).}$$

$$\text{Resolvendo, } S = 0,13$$

Os parâmetros obtidos acima, transmissividade igual a $1,841 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ e coeficiente de armazenamento igual a 0,13 são para o Aquífero Tietê, no local do Poço nº8, junto à Editora Deca, na Rodovia Marechal Rondon. Embora o valor encontrados para a transmissividade não seja alto, em torno de $2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, e o coeficiente de armazenamento admita uma porosidade máxima de 13% para as camadas aquíferas, o poço fornece uma vazão razoável, atingindo uma produção de $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ ($36 \text{ m}^3/\text{h}$), sendo bombeado 20hs por dia há mais de 10 anos.

Com os dados do teste de vazão realizado no Poço nº10 (TABELA 4) plotados em gráfico (FIGURA 18) e empregando-se o método da superposição de Theis, conforme WALTON (1970), que utiliza as equações formuladas por Theis e adaptadas por JACOB (1963), para aquíferos livres, temos:

$$Q = 5,333 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \text{ (19,2 m}^3/\text{h)}$$

$$s = Q \cdot W(u) / 4\pi T$$

$$s = 15,5\text{m} = 5,333 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \cdot 6,2 / 4\pi T \text{ (dados obtidos a partir do ponto coincidente da Figura 18).}$$

$$\text{Resolvendo, } T = 1,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \text{ (14,664 m}^2/\text{dia).}$$

$$\text{Sendo } r_p = 0,18\text{m} \text{ (diâmetro máximo da perfuração dividido por dois) e } r_p^2 = 0,0316\text{m}^2,$$

temos:

FIGURA 17. Emprego de método da superposição de Hantush (WALTON, 1970) para cálculo dos parâmetros hidrodinâmicos do Aquífero Tietê, no local do Poço nº8 do SAMAE.

FIGURA 18. Emprego de método da superposição de Theis (WALTON, 1970) para cálculo dos parâmetros hidrodinâmicos do Aquífero Tietê, no Bairro da COHAB.

$$u = r^2 S' / 4Tt \text{ ou}$$

$$S' = 4.1,7.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \cdot 2340 \text{ s} \cdot 10^{-3} / 0,0316 \text{ m}^2 \text{ (dados obtidos a partir do ponto coincidente da$$

Figura 18).

Resolvendo, $S' = 0,05$ ou 5%.

Para aquíferos livres JACOB (1963) usa o fator de correção: $S = ((m-s)/m)S'$ ou

$$S = ((154,55 - 22,73) / 154,55) \cdot 0,05 = 0,04 \text{ ou } 4\%.$$

Os parâmetros obtidos acima, $T = 1,7.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ e $S = 0,04$, são para o Aquífero Tietê, no local do Poço nº 10 do Bairro da COHAB, de Tietê.

Com os dados do teste de vazão realizado no Poço nº 14 do SAMAE, plotados em gráfico (FIGURA 19), e empregando-se o método da superposição de Theis, conforme WALTON (1970) e utilizando as fórmulas para aquífero confinado desenvolvidas por THEIS (1935), temos:

$$Q = 5,833.10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \text{ (21 m}^3/\text{h)}$$

$$s = Q \cdot W(u) / 4\pi T.$$

$$s = 12,77 \text{ m} = 5,833.10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \cdot 11,5 / 4\pi T \text{ (dados obtidos a partir do ponto coincidente da Figura 19).}$$

$$\text{Resolvendo, } T = 4,2.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \text{ (36,12 m}^2/\text{dia).}$$

$$\text{Sendo } r_p = 0,19 \text{ m (diâmetro máximo da perfuração dividido por dois) e } r_p^2 = 0,0361 \text{ m}^2,$$

temos:

$$u = r^2 S / 4Tt \text{ ou}$$

$$S = 4,4,2.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \cdot 3600 \text{ s} \cdot 5 \times 10^{-6} / 0,0361$$

$$\text{Resolvendo, } S = 8,34.10^{-4}.$$

Com os parâmetros obtidos, $T = 4,2.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ e $S = 8,34.10^{-4}$, verifica-se que os sedimentos da Formação Tietê, no local do Bairro Sete Fogões, tem um comportamento de aquífero confinado pois o valor do coeficiente de armazenamento está dentro da faixa deste tipo de comportamento hidráulico segundo CUSTÓDIO & LIAMAS (1983).

Com o emprego dos métodos acima descritos e exemplificados, encontrou-se uma faixa de valores para a transmissividade, na área de estudo, compreendida entre 7.10^{-5} e $4,3.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, para os sedimentos arenosos da Formação Tietê, e sempre inferior a $4.10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, para os sedimentos pouco permeáveis da Formação Capivari.

Verifica-se, pela bibliografia existente, que com os dados dos testes de vazão realizados em poços tubulares, pode-se calcular a transmissividade dos aquíferos com razoável precisão. Já, para o cálculo do coeficiente de armazenamento com uma igual precisão, seria necessário a construção de poços de observação (piezômetros), nas proximidades do poço bombeado. Embora este procedimento seja necessário para o melhor conhecimento do comportamento hidrodinâmico dos sedimentos do Subgrupo Itararé, não foi utilizado neste trabalho, devido à ausência deste tipo

FIGURA 19. Emprego do método da superposição de Theis (WALTON, 1970) para cálculo dos parâmetros hidrodinâmicos do Aquífero Tietê, no Bairro Sete Fogões.

de dado, pois as perfurações para captação de água subterrânea são bastante profundas e para a construção de piezômetros ou de poços de observação o Instituto Geológico teria que arcar com um custo muito elevado nas obras de captação que, em grande parte, são pagas pelos interessados, cujo interesse se restringe à produtividade dos poços.

5.3.4.Hidroquímica.

Na Tabela 5 são mostrados os dados das análises químicas efetuadas em 17 amostras de água dos poços tubulares profundos do Médio Rio Tietê.

O objetivo do estudo hidroquímico realizado foi a caracterização da composição química das águas, a partir da coleta de amostras e respectiva análise de laboratório, efetuada na CETESB, cujos resultados foram interpretados de acordo com os métodos convencionais.

As águas de 17 poços da região foram classificadas segundo a sua composição química pelo método de Stiff para cada amostra e pelo método de Piper para o aquífero (CUSTODIO & LIAMAS,1983).

De maneira geral, as águas subterrâneas da região se apresentam pouco mineralizadas. O DAEE (1982) menciona que tal fato se deve à alta taxa pluviométrica e a densa rede de drenagem da região.

O pH varia, na totalidade das amostras, entre 7 e 9,7, predominando águas alcalinas. A temperatura média das águas se situa em torno de 24°C. A condutividade elétrica é sempre menor que 560 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Na Figura 20 é mostrada a relação entre a condutividade elétrica e o resíduo fixo. Verifica-se que a correlação entre estes dois parâmetros é muito boa, atingindo 93,62%.

Na Figura 21 é mostrada a distribuição relativa dos ânions principais e na Figura 22 é mostrada a distribuição relativa dos principais cátions.

O Eh das águas, cujos valores estão intimamente ligados ao pH, são sempre negativos na região do Médio Rio Tietê exceto para uma amostra, obtida no poço da Chacara Doutoradinho.

A partir do diagrama triangular de Piper (FIGURA 23), observa-se que, embora as águas subterrâneas na região sejam sempre bicarbonatadas, não há um tipo de cátion com grande predomínio, podendo ser cálcicas, magnesianas, sódicas ou mistas, variando de forma bastante heterogênea. Das 17 amostras coletadas, 11,7% são bicarbonatadas cálcicas, 23,5% são magnesianas, 11,7% são mistas e 41,3% são bicarbonatadas sódicas.

FIGURA 20. Relação entre resíduo fixo e a condutividade das águas subterrâneas no Médio Rio Tietê, Município de Tietê.

FIGURA 21. Distribuição relativa dos ânions principais, nas águas dos poços do Médio Rio Tietê, Município de Tietê.

FIGURA 22. Distribuição relativa dos cátions principais, nas águas dos poços do Médio Rio Tietê, Município de Tietê.

diagrama piper de análise de água

teores em % de miliequivalentes por litro

FIGURA 23. Diagrama de Piper das águas subterrâneas do Médio Rio Tietê, Município de Tietê.

No mapa de distribuição da composição química das águas subterrâneas, na escala 1:100.000 (ANEXO 2), pode ser observado, através dos diagramas de Stiff, em cada ponto, as variações das composições químicas das águas.

Para análise da potabilidade das águas foram utilizado os diagramas de Schoeller-Berkaloff. Devido ao grande número de superposição de linhas, as figuras não estão representadas neste trabalho, mas os diagramas mostram que as águas subterrâneas na região do Médio Rio Tietê, no Município de Tietê, são de excelente qualidade para o consumo humano, atendendo todos os padrões de potabilidade, sejam nacionais ou internacionais.

O exame de qualidade das águas para fins industriais varia de acordo com o perfil de cada indústria instalada, segundo CAMPOS (1987). Abaixo são apresentados o limite ou intervalo de tolerância para cada tipo de indústria e os teores encontrados nas 17 amostras coletadas.

-Frigoríficos:- O limite exigido para este tipo de indústria é o teor de ferro que não deve exceder 0,5 mg/l. No caso deste tipo de indústria, as águas subterrâneas são adequadas para os fins que se destinam em todas as amostras coletadas. Este fato é muito importante na região, já que existem muitos abatedouros de aves e que utilizam água proveniente de poços tubulares profundos.

-Alimentos:- O limite exigido é de 0,2 mg/l de ferro. Das amostras coletadas, apenas uma, situada no Sítio São Francisco, próximo a Cerquilha, não atende ao padrão.

-Curtumes:- Para este tipo de uso são requeridas águas moderadamente brandas, entre 50 a 135 mg/l de dureza, alcalinidade máxima de 135 mg/l, pH máximo igual a 8 e 0,2 mg/l de ferro. Das amostras, somente 3 estão dentro dos padrões de alcalinidade exigidos, embora quanto à dureza não haja problemas.

- Textil:- O limite exigido é de 20 mg/l de dureza e um máximo de 0,25 mg/l de ferro. Somente os poços: nº8 do SAMAE, nº 32 da Estação de Sementes e Mudas, e nº 48 do Sítio Santa Rosa, atendem os padrões exigidos. Todas as demais águas necessitariam de abrandamento para este tipo de indústria.

-Enlatamento de produtos vegetais:- A dureza deve se situar entre 25 e 75 mg/l o teor de ferro deve ser inferior a 0,2 mg/l e o teor de fluor inferior a 1,0 mg/l. Os poços de números, 03, 04, 08, 09, 11 e 14 do SAMAE, e os poços da Estação de Sementes e Mudas não atendem aos padrões de dureza estabelecidos para este tipo industrial.

-Cervejaria:- Os limites exigidos para este tipo de indústria são: a alcalinidade, que não deve exceder 75 mg/l; o resíduo fixo, que deve ser inferior a 500 mg/l; o pH, que deve se situar entre 6,5 a 7; o teor de cálcio, que deve se situar entre 100 e 200 mg/l; o teor de ferro, que deve ser inferior a 0,1mg/l e o teor de fluor, que deve ser inferior a 1,0 mg/l. Observa-se, dos resultados das análises, que nenhuma das amostras estão dentro do critério químico exigido, embora a cidade de Tietê possua uma importante indústria de cervejaria: a Schinchariol, que possui o primeiro poço

tubular profundo construído no Município.

Para uso industrial em caldeiras, onde o máximo permitido para pressão de trabalho entre 0 e 10 Kgf/cm² é de: 80 mg/l de dureza, 40 mg/l de sílica, 20 mg/l de bicarbonatos, 200 mg/l de carbonatos e pH acima de 8; verifica-se que as águas subterrâneas da região são altamente impróprias, produzindo incrustações ou corrosões nocivas.

Quanto ao uso na agricultura, em irrigação, as águas apresentam baixo risco de salinização e de sódio, com exceção do Poço nº 8 do SAMAE, onde o risco de sódio é alto, e dos Poços nº 6 do SAMAE e da Estação de Sementes e Mudas, onde o risco de sódio é médio, conforme pode ser visto no diagrama da Figura 24. Em geral, não apresentam problemas quanto ao uso na agricultura.

5.3.5. Isótopos ambientais nas águas subterrâneas.

Foram coletadas amostras de águas subterrâneas de 10 poços tubulares profundos, escolhidos de forma a estarem distribuídos por toda a área de estudo, para análises dos isótopos naturais, sendo uma coleta realizada no fim do período seco, e outra, no fim do período chuvoso. A finalidade destas coletas em períodos diferentes foi para verificar se não houve mudanças isotópicas que indicassem influências da sazonalidade climática na recarga profunda, num período anual.

Oxigênio-18 e deutério nas águas subterrâneas.

Os resultados das análises isotópicas das águas subterrâneas de amostras coletadas em 16/11/88, nas bocas dos poços, são mostrados na tabela abaixo:

FIGURA 24. Classificação das águas subterrâneas do Médio Rio Tietê para o uso em irrigação.

<u>Poço n°</u>	<u>Localização</u>	<u>Oxigênio 18</u>	<u>Deutério</u>
01	Bairro Vila Nova	-8,68	-54,9
02	Jumirim	-8,13	-50,9
05	R.Prof.Madeira	-7,67	-48,6
06	Bairro São Roque	-8,62	-55,0
08	Rod.Mar.Rondon	-8,65	-53,0
09	Est. Tratamento	-7,38	-46,4
12	Bairro Bela Vista	-7,63	-46,8
14	Bairro Sete Fogões	-8,35	-53,7
32	Est.Sem. e Mudás	-8,71	-59,8
48	Sítio Santa Rosa	-7,11	-42,1

Em 31/03/89 foi realizada nova coleta de amostras nos poços, após o período de chuvas, para verificação de eventuais mudanças no conteúdo isotópico das águas subterrâneas. Os resultados obtidos são mostrados na tabela seguinte.

<u>Poço</u>	<u>Localização</u>	<u>Oxigênio 18</u>	<u>Deutério</u>
01	Bairro Vila Nova	-8,84	-56,4
02	Jumirim	-8,03	-51,5
05	R.Prof.Madeira	-7,81	-49,4
06	Bairro São Roque	-8,66	-58,0
08	Rod.Mar.Rondon	-8,54	-57,2
09	Est.Tratamento	-7,40	-47,3
12	Bairro Bela Vista	-7,72	-48,7
14	Bairro Sete Fogões	-8,51	-55,8
32	Est.Sem. e Mudás	-8,52	-56,2
48	Sítio Santa Rosa	-7,15	-46,3

Os resultados, de ambas as coletas, plotados em gráfico (FIGURA 25), se mostram mais negativos que a linha meteórica mundial (CRAIG, 1961a; 1961b :in SILVA, 1983). Não há grandes discrepâncias entre os resultados obtidos no fim do período seco e após o período chuvoso, indicando que a recarga profunda não dependeu das sazonalidades climáticas, durante o ano hidrológico 1988/89.

A linha meteórica mundial, apresentada no gráfico da Figura 25, é construída a partir do efeito da condensação da água diretamente evaporada dos oceanos e precipitada nos continentes, na forma de chuvas ou nevascas, sendo que o valor isotópico Oxigênio 18 e Deutério é dado em relação ao valor SMOW (Standard Mean Ocean Water). A reta média é dada pela equação: $\delta D = 8\delta^{18}O + 10$ e, sendo $\delta = ((R_{amostra}/R_{SMOW}) - 1) \cdot 1.000$.

FIGURA 25. Relação entre teores de ^{18}O e deutério nas águas subterrâneas do Médio Rio Tietê, Município de Tietê, SP.

O aumento da razão $R_{amostra} = {}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$ e D/H, com o conseqüente enriquecimento isotópico é produzido pelo efeito precipitação, relacionado com as águas evaporadas diretamente das áreas continentais, quando as moléculas com átomos mais leves ${}^{16}\text{O}$ e H, tendem a migrar para a fase gasosa (CRAIG et al. 1963).

CRAIG (1961a;1961b) postula que as águas mais negativas isotópicamente, em relação ao padrão SMOW, como as águas coletadas na boca dos poços na região do estudo, são provenientes de águas precipitadas oriundas de regiões continentais e expostas a processos contínuos de evaporação.

CAPÍTULO 6

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

A interpretação e definição da estratigrafia dos sedimentos do Subgrupo Itararé tem sido dificultada, ao longo dos anos, devido à sua diversidade faciológica e ampla variação litológica, tanto em superfície quanto em profundidade. Esta característica típica dos sedimentos originados em ambiente glacial é bem reconhecida pelos diversos autores.

Para fins hidrogeológicos, a ausência de um mapa geológico, que contenha as características e os diferentes tipos litológicos que ocorrem no Subgrupo Itararé, impede o conhecimento do comportamento hidrodinâmico das camadas sedimentares, trazendo prejuízos na locação dos poços tubulares, que são feitos aleatoriamente e, por esta razão, se tornam sempre um investimento de risco, com resultados nem sempre promissores.

Neste trabalho, a conjugação do conhecimento geológico e hidrogeológico de subsuperfície, conseguido através da descrição dos testemunhos das sondagens realizadas para fins de captação de água subterrânea e, através da interpretação cuidadosa dos testes de vazão, associado a um levantamento geológico de superfície, com levantamentos de campo e interpretação de fotografias aéreas, permitiram a definição das formações geológicas que ocorrem na parte superior do Subgrupo Itararé e, de suas características hidrodinâmicas.

Analisando-se o subitem 5.2.1 que trata dos excedentes hídricos, verifica-se que a infiltração das águas provenientes das precipitações se dá preferencialmente nos meses de novembro a março, coincidindo com a estação quente, quando é grande a taxa pluviométrica e o solo encontra-se saturado, já tendo sido atingida a capacidade de campo.

A análise do item 5.3.5 que trata dos isotópos ambientais, indica que as águas subterrâneas coletadas para exame do conteúdo isotópico apresentam distribuição divergente em relação à linha meteórica mundial, provavelmente causada pelo efeito evaporação, o que indica recarga proveniente de precipitações oriundas de massas continentais (FREEZE & CHERRY, 1979). A recarga profunda dos aquíferos se processa durante todo o ano, apesar das sazonalidades climáticas.

Verificamos, nos itens anteriores, que a água subterrânea possui uma importância primordial no abastecimento do Município de Tietê, tanto da zona urbana quanto da zona rural, e que a Formação Tietê, do Subgrupo Itararé, se mostra como um excelente reservatório subterrâneo, capaz de suprir toda a demanda atual.

Do total da população urbana do Município de Tietê, cerca de 90% são abastecidos por 13 poços tubulares profundos, todos pertencentes ao SAMAE, e localizados dentro do perímetro urbano. Além destes, existem mais dois poços do SAMAE que abastecem o Distrito de Jumirim e um que abastece o Bairro Sete Fogões, localizado na zona rural.

A análise dos subítens 5.2.2 e 5.2.2.1 que tratam do cálculo do balanço hídrico, mostra que é difícil o cálculo do total da água infiltrada no terreno e que vai recarregar os aquíferos da região, face ao grande número de variáveis envolvidas no ciclo hidrológico. Destes subítens pode-se inferir um valor estimativo de 100mm/ano por m² de área, em média, ou seja; 8,3% da média anual da precipitação.

Utilizando o valor estimativo de 100mm/ano por m² e considerando que o Município possui 451km² de área, teremos um total anual de 45.100.000 m³/ano de recarga ou de potencial renovável de água subterrânea.

Para a demanda prevista para o ano 2.000, de 250 l/dia por habitante e para uma população prevista de 25.100 pessoas, serão necessários 2.290.375 m³ de água por ano para atender ao consumo, ou seja; 5,1% do potencial renovável anualmente. Verificamos que, sendo assim, o potencial renovável anualmente é bastante suficiente para atender à toda população, no ano 2.000, se as atuais condições de cobertura nas zonas de recarga forem mantidas.

CONCLUSÕES.

O mapeamento geológico da área compreendida pelo Médio Rio Tietê, no Município de Tietê, permitiu caracterizar as formações geológicas do Subgrupo Itararé, em sua secção superior. A Formação Tietê, estratigraficamente disposta no topo do Subgrupo Itararé, originou-se em ambiente glácio-fluvial e costeiro, sendo composta, predominantemente, por termos elásticos grosseiros. Ocupa posições em antigos vales escavados em um acidentado paleo-relevo glacial; constituído por sedimentos consolidados ou semi-consolidados, da Formação Capivari, onde predominam lamitos e que ocupa posição estratigráfica inferior.

Com a análise criteriosa dos dados geológicos e hidrogeológicos obtidos através dos testemunhos das sondagens executadas para a construção de poços tubulares profundos e dos testes de vazão realizados, foi possível a separação de duas unidades do Subgrupo Itararé, no Município de Tietê, com diferentes características hidrogeológicas: a Formação Capivari e a Formação Tietê. Este fato é importante pois contribui para o conhecimento estratigráfico do Subgrupo Itararé no Estado de São Paulo, que tem sido, durante muito tempo, objeto de diversas tentativas, por diferentes autores e, passa a auxiliar a locação dos poços tubulares profundos nas unidades do Subgrupo Itararé, visando uma maior produtividade, o que nem sempre tem sido conseguido pela ausência de informações sobre os parâmetros hidrogeológicos das camadas sedimentares atravessadas pelas sondagens.

O cálculo do excedente hídrico e o balanço hídrico realizado, mostrou que a média de precipitação anual em 35 anos de dados históricos é de 1185mm, e permitiu estimar a recarga em 100mm/ano, na região do Médio Rio Tietê, no Município de Tietê.

A Formação Tietê apresenta excelentes perspectivas para a captação de água subterrânea, sendo determinados valores variáveis para a transmissividade do aquífero, entre 14 e 36 m²/dia, e vazões entre 30 e 80m³/h, dependendo das características locais dos litossomas atravessados pelas perfurações.

A caracterização hidroquímica permitiu constatar que as águas subterrâneas na região são fracamente salinizadas, de ótima qualidade para o consumo humano, apresentando, entretanto, limitações quanto ao uso industrial, em consequência da dureza e da alcalinidade, algumas vezes elevada.

É fácil de se constatar no campo que a ausência de dados técnicos sobre os poços é uma constante generalizada. Para que este fato seja evitado, existe uma lei estadual, ainda não regulamentada (Lei nº 6.134, de 2 de junho de 1988) que obriga os construtores de poços a executar um relatório técnico sobre a obra no qual conste o perfil geológico atravessado e os parâmetros hidrogeológicos no local da perfuração. Muitos poços checados no campo sequer possuem um relatório com as especificações técnicas da obra, os níveis e as vazões obtidas, e os equipamentos utilizados para extração da água destes poços.

Utilizando-se dos métodos de caracterização dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos empregados neste estudo, alguns equipamentos de extração de água dos poços foram dimensionados no Município de Tietê, como os dos Poços n^{os} 9, 10, 12, 13, 14 e 16 do SAMAE, cuja extração bem sucedida ao longo dos anos comprova a necessidade de se efetuar estudos hidrogeológicos localizados quando se almejam bons resultados na exploração dos recursos hídricos subterrâneos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ALMEIDA,F.F.M . .1948. A "roche moutonnée" de Salto,Estado de São Paulo. São Paulo.
Rev. GeoL Met., Escola Polit~cnica, USP, (5): 112-118.
- ALMEIDA,F.F.M. 1964. Fundamentos geológicos do relêvo paulista. In: *IGG.Geologia do Estado de São Paulo*. São Paulo. p.167-274. (Boletim 41).
- ALMEIDA,F.F.M.; HASUI,Y.; PONÇANO,W.L; DANTAS,AS.L; CARNEIRO, C.D.R.; MELO,M.S.: BISTRICHI, C.A 1981. *Mapa geológico do Estado de São Paulo*. Escala 1:500.000. São Paulo, SICCF-PROMINÉRIO/IPT, Publicação IPT nº 1.184, Vol. I, 126p.
- AMARAL,S.E. 1965. Nova ocorrência de rocha moutonnée em Salto,SP. *Bol. Soc. Bras. Geol.* 14 (1 e 2):71-82.
- BARBOSA,O.; ALMEIDA,F.F.M. 1949. *A série Tubarão na bacia do rio Tietê, Est. de São Paulo*. Rio de Janeiro, DNPM/Div.Geol.Min. 16p. (Notas Preliminares e Estudos, Boletim 48).
- BARBOSA,O.; GOMES,F.A 1958. *Pesquisa de petróleo na bacia do rio Corumbatai, Est. de São Paulo*. Rio de Janeiro. DNPM/Div.Geol.Min .. 40p. (Boletim 171).
- CAETANO-CHANG, M.R. 1984. *Análise ambiental e estratigráfica do Subgrupo Itararé (P-C) no sudoeste do Estado de São Paulo*. São Paulo. 310 p. (Tese de doutoramento, Instituto de Geociências da USP).
- CAETANO-CHANG, M.R.; LANDIM, P.M.B. 1987. Evolução ambiental da sedimentação do Subgrupo Itararé na área de Itararé-Itaporanga (SP). In:SIMP. REG. DE GEOL, 6. Rio Claro, 1987. *Atas ...* São Paulo, SBG. v.1,p.339-353.
- CAMARGO, AP. 1973. *Balanço hídrico no Estado de São Paulo*. Campinas, IAC. 24p. (BOLETIM 116).
- CAMPOS, H.C.N.S. 1987. *Contribuição ao estudo hidrogeoquímico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo*. 160p. (Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências da USP).

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB).

1984. *Diagnóstico da área de proteção ambiental Tietê -Projeto DAEE 454.924*. São Paulo, CETESB.

COTTAS H.H.; FIORI, AP.; LANDIM, P.M.B. 1981.Divisão faciológica do Subgrupo Itararé e da Formação Aquidauana no nordeste do Estado de São Paulo. In: SIMP. REG. GEOL., 3. *Curitiba Atas ...* São Paulo, SBG. v.2, p.103-115.

COOPER,H.H.; JACOB, C.E. 1946. A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history. *Am. Geophys. Union Trans.*, Washington, 27: p.526-534.

CRAIG, H. 1961b. Standards for reporting concentrations of deuterium and oxygen 18 in natural water *.science*, 133 (3467): 1833-1834.

CRAIG , H.; ..GORDON,L.I.; HORIBE,Y. 1963. Isotopic exchange effects in the evaporation of water *Journ. Geop. Res.*, 68 (17): 5079-5087.

CUSTÓDIO, E.; LIAMAS, M.R. 1983. *Hidrologia subterranea*. 2 ed. Barcelona, Omega, t. I eU, 2350p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE).1972. *Estudo de águas subterrâneas*. São Paulo, Secr. Servo Obras Públicas/DAEE, v.1: textos, tabelas e gráficos; v.2: mapas.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE).1981. *Estudo de águas subterrâneas. Região Administrativa 5 - Campinas*. São Paulo, DAEE, v.1: texto, 639p.; v.2: mapas.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE).1982. *Estudo de águas subterrâneas. Região Administrativa 4 -Sorocaba*. São Paulo, DAEE, v.1: texto ,256p. ; v.2: mapas.

- FERRIS,J.G.; KNOWLES,D.B.; BROWN,R.H.; STALLMAN,R.W. 1962. *Theory of aquifer tests*. Washington, U.S.Geol. Survey Water-Supply Paper 1536-E, 174p.
- FRAKES,L.A.; FIGUEIREDO F>,P.M.f; FULFARO,V J. 1968.Possible fossil eskers and associated features from the Paraná Basin, Brazil. *Journ. Sed. Pet.*, 38 (1): 5-12.
- FULFARO,V.J. 1989. Litoestratigrafia da passagem glacial/pós-glacial no Estado de São Paulo. In: SIMP. GEOL. SUDESTE., 1. Rio de Janeiro, 1989, *Atas ...* Rio de Janeiro, SBG, p.210-11.
- FULFARO,V.J.; STEVAUX,J.C.; SOUZA-FILHO,E.E.; BARCELOS,J.H. 1984. A Formação Tatuf (P) no Estado de São Paulo. In:CONGR. BRAS. GEOL., 33. Rio de Janeiro, 1984. *Anais ...* Rio de Janeiro, SBG, v.2, p.711-724.
- GAMA JR., E.G.; CAETANO, M.R.; WEYLER,G. 1980.Divisão faciológica do Grupo Itararé no centro leste do Estado de São Paulo. In: CONGR. BRAS. GEOL., 31. Balneário de Camboriú, 1980. Florianópolis, SBG, Resumos, Boletim nº 2, p.365366.
- GORDON,M. 1947. *Classificação das fonnações gondwanicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro, DNPM/Div.Geol.Min., 20p.(Notas Preliminares e Estudos, Boletim 38).
- HANTUSH,M.S. 1956. Analysis of data from pumping tests in leaky aquifers. *Am. Geophys. Union Trans.*, Washington, 37: 702-714.
- HANTUSH,M.S.; JACOB,C.E. 1954.Plane potencial flow of groundwater with linear leakage.*Am. Geophys. Union Trans.*, Washington, 35 (6): 917-936.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATfSTICA(IBGE).1970a*Folha topográfica de Ibitinma*. Escala: 1:50.000. Rio de Janeiro, Min. Plano Coord. Geral.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATfSTICA(IBGE).1970b.*Folha topográfica de Capivari*. escala 1:50.000. Rio de Janeiro,Min. Plano Coord. Geral.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE).1970c.Folha
topográfica de Laranjal Paulista. escala 1:50.000. Rio de Janeiro. Min. Plano Coord.
Geral.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE).1984. *Folha topográfica
de Porto Feliz*. escala 1:50.000. Rio de Janeiro. Secr. Plano Preso Rep.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). 1981a. *Mapa geomorfológico do
Estado de São Paulo*. escala 1:1.000.000. São Paulo, SICcr-
PROMINÉRIO/IPT, séries monografias, 1 V.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). 1981b. *Mapa geológico do Estado de
São Paulo*. escala 1:500.000. São Paulo, SICCf-PROMINÉRIO/IPT, séries monografias, 2
v.
- JACOB, C.E. 1940. On the flow of water in an elastic artesian aquifer. *Am. Geophys. Union Trans.*,
Washington, 72 (Part 11): 574-586.
- JACOB, C.E. 1963. *Determining the permeability of water-table aquifers*. Washington, U.S.
Geol. Survey Water-Supply Paper 1536-1:241-271.
- JOHNSON, E.E. 1966. *Ground Water and Wells*. 1 ed. Saint Paul, Minnesota, Edward E.
Johnson, 440p.
- KRUSEMAN, G.P.; DE RIDDER, N.A 1976. *Analysis and evaluation of pumping test data*.
Bulletin 11, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen,
Netherlands, 200 p.
- MENDES, J.C. 1952. Faunula permo-carbonífera marinha de Capivari, São Paulo. *BoI.*
F.F.C.L Univ. de São Paulo, 134: 1-17.
- MELFI, A.J.; BITIENCOURT, I. 1962. Geologia e pedologia da bacia glacial no Distrito de Souza, *Brasília*, SP. *Bragantia*, 21: 807-826.
- MEZZALANA, S.; TORRES, C. C. 1977. Comportamento hidrogeológico das formações
geológicas do Estado de São Paulo. In: IGG. *Águas subterrâneas no Estado de São Paulo*.
São Paulo. p.5-29. (Boletim 2).

- OLIVEIRA,E.P. 1916. *Geologia do Estado do Paraná: Brasil*. Min. Agr. Ind. Com., BoI. Anno V, nº 1,p.67-143.
- P ACHECO, J. 1927. *Relatório elucidativo do esboço geológico da região compreendida entre o meridiano 4°, rio Itararé e os paralelos 20°24' e 24°38'. Exploração da região compreendida pelas folhas topográficas Sorocaba. .. São Paulo*. São Paulo, Comissão Geográfica e Geológica, p. 9-12.
- PERINOTIO, J.AJ. 1987. *Análise estratigráfica da seqüência portadora de carvão na região de Cerquilha (SP)*. São Paulo. 76p. (Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências da USP).
- PETRI, S. 1964. Grupo Tubarão.In: IGG. *Geologia do Estado de São Paulo*. São Paulo. p.56-63. (Boletim 41).
- PONÇANO, W.L; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA,F.F.M.; PRANDINI,F.L. 1981. *Mapa geomoiofológico do Estado de São Paulo*. Escala 1:1.000.000. São Paulo, SICCT-PROMIN~RIO/IPT, Monografia 5. Publicação IPT nº 1183,.Vol. I, 94 p.
- POTIER,P.E.; PETTIJOHN,FJ. 1977. *Paleocurrents and basin analysis*. 2⁸ ed. New York, Springer-Verlag, 425 p.
- ROCHA-CAMPOS,A.C. 1967.The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná Basin. In: BIGARELIA,J.J.; BECKER,R.D.; PINTO,I.D.; ed. *Problems in Brazilian Gondwana Geology*, Curitiba, p.27-109.
- SAAD, A.R. 1977 *Estratigrafia do Subgrupo Itararé no centro e sul do Estado de São Paulo*. São Paulo. 107p. (Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências da USP).
- SCHNEIDER,R.L; MUHLMANN,H.; TOMASI,E.; MEDEIROS,R.A.; DAEMON, R.F.I; NOGUEIRA,A.A. 1974 Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: Congr. Bras. Geol., 28. Porto Alegre, 1974.*Anais ...* Porto Alegre, SBG, v.1, p.41-65.

- SILVA,J.B.A; ANDRADA,M.F.R. 1846.Viagem mineralogica na Provincia de São Paulo.In:
BOUBÉE,N. ed. *Geologia Elementar Applicada à Agricultura e Industria ou Manual de Geologia*. Rio de Janeiro, Typographia Nacional, 34p.
- SILVA, R.B.G. 1983. *Estudo hidroquímico e isotópico das águas subterrâneas do Aquífero Botucatu no Estado de São Paulo*. São Paulo. 133p.(Tese de doutorado, Instituto de Geociências da USP).
- SOARES,P.C. 1974. Elementos estruturais da parte nordeste da Bacia do Paraná.An. *Acad. Brasil Ciênc.*, 44:333-341.(Suplemento)
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; SINELU, O.; WERNICK, E.; WU,F.T.; FIORI,A.P. 1977. Associações litológicas do Subgrupo Itararé e sua interpretação ambiental. *Rev. Brasil Geoc.*, 7(2):131-149, jun.
- SOUZA-FILHO,E. E. 1983. Tectônica da região de Rio Claro-Piracicaba: Domo de Pitanga.In:
SIMP. REG. GEOL, 4. São Paulo. *Atas ...* São Paulo, SBG, p.191-196.
- SOUZA-FILHO,E.E. 1986. *Mapeamento faciológico do Subgrupo Itararé na quadrícula de Campinas (SP)*. São Paulo. 121p. (Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências da USP).
- STEVAUX,J.C.; SOUZA-FILHO,E.E.; TEIXEIRA,J.A.;LANDIM,P.M.B. 1987. Sistemas deposicionais do Subgrupo Itararé (P-C) na bacia hidrográfica do baixo rio Capivari (SP): um modelo para prospecção de águas subterrâneas. *Simp. Reg. Geol.*, 3. Rio Claro. *Atas ...* São Paulo, SBG. v.1, p.335-374.
- TIEIS, C.V. 1935.The relation between the lowering of piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground-water storage. *Am. Geophys. Union Trans.*, Washington, Part 11, p.519-524.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP). 1986- *Estudo hidrogeológico do Grupo Tubarão na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari*. Rio Claro, Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP, Instituto Geológico/SAA, 49p.(Processo FAPESP n.83/1753-5).

WALTON, W.C. 1970. *Groundwater resource evaluation*. New York, McGraw-Hill. 664p.

YASSUDA, E.R.; NOGAMI, P.S.; DE MONTRIGAUD, R. 1965. *Poços profundos-Manual Técnico*.
São Paulo, Faculdade de Higiene e Saúde Pública da USP. 180p.

INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO BÁSICO

TABELA 1

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS
CADASTRADOS NO MÉDIO RIO TIETÊ, MUNICÍPIO DE TIETÊ, SP.

TABELA 1 – Características construtivas dos poços tubulares profundos cadastrados no Médio Rio Tietê, Município de Tietê, SP.

nº do poço	Proprietário	Localização	Coordenadas EO	UTM NS	Cia.Perf. (ano)	Profundidade (m)	Cota (m)	Método de Perfuração	Diâmetros de Perfuração (em polegadas)	Revestimentos
01	SAMAE	Bairro V. Nova	220,05	7446,60	Inst.Geo. (1962)	216	530	Rotativa à granelha	10 m - Ø=14 216 m - Ø=8 1/2	Tubo de boca Ø = 11" até 10 m
02	SAMAE	Jumirim	214,85	7443,60	Inst.Geo. (1962)	158,4	510	Rotativa à granelha	8 m - Ø=14 152 m - Ø=8 3/4 158,4 m - Ø=7 1/2	Tubo de boca Ø = 11" até 8 m
03	SAMAE	Rua da Bomba	221,95	7443,40	Inst.Geo. (1963)	301	475	Rotativa à granelha	16 m - Ø=14 218,7 m - Ø=8 1/2 283 m - Ø=7 1/2 301 m - Ø=6	Tubo de boca Ø = 11" até 16 m
04	SAMAE	Rua Sete de Setembro	221,65	7443,00	Inst.Geo. (1970)	283	475	Rotativa à granelha	28 m - Ø=14 150 m - Ø=10 207 m - Ø=8 1/2 283 m - Ø=7 1/2	Tubo de boca Ø = 12" até 28 m
05	SAMAE	Rua Francisco de Assis Madeira	221,60	7442,45	Inst.Geo. (1971)	282	480	Rotativa à granelha	27,2 m - Ø=14 119,25 m - Ø=10 5/8 194,3 m - Ø=8 1/2 282 m - Ø=7 1/2	Tubo de boca Ø = 12" até 27,2 m
06	SAMAE	Bairro São Roque	221,00	7439,15	Inst.Geo. (1973)	300,6	540	Rotativa à granelha	20 m - Ø=14 120 m - Ø=10 1/2 190,6 m - Ø=9 1/2 300,6 m - Ø=7 1/2	Tubo de boca Ø = 12" até 20 m
07	SAMAE	R. Indalecio Costa com R. Barra Funda	221,60	7442,05	Inst.Geo. (1975)	215	480	Rotativa à granelha	27 m - Ø=14 100 m - Ø=10 154 m - Ø=8 1/2 215 m - Ø=7	Tubo de boca Ø = 12" até 27 m
08	SAMAE	Rod. Mar. Rondon	221,25	7440,65	Inst.Geo. (1978)	230	500	Rotativa à granelha	9 m - Ø=2 151 m - Ø=9 230 m - Ø=7 1/2	Tubo de boca Ø = 10" até 9 m
09	SAMAE	Est. de Tratamento	222,30	7442,05	Inst.Geo. (1979)	271,3	520	Rotativa à granelha	19,5 m - Ø=14 114 m - Ø=9 151 m - Ø=8 1/2 272,3 m - Ø=7	Tubo de boca Ø = 10" até 19,7 m

TABELA 1 - Continuação.

nº do poço	Proprietário	Localização	Coordenadas Easting	Coordenadas Utm NS	Cia. Perf. (ano)	Profundidade (m)	Cota (m)	Método de Perfuração	Diâmetros de Perforação (em polegadas)	Revestimentos
10	SAWE	Bairro da COHAB	223,60	7443,75	Inst. Geol. (1981)	216,35	500	Rotativa à granalha	17 m - Ø = 14 163,5 m - Ø = 9 216,35 m - Ø = 7	Tubo de boca Ø = 12" até 17 m
11	SAWE	Bairro Altos do Tietê	223,30	7441,25	Geoprosquisadora Tietê (1979)	150	540	Rotativa à granalha	150 m - Ø = 6	Tubo de boca Ø = 6" até 20 m
12	SAWE	Bairro Bela Vista	221,75	7444,35	Inst. Geol. (1984)	291	515	Rotativa à granalha	24,15m - Ø = 14 42,75m - Ø = 10 166 m - Ø = 8 272 m - Ø = 6 291 m - Ø = 4	Tubo de boca Ø = 12" até 24,15 m
13	SAWE	Jumirim	213,65	7444,00	Inst. Geol. (1987)	194	570	Rotativa à granalha	23,35m - Ø = 14 131 m - Ø = 10 194 m - Ø = 8	Tubo de boca Ø = 12" até 23,35 m
14	SAWE	Bairro Sete Fogões	232,75	7443,85	Inst. Geol. (1985)	130	530	Rotativa à granalha	19,5 m - Ø = 15 53,6 m - Ø = 11 90 m - Ø = 10 130 m - Ø = 9 1/2	Tubo de boca Ø = 12" até 19,5 m Filtros e tubos lisos de PVC, Ø = 6" até 130 m
15	SAWE	Bairro Altos do Tietê	223,30	7441,25	Sondagua (1984)	300	540	Percussão	31,60m - Ø = 10 150 m - Ø = 8 300 m - Ø = 6	Tubo de boca Ø = 8" até 31,60 m
16	SAWE	Bairro da COHAB	223,85	7443,60	Inst. Geol. (1988)	300,7	520	Rotativa à granalha	36 m - Ø = 14 100,5 m - Ø = 10 1/2 201 m - Ø = 8 300,7 m - Ø = 6	Tubo de boca Ø = 12" até 36 m
17	José Estabe	Fazenda São José	212,65	7442,90	Comer S.A. (1977)	122	475	Percussão	122 m - Ø = 8	Filtros tipo NOLD estampado e tubos lisos Ø = 6" até 122 m.
18	Rosa Maria Canargo	Faz. Mathias Perez	215,55	7451,00	Geoprosquisadora Tietê (1979)	100	510	Rotativa à granalha	100 m - Ø = 6	Tubo de boca Ø = 6" até 14 m

TABELA 1 - Continuação.

nº do poço	Proprietário	Localização	Coordenadas E0	Coordenadas UTM NS	Cia.Perf. (ano)	Profundidade (m)	Cota (m)	Método de Perfuração	Diâmetros de Perforação (em polegadas)	Revestimentos
19	Wagner Bacconí	Sítio Embirama	223,05	7444,45	Rodagua (1979)	60	505	Percussão		
20	Sérgio Luiz Monteiro Sales	Sítio São Luiz	227,10	7447,10	Geoprosquisa dora Tiete (1980)	204	550	Rotativa à granelha	204 m - Ø = 6	Tubo de boca Ø = 6" até 6m
21	Walter Coccatto	Chac. Santo Antonio	227,60	7449,35	Parp. (1980)	170	600	Rotativa à granelha	100 m - Ø = 6 170 m - Ø = 5	Tubo de boca Ø = 6" até 18 m
22	Angelo Pascoto		223,10	7445,85	Geoprosquisa dora Tiete (1978)	100	480	Rotativa à granelha	100 m - Ø = 6	Tubo de boca Ø = 6" até 24 m
23	José Rossi Coan	Chac. São José	224,95	7443,55	PerfuronK (1975)	217	545	Rotativa à granelha	217 m - Ø = 6	Tubo de boca Ø = 6" até 20 m
24	Cipriano P. Camargo	Loteamento Água Santa	225,25	7444,50	Geoprosquisa dora Tiete (1978)	150	485	Rotativa à granelha	150 m - Ø = 6	Tubo de boca Ø = 6" até 12 m
25	Vilma Ottoni Giboni	Sítio Tapeirao	225,95	7442,75		200	510			
26	Oswaldo Bettio	Sítio São Benedito	224,20	7442,90	Geoprosquisa dora Tiete (1980)	142	540	Rotativa à granelha	142 m - Ø = 6	Tubo de boca Ø = 6" até 30 m
27	Schincariol e Imas	R. Rafael de Campos	222,30	7442,50	Inst.Geol. (1956)	170	520	Rotativa à granelha		

TABELA 1 - Continuação.

nº do poço	Proprietário	Localização	Coordenadas EO	UTM NS	Cia. Perf. (ano)	Profundidade (m)	Cota (m)	Método de Perfuração	Diâmetros de Perforação (em polegadas)	Revestimentos
28	José Mosquito		221,85	7440,70	Geopessurisa dora Tietê (1979)	105	520	Rotativa à granalha	105 m - Ø = 6	Tubo de boca Ø = 6" até 14 m
29	Orlando Rosa	Chac. do Jequitibá	219,50	7440,80	Geopessurisa dora Tietê (1979)	97	535	Rotativa à granalha	97 m - Ø = 6	Tubo de boca Ø = 6" até 18 m
30	Pierre Jean Gretillat	Chac. La Bellote	219,15	7441,80	Geopessurisa dora Tietê (1980)	100	500	Rotativa à granalha	100 m - Ø = 6	
31		Chac. Santa Zélia	224,55	7439,40	Geopessurisa dora Tietê (1980)	105	570	Rotativa à granalha	105 m - Ø = 6	Tubo de boca Ø = 6" até 15 m
32	Soc. Agríc. - CATI	Est. de se- mentes e mudas	223,30	7441,25	Geopessurisa dora Tietê (1980)	100	520	Rotativa à granalha	100 m - Ø = 6	Tubo de boca Ø = 6" até 20 m
33	Valter E. Mota	Rancho W. N.	224,30	7438,50	Geopessurisa dora Tietê (1977)	180	540	Rotativa à granalha	180 m - Ø = 6	
34	Luriz Antonio Gardinal	Sítio Vista Alegre	223,30	7437,65	Edson da (1980)	180	590	Rotativa à granalha	196 m - Ø = 6	
35	Elias Pires Fleury	Chac. Célia	222,45	7440,10	Waldemar Georg. (1972)	196	520	Percussão	196 m - Ø = 4	Tubo de boca Ø = 4" até 24 m
36	Paulo Sérgio Goes	Sítio Casa Alta	231,20	7434,85	Immao Castiglione (1980)	96	520	Roto-pneumático	96 m - Ø = 4 1/2	

TABELA 1 - Continuação.

nº do poço	Proprietário	Localização	Coordenadas EO	Coordenadas UMS	Cia. Perf. (ano)	Profundidade (m)	Cota (m)	Método de Perfuração	Diâmetros de Perfuração (em polegadas)	Revestimentos
37		Sítio Capela do Alto	230,10	7432,40	Geoprosulisa dora Tiete (1979)	215	585	Rotativa à granalha		
38	Nelson Ruman	Sítio Santa Cecília	229,90	7432,55	(1974)	222	580		222 m - Ø = 6	
39	Antonio Carlos Araújo	Sítio Helô	231,80	7435,35	(1980)	100	510			
40	Mário Resende	Sítio São Francisco	231,80	7434,18		150	520			
41	SAWIE	Bairro Shangrilá	219,40	7445,25	Inst. Geol. (1988)		470	Rotativa à granalha		
42	Estefano Stoianov	Sítio São Pedro	229,60	7435,15	Água Branca	198	540	Percussão	198 m - Ø = 6	Tubo de boca Ø = 6" até 25 m
43	Antonio Luiz Viana	Granja Primavera	227,35	7434,35	Parp.	90	570	Rotativa à granalha	90 m - Ø = 6	Tubo de boca Ø = 6" até 12 m
44	Ninho Verde S/A	Rodovia Cornélio Pires	220,80	7447,15	Parp.	150	560	Rotativa à granalha	150 m - Ø = 6	
45	Cerâmica Terra Forte	Rodovia SP -113	226,20	7444,90	Parp. (1988)	185	480	Rotativa à granalha	185 m - Ø = 6	Tubo de boca Ø = 6" até 24 m

INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO BÁSICO

TABELA 2

CARACTERÍSTICAS DE CARGA HIDRÁULICA, PRODUTIVIDADE, EQUIPAMENTOS DE
EXTRAÇÃO UTILIZADOS E PERFIS GEOLÓGICOS DOS POÇOS CADASTRADOS
NO MÉDIO RIO TIETÊ, MINUCÍPIO DE TIETÊ, SP.

TABELA 2 – Características de carga hidráulica, produtividade, equipamentos de extração utilizados e perfil geológico dos poços cadastrados no Médio Rio Tietê, Município de Tietê, SP.

Nº DO POÇO	TESTE DE VAZÃO			EQUIPAMENTO DE EXTRAÇÃO					PERFIL GEOLÓGICO
	Nível estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Data	Tipo	Marca	Potência	Prof. de Instalação	
1	49,2	91	13,5	03/06/62	Bomba Submersa	DI MARI	15 HP	120 m	0 a 5 m – solo 5 a 16,8 m – Arenitos (Fm. Tietê) 16,8 a 22,2 m – Diabásio 22,2 a 216 m – Siltitos, diamictitos, arenitos e conglomerados (Fm. Capivari)
2	37,54	64,04	15,78		Bomba Submersa	DI MARI	15 HP	100 m	0 a 158,4 m Arenitos finos, siltitos, diamictitos e ritmitos do Subgrupo Itararé
3	7 16,86	26,4 67,56	54,6 34,434	06/03/63 26/11/82	Bomba Submersa	DI MARI	60 HP	106 m	0 a 301 m Arenitos, siltitos, diamictitos e conglomerados (Fm. Tietê e Fm. Capivari)
4	11,4	47,3	72	14/07/70	Bomba Submersa	DI MARI	60 HP	102 m	0 a 283 m Arenitos, siltitos, diamictitos e ritmitos (Fm. Tietê e Fm. Capivari)
5	17	46,6	79,2	30/08/71	Bomba Submersa	DI MARI	60 HP	90 m	0 a 3 – Solo argiloso 3 a 28 m – Arenitos e siltitos (Fm. Tietê)
6	12,7	118,0	6	12/07/73	Bomba Submersa	DI MARI	18 HP	250 m	0 a 20 m – solo 20 a 26,1 m – Arenitos (Fm. Tietê) 26,1 a 94,8 m – Diabásio 94,8 a 95,8 m – Arenito calcífero (Fm. Capivari) 95,8 a 300,6 m – Sedimentos finos (Fm. Capivari)

TABELA 2 – Continuação.

Nº DO POÇO	TESTE DE VAZÃO			EQUIPAMENTO DE EXTRAÇÃO					PERFIL GEOLÓGICO
	Nível estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Data	Tipo	Marca	Potência	Prof. de Instalação	
7	21	77	25	06/12/75					0 a 27 m – Solo e sedimentos alterados (Fm. Tietê) 27 a 215 m – Sedimentos da Fm. Tietê
8	13,03	38,43	29,3	17/05/78	Bomba Submersa	HAUPT	22 HP	106 m	0 a 230 m – Siltilitos, rítmicos e arenitos Fm. Tietê
9	57	79	33	19/10/79	Bomba Submersa	HAUPT P 82 – 7 + V 8 – 75	70 HP	145 m	Existe perfil geológico descrito detalhadamente pelo autor
10	61,80	90,28	17,6	20/10/81	Bomba Submersa	HAUPT	22 HP	150 m	0 a 216,00 m – Sedimentos da Fm. Tietê e Fm. Capivari 216,00 a 216,35 m – Diabásio
11	29	54	20		Bomba Submersa	LEÃO	15 HP	120 m	0 a 150 m – Arenitos, siltilitos e diamictitos da Fm. Tietê
12	60,35	91,96	41,68	14/02/85	Bomba Submersa	DI MAR	45 HP	130 m	Existe perfil geológico descrito detalhadamente pelo Prof. Dr. Setembrino Petri

TABELA 2 – Continuação.

Nº DO POÇO	TESTE DE VAZÃO				EQUIPAMENTO DE EXTRAÇÃO					PERFIL GEOLÓGICO	
	Nível estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Data	Tipo	Marca	Potência	Prof. de Instalação	Vazão		
13	56,95	97,09	8,164	14/07/87	Bomba Submersa					5 m³/h	Existe perfil geológico descrito detalhadamente pelo Prof. Dr. Setembrino Petri
14	22,54	37,92	20,8	15/01/86	Compressor	SCHULZ MS-V- 40PB	7,5 HP	92,5 m		5 m³/h	Existe perfil geológico descrito detalhadamente pelo Prof. Dr. Setembrino Petri
15					Bomba Submersa						
16	65,77	90,90	39,6	20/07/88	Bomba Submersa	DI MARI	45 HP	130 m		40 m³/h	Existe perfil geológico descrito detalhadamente pelo Prof. Dr. Setembrino Petri
17	11	78	5		Bomba Submersa					5 m³/h	0 a 5 m – Argila amarelada 5 a 27 m – Arenito calcífero 27 a 52 m – Arenito fino, cinza claro 52 a 122 m – Argilito com intercalações de arenitos
18	23,80		8		Bomba Submersa	LEÃO					0 a 14 m – Arenitos da Fm. Tietê 14 a 32 m – Diabásio 32 a 100 m – Arenitos e siltitos (Fm. Capivari)

TABELA 2 – Continuação.

Nº DO POÇO	TESTE DE VAZÃO			EQUIPAMENTO DE EXTRAÇÃO					PERFIL GEOLÓGICO
	Nível estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Data	Tipo	Marca	Potência	Prof. de Instalação	
19	0,95	6,88	3,9						0 a 60 m – Arenitos da Fm. Tietê
20	40		10		Compressor	SCHULZ MS-V-40/350	7,5 HP		0 a 40 m – Siltitos, folhelhos e arenitos finos da Fm. Tietê 40 a 180 m – Diabásio 180 a 204 m – Arenitos da Fm. Tietê
21	90		1		Compressor	SCHULZ MS-V-10/350	7,5 HP		0 a 4 m – Solo 4 a 43 m – Arenitos da Fm. Tietê e Fm. Capivari 43 a 60 m – Diabásio 60 a 100 m – Siltitos com concreções de pirita Fm. Capivari 100 a 123 m – Arenito fino a médio 123 a 153 m – Diamictito cor cinza
22	16				Compressor	AT motor WEG	10 HP		0 a 100 m – Arenitos finos a médios da Fm. Tietê
23									0 a 115 m – Sedimentos da Fm. Tietê 115 a 215 m – Diabásio 215 a 217 m – Sedimentos da Fm. Capivari.
24	18,4	135	12		Bomba Submersa	DI MARI	16 HP		0 a 150 m – Arenitos e siltitos da Fm. Capivari e Fm. Tietê

TABELA 2 – Continuação.

Nº DO POÇO	TESTE DE VAZÃO				EQUIPAMENTO DE EXTRAÇÃO					PERFIL GEOLÓGICO
	Nível estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Data	Tipo	Marca	Potência	Prof. de Instalação	Vazão	
25					Compressor	MARK	15 HP		6 m³/h	
26					Bomba Submersa			140 m	12 m³/h	0 a 142 m – Sedimentos da Fm. Tietê
27	49	85	19,8	04/10/56	Bomba Submersa					Existe perfil geológico descrito pelo Dr. Sérgio Mezzalana
28	23	60	5		Bomba Submersa	DI MARI	5HP			0 a 14m – Solo e sedimentos alterados da Fm. Tietê 14 a 49m – Arenitos 49 a 62m – Diabásio 62 a 105m – Arenitos da Fm. Tietê
29	30				Bomba Submersa				6 m³/h	0 a 97 m – Arenitos da Fm. Tietê
30	31,56	48,77	4,3							0 a 100 m – Sedimentos da Fm. Tietê

TABELA 2 – Continuação.

Nº DO POÇO	TESTE DE VAZÃO			EQUIPAMENTO DE EXTRAÇÃO					PERFIL GEOLÓGICO
	Nível estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Data	Tipo	Marca	Potência	Prof. de Instalação	Vazão
37					Bomba Submersa	LEÃO	8 HP	160 m	1,8 m³/h
38	17,53	45,38	3,6						
39									17 m³/h
42	15	100	3		Bomba Submersa	LEÃO			0 a 198 m – Rêbmitos, argilitos e arenitos finos da Fm. Capivari
43					Bomba Submersa	LEÃO	4 HP	80 m	2,5 m³/h
44					Bomba Submersa				8 m³/h
									0 a 90 m – Arenitos finos, da Fm. Tietê

TABELA 2 - Continuação.

Nº DO POÇO	TESTE DE VAZÃO			EQUIPAMENTO DE EXTRAÇÃO					PERFIL GEOLÓGICO
	Nível estático (m)	Nível dinâmico (m)	Vazão (m ³ /h)	Data	Tipo	Marca	Potência Prof. de inst.	Vazão	
45	13	46	10		Bomba Submersa	MAV Modelo A1-12 estágios	8 HP	120m	0 a 54m-Siltitos (Fm.Tietê) 54 a 173m-Diabásio 173 a 185m-Arenitos finos (Fm.Tietê)
46	2,7	3,0	5		Bomba Centrífuga	MARK Motor WEG 3 estágios	2 HP	3,5m	0 a 76m-Diabásio
47	8	16	16		Bomba Submersa	LEÃO		24m	0 a 102m-Arenitos finos (Fm.Tietê)
48	47,16	106,42	4,4	29/11/84	Bomba Submersa	LEÃO		132m	Existe perfil geológico descrito pelo autor.
49									Existe perfil geológico descrito pelo autor.
50	61	120	1,0		Bomba Injetora	MARK	7,5 HP	120m	0 a 181m-Sedimentos finos da Fm. Capivari

TABELA 3

ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS DA FORMAÇÃO TIETÊ, DO POÇO
Nº14 DO SAMAE, LOCALIZADO NO BAIRRO SETE FOGÕES.

Análise granulométrica da Amostra 01 do Poço nº 14 do SAMAE, do Bairro Sete Fogos.

Projeto Poço nº 14			Outros (CaCO ₃) etc.			
Amostra 01-32,50m			Partículas 4,000-0,062 82,12%			
Peso Total Inic. Úmido 50,19			Partículas 0,062-0,004 10,99%			
Peso Total Inic. Seco 50,07			Partículas menores 0,004 5,99%			
Porcentagem de Umidade			Peso Total Final 50,12			
Peso de Selxos			Fator de Correção Pi/Pf 1,00			
Peso de Antifloculante			Peso Total Inicial 50,07			
P I P E T A G E M						
GRANULOMETRIA	TEMPO	P. TOTAL	P. FRASCO	PT-PF	P. SUSPENS.	PS x 50
0,062-0,031	58"			0,17	0,07	3,50
0,031-0,016	3'52"			0,10	0,01	0,50
0,016-0,008	7'44"			0,09	0,02	1,00
0,008-0,004	31'			0,07	0,01	0,50
0,004	2h 3"			0,06	0,06	3,00
GRANULOMETRIA	PESOS	P. CORRIGIDOS		%	% ACUM.	
G R A N U L O S						
4,000-2,830						
2,830-2,000						
A R E I A S						
2,000-1,410						
1,410-1,000						
1,000-0,707						
0,707-0,500	1,13	1,13	2,26	2,26		
0,500-0,354	3,65	3,65	7,29	9,55		
0,354-0,250	5,41	5,41	10,80	20,35		
0,250-0,177	12,25	12,25	24,47	44,82		
0,177-0,125	9,13	9,13	18,23	63,05		
0,125-0,088	7,18	7,18	13,34	76,39		
0,088-0,062	2,87	2,87	5,73	82,12		
0,062						
S I L T E S E A R G I L A S						
0,062-0,031	3,50	3,50	6,99	89,11		
0,031-0,016	0,50	0,50	1,00	90,11		
0,016-0,008	1,00	1,00	2,00	92,11		
0,008-0,004	0,50	0,50	1,00	93,11		
0,004	3,00	3,00	5,99	99,10		
TOTAIS	50,12		99,10			
Observação						

Análise granulométrica da Amostra 02 do Poço nº 14 do SAMAE, do Bairro Sete Fogões.

Projeto Poço nº 14	Outros (CaCO ₃) etc.
Amostra 02 - 43,20m	Partículas 4,000-0,062 91,26%
Peso Total Inic. Úmido 46,63	Partículas 0,062-0,004 3,20%
Peso Total Inic. Seco 46,57	Partículas menores 0,004 5,33%
Porcentagem de Umidade	Peso Total Final 46,92
Peso de Selxos	Fator de Correção Pi/Pf 46,57
Peso de Antifloculante	Peso Total Inicial

PIPETAGEM						
GRANULOMETRIA	TEMPO	P. TOTAL	P. FRASCO	PT-PF	P. SUSPENS.	PS x 50
0,062-0,031	58"			0,08	0,02	1,00
0,031-0,016	3'52"			0,06	0,00	0,00
0,016-0,008	7'44"			0,06	0,00	0,00
0,008-0,004	31'			0,06	0,01	0,50
0,004	2h 3"			0,05	0,05	2,50
GRANULOMETRIA	PESOS	P. CORRIGIDOS	%	% ACUM.		

GRÂNULOS				
4,000-2,830				
2,830-2,000				

AREIAS				
2,000-1,410				
1,410-1,000	0,21	0,21	0,45	0,45
1,000-0,707	3,40	3,37	7,24	7,69
0,707-0,500	11,46	11,35	24,37	32,06
0,500-0,354	14,16	14,02	30,11	62,17
0,354-0,250	8,81	8,72	18,72	80,89
0,250-0,177	2,62	2,59	5,56	86,45
0,177-0,125	1,53	1,51	3,24	89,69
0,125-0,088	0,42	0,42	0,90	90,59
0,088-0,062	0,31	0,31	0,67	91,26
0,062				

SILTES E ARGILAS				
0,062-0,031	1,00	0,99	2,13	93,39
0,031-0,016	0,00	0,00	0,00	93,39
0,016-0,008	0,00	0,00	0,00	93,39
0,008-0,004	0,50	0,50	1,07	94,46
0,004	2,50	2,48	5,33	99,79
TOTAIS	46,92		99,79	
Observação				

Análise granulométrica da Amostra 03 do Poço nº 14 do SAMAE, do Bairro Sete Fogões.

Projeto Poço nº 14		Outros (CaCO ₃) etc.	
Amostra 03-67,00m		Partículas 4,000-0,062 92,64%	
Peso Total Inic. Úmido 49,60		Partículas 0,062-0,004 2,02%	
Peso Total Inic. Seco 49,45		Partículas menores 0,004 5,06%	
Porcentagem de Umidade		Peso Total Final 49,21	
Peso de Seixos		Fator de Correção PI/Pf 1,00	
Peso de Antifloculante		Peso Total Inicial 49,45	

P I P E T A G E M						
GRANULOMETRIA	TEMPO	P. TOTAL	P. FRASCO	PT-PF	P. SUSPENS.	PS x 50
0,062-0,031	58"			0,07	0,001	0,50
0,031-0,016	3'52"			0,06	0,00	0,00
0,016-0,008	7'44"			0,06	0,01	0,50
0,008-0,004	31'			0,05	0,00	0,00
0,004	2h 3"			0,05	0,05	2,50
GRANULOMETRIA	PESOS	P. CORRIGIDOS		%	% ACUM.	

G R A N U L O S				
4,000-2,830				
2,830-2,000				

A R E I A S				
2,000-1,410				
1,410-1,000				
1,000-0,707				
0,707-0,500	2,62	2,62	5,30	5,30
0,500-0,354	11,10	11,10	22,45	27,75
0,354-0,250	14,94	14,94	30,21	57,96
0,250-0,177	13,17	13,17	26,63	84,59
0,177-0,125	2,47	2,47	4,99	89,58
0,125-0,088	1,14	1,14	2,31	91,89
0,088-0,062	0,37	0,37	0,75	92,64
0,062				

S I L T E S E A R G I L A S				
0,062-0,031	0,50	0,50	1,01	93,65
0,031-0,016	0,00	0,00	0,00	93,65
0,016-0,008	0,50	0,50	1,01	94,66
0,008-0,004	0,00	0,00	0,00	94,66
0,004	2,50	2,50	5,06	99,72
TOTAIS	49,21		99,72	

Observação

TABELA 4

TESTES DE VAZÃO EM POÇOS.

TESTES DE VAZÃO EM POÇOS

Poço SAMAE nº 3.

Localização: situado na Rua da Bomba, junto à antiga Estação de Tratamento.

Coordenadas UTM: 221,95 km EO e 7443,40 km NS.

Altitude na boca: 475m.

Diâmetros de perfuração: 14" até 16,00m

8 1/2" até 218,7m

7 1/2" até 283m

6" até 301m.

Diâmetro e comprimento do tubo de boca: 12" até 16,00m.

Altura da boca do revestimento: 0,60m.

Cimentação: foi cimentado o espaço anelar entre o tubo de revestimento e as paredes do poço.

Perfil geológico: sedimentos da Fm. Tietê, do Subgrupo Itararé.

Experiência de vazão em 26/11/82, com início às 9:00hs.

Tubo de saída d'água: 4" até 42m e 3" de 42 a 130m de profundidade.

Diâmetro e comprimento dos tubos de ar comprimido:

1º injetor: 1 1/4" a 87,4m

2º injetor: 1" a 128,4m.

Compressor utilizado: marca HOOS modelo F9MD e SULLAIR 250 DP.

Andamento do teste:

<u>HORA</u>	<u>TEMPO DE BOMBEAMENTO</u> (segundos)	<u>NÍVEL D'ÁGUA</u> (metros)	<u>REBAIXAMENTO</u> (metros)
9:00	00	19,50	0
:01	60	21,61	2,11
:02	120	32,61	13,11
:03	180	40,26	20,76
:04	240	46,20	26,70
:05	300	49,62	30,12
:06	360	52,88	33,38
:07	420	55,10	35,60
:08	480	56,89	37,39
:09	540	58,39	38,89
:10	600	59,43	39,93
:15	900	62,27	42,77

Andamento do teste (continuação):

<u>HORA</u>	<u>TEMPO DE BOMBEAMENTO</u> (segundos)	<u>NÍVEL D'ÁGUA</u> (metros)	<u>REBAIXAMENTO</u> (metros)
9:20	1200	63,51	44,01
:25	1500	64,21	44,71
:30	1800	64,67	45,17
:35	2100	65,11	45,61
:40	2400	65,40	45,90
:45	2700	65,66	46,11
:50	3000	65,81	46,31
:55	3300	66,06	46,56
10:00	3600	66,28	46,78
:10	4200	66,59	47,09
:20	4800	66,81	47,31
:30	5400	67,01	47,51
:40	6000	67,26	47,76
11:00	7200	67,51	48,01

Nível estático: 19,50m

Nível dinâmico: 67,51m

Vazão média: $8,12 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$.

Poço SAMAE nº 8.

Localização: situado na Rodovia Marechal Rondon, junto à Editora Deca.

Coordenadas UTM: 221,25 km E0 e 7440,65 km NS.

Altitude na boca: 500m.

Diâmetros de perfuração: 10" até 9,00m.

9" até 151,00m

7 1/2" até 230,00m.

Diâmetro e comprimento do tubo de boca: 10" até 9,00m.

Cimentação: foi cimentado o espaço anelar entre o tubo de boca e as paredes do poço.

Teste de vazão realizado em 17/05/78.

Diâmetro e comprimento do tubo de saída d'água: 4" a 121m.

Diâmetro e comprimento dos tubos de injeção de ar comprimido:

1º injetor: 1" a 70m

2º injetor: 1" a 120m.

Compressor utilizado: marca ATLAS COPCO com vazão de ar de $0,118 \text{ m}^3/\text{s}$, pressão de arranque de 8 kgf/cm^2 e pressão de regime de 7 kgf/cm^2 .

Andamento do teste (Poço SAMAE nº 8):

<u>HORA</u>	<u>TEMPO DE BOMBEAMENTO</u> <u>(segundos)</u>	<u>NÍVEL D'ÁGUA</u> <u>(metros)</u>	<u>REBAIXAMENTO</u> <u>(metros)</u>
9:00	0	16,52	0
:02	120	23,34	6,82
:04	240	29,35	12,83
:06	360	31,29	14,77
:08	480	32,39	15,87
:10	600	32,95	16,43
:12	720	33,29	16,77
:14	840	33,57	17,05
:16	960	33,75	17,23
:18	1080	33,96	17,44
:20	1200	34,11	17,59
:22	1320	34,22	17,70
:24	1440	34,37	17,85
:26	1560	34,45	17,93
:28	1680	34,53	18,01
:30	1800	34,64	18,12
:35	2100	34,78	18,26
:40	2400	34,96	18,44
:45	2700	35,05	18,53
:50	3000	35,19	18,67
:55	3300	35,30	18,78
10:00	3600	35,37	18,85
:10	4200	35,55	19,03
:20	4800	35,71	19,19
:30	5400	35,80	19,28
11:00	7200	36,09	19,57
12:00	10800	36,43	19,91
13:00	14400	36,74	20,22
14:00	18000	36,94	20,42
15:00	21600	37,15	20,63
16:00	25200	37,24	20,72
17:00	28800	37,37	20,85
18:00	32400	37,51	20,99
19:00	36000	37,59	21,07
20:00	39600	37,71	21,19
21:00	43200	37,73	21,21
22:00	46800	37,81	21,29
9:00	86400	38,44	21,92

Nível estático: 16,52m.

Nível dinâmico: 38,44m.

Vazão média de bombeamento: $8,86 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$.

Poço SAMAE nº 10.

Localização: situado no Bairro da COHAB de Tietê.

Coordenadas UTM: 223,60 km EO e 7443,75 km NS.

Diâmetros de perfuração: 14" até 17,00m

9" até 163,5m

7" até 216,35m.

Diâmetro e comprimento do tubo de boca: 12" até 17,00m.

Altura da boca do revestimento: 0,5m.

Cimentação: entre a perfuração de 14" e o tubo de boca de 12".

Teste de vazão realizado em 19/10/81.

Diâmetros e comprimentos dos tubos de saída d'água: 4" até 71,80m e 3" de 71,80m a 167,65m.

Diâmetros e comprimentos dos tubos de injeção de ar comprimido:

1º injetor: 1" a 115,65m

2º injetor: 1" a 167,65m.

Compressor utilizado: marca ATLAS COPCO de 0,118 m³/s.

Pressão de arranque: 8 kgf/cm².

Pressão de regime: 7 kgf/cm².

Andamento do teste:

<u>HORA</u>	<u>TEMPO DE BOMBEAMENTO</u>	<u>NÍVEL D'ÁGUA</u>	<u>REBAIXAMENTO</u>
	<u>(segundos)</u>	<u>(metros)</u>	<u>(metros)</u>
8:30	0	61,80	0
:31	60	64,33	2,53
:32	120	68,33	6,53
:33	180	70,32	8,52
:34	240	71,63	9,83
:35	300	72,63	10,58
:36	360	72,93	11,13
:37	420	73,33	11,53
:38	480	73,78	11,98
:39	540	74,03	12,23
:40	600	74,28	12,48
:45	900	75,08	13,28
:50	1200	75,78	13,98
9:00	1800	76,58	14,78
:10	2400	77,23	15,43
:20	3000	77,78	15,98
:30	3600	78,23	16,43

Andamento do teste (continuação):

<u>HORA</u>	<u>TEMPO DE BOMBEAMENTO</u> (segundos)	<u>NÍVEL D'ÁGUA</u> (metros)	<u>REBAIXAMENTO</u> (metros)
9:40	4200	78,65	16,85
:50	4800	78,98	17,18
10:00	5400	79,28	17,48
20:10	34800	84,53	22,73

Nível estático: 61,80m.

Nível dinâmico: 84,53m.

Vazão média: $5,33 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$.

Poço SAMAE nº 14.

Localização: situado no Bairro Sete Fogões.

Coordenadas UTM: 232,75 km E0 e 7443,85 km NS.

Altitude na boca: 530m.

Profundidade: 130m.

Diâmetros de perfuração: 15" até 19,50m

11" até 53,60m

10" até 90,00m

9 1/2" até 130m.

Diâmetro e comprimento do tubo de boca: 12" até 20m.

Altura da boca do revestimento: 0,70m.

Revestimento interno: tubos lisos e filtros, geomecânicos de PVC, de 6" de diâmetro.

Abertura dos filtros: 1mm.

Granulometria do pré-filtro: entre 1 e 2mm.

Cimentação: foi cimentado o espaço anelar entre o tubo de 12" e as paredes do poço, de 15".

Pedregulhamento: $4,4 \text{ m}^3$ de pré-filtro subangular "Jacareí".

Teste de vazão realizado em 14 e 15/01/86.

Diâmetro e comprimento do tubo de saída d'água: 2 1/2" a 90m.

Diâmetro e comprimento do tubo de injeção de ar comprimido: 1" a 90m.

Compressor utilizado: marca H00S modelo F9MD.

Pressão de arranque: $7,5 \text{ kgf/cm}^2$.

Pressão de regime: 7 kgf/cm^2 .

Andamento do teste (Poço SAMAE nº 14):

<u>HORA</u>	<u>TEMPO DE BOMBEAMENTO</u> (segundos)	<u>NÍVEL D'ÁGUA</u> (metros)	<u>REBAIXAMENTO</u> (metros)
2:00	0	22,54	0
:01	60	24,39	1,85
:02	120	29,40	6,86
:03	180	30,94	8,40
:04	240	31,69	9,15
:05	300	32,21	9,67
:06	360	32,54	10,00
:07	420	32,82	10,28
:08	480	33,03	10,49
:09	540	33,21	10,67
:10	600	33,34	10,80
:15	900	33,88	11,34
:20	1200	34,18	11,64
:25	1500	34,40	11,86
:35	2100	34,75	12,21
:40	2400	34,89	12,35
:45	2700	35,01	12,47
:50	3000	35,14	12,60
:55	3300	35,23	12,69
3:00	3600	35,31	12,77
:20	4800	35,60	13,06
:30	5400	35,71	13,17
:40	6000	35,82	13,28
:50	6600	35,92	13,38
4:10	7800	36,09	13,55
:20	8400	36,16	13,62
:30	9000	36,20	13,66
5:00	10800	36,38	13,84
:20	12000	36,44	13,90
6:00	14400	36,62	14,08
:50	17400	36,77	14,23
7:00	18000	36,80	14,26
:50	21000	36,90	14,36
8:40	24000	36,99	14,45

Andamento do teste (continuação):

<u>HORA</u>	<u>TEMPO DE BOMBEAMENTO</u> <u>(segundos)</u>	<u>NÍVEL D'ÁGUA</u> <u>(metros)</u>	<u>REBAIXAMENTO</u> <u>(metros)</u>
9:30	27000	37,06	14,52
10:40	31200	37,14	14,60
11:10	33000	37,17	14,63
12:00	36000	37,18	14,64
12:50	39000	37,24	14,70
13:40	42000	37,28	14,74
14:00	43200	37,30	14,76

Nível estático: 22,54m.

Nível dinâmico: 37,30m.

Vazão média: $5,83 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$.

TABELA 5

CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NOS POÇOS
TUBULARES PROFUNDOS NO MÉDIO RIO TIETÊ, MUNICÍPIO DE TIETÊ, SP

Características físico-químicas das águas dos poços tubulares profundos no Médio Rio Tietê, SP

No. POÇO	LOCALIZAÇÃO	DATA COLETA	No. AMOSTRA DA CETESB	Temperatura °C	pH lab.	pH campo	Eh mV	C.E. uS/cm	RESÍDUO SECO mg/l	RESÍDUO FIXO mg/l	DUREZA mg/l CaCO ₃	SiO ₂ mg/l
01	Bairro Vila Nova	29/03/89	042290	25,0	7,88	7,89	-0,59	214	152	115	46,0	23
02	Jumirim	28/03/89	042287	25,5	8,04	7,39	-0,20	193	153	115	77,4	39
03	Rua da Boia	20/04/89	042288	25,0	7,84	7,65	-0,39	341	222	217	93,1	53
04	R. Sete de Setembro	20/04/89	042289	24,0	7,83	7,71	-0,42	449	271	266	99,1	57
05	R. Francisco Assis Madeira	29/03/89	042292	24,0	7,63	7,75	-0,40	334	232	170	47,0	46
06	Bairro São Roque	27/03/89	042284	26,5	8,47	9,24	-1,18	371	220	199	13,8	18
08	Rod. Mar. Rondon	27/03/89	042283	24,0	8,63	9,68	-1,32	558	315	294	4,0	18
09	Est. de Tratamento	27/03/89	042286	24,0	8,25	7,75	-0,40	357	219	208	133,0	12
10	Bairro da COHAB	20/04/89	042294	24,0	7,79	7,72	-0,46	337	217	211	99,8	56
11	Bairro Altos do Tietê	23/05/89	042297	23,0	7,36	7	-0,02	306	224	218	122,0	63
12	Bairro Bela Vista	29/03/89	042291	24,0	-	7,59	-0,37	314	213	170	122,0	38
14	Bairro Sete Fogos	27/03/89	042285	27,0	8,23	7,54	-0,28	362	206	189	81,0	64
32	Est. Sementes e Mudas	29/03/89	042293	22,0	7,44	7,32	-0,19	356	226	197	16,0	20
46	Chac. Doutoradinho	23/05/89	042298	25,0	6,95	7,2	+0,06	258	172	167	69,7	34
47	Sítio São Francisco	20/04/89	042295	22,0	7,68	7,45	-0,32	249	175	173	87,1	52
48	Sítio Santa Rosa	27/03/89	042282	23,0	8,27	7,96	-0,46	272	191	186	9,2	39
50	Rod. Mar. Rondon Km 148	23/05/89	042299	25,0	6,95	7,2	-	258	172	167	69,7	34

Características químicas das águas dos poços tubulares profundos no Médio Rio Tietê, SP.

No. POÇO	NO. AMOSTRA DA CETESB	Boro mg/l	Na mg/l	Na eq/l	K mg/l	K eq/l	Ca mg/l	Ca eq/l	Mg mg/l	Mg eq/l	Fe solúvel mg/l
01	042290	nd	37.5	1.631143	0.5	0.01	1.7	0.084830	10.1	0.330592	nd
02	042287	nd	19.6	0.852544	1.9	0.05	28	1.377205	1.8	0.148026	nd
03	042288	nd	36	1.555898	1	0.02	0.8	0.039520	22.1	1.817434	0.01
04	042289	nd	50	2.174858	1.3	0.03	0.84	0.041916	26.3	2.162828	nd
05	042292	nd	32.5	1.413658	1.6	0.04	4	0.199600	17.4	1.430921	0.01
06	042284	nd	75	3.242287	0.8	0.02	3.7	0.184630	1.1	0.090460	nd
08	042283	nd	114	4.958677	0.6	0.02	2.5	0.124750	0.5	0.041118	nd
09	042286	nd	18.4	0.800247	2.1	0.05	12.3	0.613772	25	2.055921	nd
10	042294	nd	32	1.391909	1.5	0.04	1.5	0.074550	23.3	1.716118	nd
11	042297	nd	24	1.043532	2.6	0.07	31	1.546906	10.8	0.858157	nd
12	042291	nd	20	0.869943	0.9	0.02	37.8	1.836227	6.6	0.542763	nd
14	042285	nd	49	2.131361	1.4	0.04	13.5	0.673652	11.5	0.545723	nd
32	042293	nd	75	3.262287	1.2	0.03	4.5	0.224550	1	0.082235	0.02
46	042298	nd	30	1.304915	1.7	0.04	20	0.958003	4.8	0.394736	nd
47	042295	nd	22	0.955937	2	0.05	0.52	0.025948	20.8	1.710526	0.03
48	042282	nd	26.8	1.165724	1.6	0.04	27.7	1.322235	5.4	0.444078	nd
50	042299	nd	30	1.304915	1.7	0.04	20	0.958003	4.8	0.394736	nd

Características químicas das águas dos poços tubulares profundos no Médio Rio Tietê, SP.

No. POÇO	No. AMOSTRA: DA CETESB	HCO ₃ mg/l	HCO ₃ meq/l	CO ₃ mg/l	CO ₃ meq/l	SO ₄ mg/l	SO ₄ meq/l	Cl mg/l	Cl meq/l	F mg/l	F meq/l
01	042290	137	2.245165	0	0	4	0.083281	1	0.028200	nd	0
02	042287	120	1.966568	0	0	9	0.187382	2	0.056401	nd	0
03	042288	192	3.146509	0	0	nd	0	2	0.056401	nd	0
04	042289	201	3.294001	0	0	9	0.187382	10.5	0.296108	0.53	0.027894
05	042292	171	2.802359	0	0	nd	0	1	0.028200	nd	0
06	042284	175	2.867912	6	0.199933	7	0.145742	1	0.028200	nd	0
08	042283	178	2.917076	14	0.466511	55	1.145117	9.5	0.267907	0.24	0.012631
09	042286	170	2.785971	0	0	11	0.229023	0.5	0.014100	nd	0
10	042294	191	3.130121	0	0	nd	0	0.5	0.014100	0.1	0.005263
11	042297	185	3.031792	0	0	8	0.166562	0.5	0.014100	nd	0
12	042291	182	2.982628	0	0	2	0.041640	0.5	0.014100	0.21	0.011052
14	042285	197	3.228449	0	0	9	0.187382	1.5	0.042301	nd	0
32	042293	164	2.687643	0	0	18	0.374765	7.5	0.211505	0.51	0.026842
46	042298	131	2.146837	0	0	12	0.249843	4	0.112803	nd	0
47	042295	153	2.507374	0	0	nd	0	0.5	0.014100	nd	0
48	042282	156	2.556538	0	0	11	0.229023	0.5	0.014100	nd	0
50	042299	131	2.146837	0	0	12	0.249843	4	0.112803	nd	0

Relações características das águas dos poços tubulares profundos no Médio Rio Tietê, SP.

No. POÇO	rNa/rK	rNa/rCa	rNa/rMg	rNa/rCa+rMg	rHCO ₃ /rCl	SOMA CATIONS meq/l	SOMA ANIONS meq/l	ERRO %	INDICE TROCA DE BASES(+)	INDICE TROCA DE BASES(-)	RAZAO ABSORCAO SODIO
01	163.1143	19.22830	1.963832	1.78184835	79.61356	2.556566	2.356647	4.049003	-57.1949	-0.69271	2.410996
02	17.05089	0.610178	5.759412	0.55172597	34.86725	2.44776	2.210352	5.096975	-15.0021	-0.39283	0.969918
03	78.29491	39.22575	0.861598	0.84307994	55.78761	3.443252	3.202910	3.616246	-27.1179	-0.48609	1.624916
04	72.49528	51.88591	1.005562	0.98644447	11.12431	4.409603	3.805387	7.355039	-6.44612	-0.54827	2.071413
05	35.34145	7.082427	0.987935	0.86699734	99.37168	3.084179	2.830560	4.287919	-50.5467	-0.50866	1.565655
06	163.1143	17.66925	36.06311	11.8589296	101.6961	3.557379	3.241788	4.641607	-115.389	-1.07978	8.796276*
08	247.9338	39.74876	120.5950	29.8951586	10.88837	5.144546	4.809244	3.368589	-17.5835	-1.15966	17.21862
09	16.00695	1.303981	0.389289	0.29979021	197.5811	3.520041	3.029095	7.496342	-59.3066	-0.27736	0.692728
10	34.79773	18.59591	0.726421	0.69911169	221.9882	3.422878	3.149484	4.159743	-100.551	-0.45295	1.395062
11	14.91331	0.674851	1.175390	0.42870828	215.0147	3.548996	3.212455	4.977339	-78.0000	-0.34387	0.946089
12	43.49717	0.461208	1.602804	0.35815017	211.5280	3.318934	3.049422	4.232047	-62.1147	-0.28960	0.789392
14	53.28403	3.163887	2.253683	1.31616188	76.32055	3.790737	3.458133	4.588356	-50.3309	-0.62329	2.368635
32	108.7429	14.52805	39.66942	10.6336972	12.70717	3.599075	3.300757	4.323561	-14.5659	-1.00599	8.329487
46	32.62287	1.307525	3.305785	0.93694041	19.03171	2.737656	2.509484	4.348500	-10.9226	-0.51409	1.563731
47	19.13875	36.87891	0.559440	0.55108084	177.8230	2.743412	2.521475	4.215421	-70.4120	-0.39596	1.026985
48	29.14310	0.843361	2.625038	0.63829326	181.3097	3.032038	2.799662	3.984702	-84.5099	-0.42778	1.219896
50	32.62287	1.307525	3.305785	0.93694041	19.03171	2.737656	2.509484	4.348500	-10.9226	-0.51409	1.563731