

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

**VULNERABILIDADE NATURAL À POLUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
SUBTERRÂNEOS DA ÁREA DE ARARAQUARA (SP)**

Geól. Fábio José Meaulo

Orientador: Prof. Dr. Leandro Eugenio da Silva Cerri

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao
Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente
Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente
para obtenção do Título de Mestre em Geociências e Meio Ambiente.

Rio Claro (SP)

2004

551.49 M484v	Meaulo, Fábio José Vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos da área de Araraquara (SP)/Fábio José Meaulo. Rio Claro: [s.n.], 2004, 108 f.: il., mapas Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas Orientador: Prof. Dr. Leandro Eugenio da Silva Cerri 1. Águas subterrâneas. 2. Vulnerabilidade natural. 3. Poluição. 4. Mapeamento geológico. 5. Araraquara (SP). I. Título
-----------------	--

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI – Biblioteca da UNESP
Câmpus de Rio Claro

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Leandro Eugenio da Silva Cerri

Prof. Dr. Antonio Celso de Oliveira Braga

Dr. José Luiz de Albuquerque Filho

Aluno: Geól. Fábio José Meaulo

Rio Claro 08 de Abril de 2004

Resultado: Aprovado com distinção

Dedicatória

*Aos meus queridos pais,
estruturas física e psicológica,
dessa minha passagem por essa vida.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de manifestar a minha satisfação pessoal e profissional por contribuir, mesmo que indiretamente, com a sociedade araraquarense da minha adorável Terra Natal.

Ao amigo e orientador, Prof. Dr. Leandro Eugenio da Silva Cerri, pelo aceite em me orientar nesta dissertação tão conturbada, marcada por inúmeros contratempos (extra universidade), a você, meus sinceros agradecimentos.

A Baker Hughes do Brasil, que me proporcionou um longo período sem atividades para que eu pudesse desenvolver essa dissertação.

Ao grupo de amigos e geólogos que me auxiliaram nas etapas de campo: Ms. Fabiano Cabañas Navarro, Ms. Guillermo Navarro, Ms. Fábio Lima e Eric Muto.

Aos caros amigos e sócios da FORTGEO Geociências & Meio Ambiente.

Aos amigos da República ParaTodoS, em especial, Francisco Ediel.

A Estelinha, pela paciência, compreensão, companheirismo e amor transmitido.

Ao Prof. Dr. Harold Gordon Fowler pela confiança depositada.

Aos Profs. Drs Antenor Zanardo, Antonio Carlos Arthur, José Eduardo Zaine pela contribuição no aprimoramento das informações geológicas.

A banca do exame de qualificação, nas pessoas do Prof. Dr. Antonio Celso de Oliveira Braga e do Dr. José Luiz de Albuquerque Filho.

Aos companheiros da Pós Graduação em Geociências e Geologia Regional da Unesp de Rio Claro.

A Pró Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa pela concessão de apoios financeiros para a participação de eventos científicos.

Enfim, a todos que colaboraram, direta ou indiretamente, o desenvolvimento dessa dissertação.

SUMÁRIO

ÍNDICE.....	i
ÍNDICE DE TABELAS.....	iv
ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES.....	v
ÍNDICE DE ABREVIACÕES.....	viii
RESUMO.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 2 MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO.....	8
CAPÍTULO 3 RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO.....	14
CAPÍTULO 4 CONCLUSÕES.....	99
CAPÍTULO 5 REFERÊNCIAS.....	103

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Localização da área e acessos.....	2
1.2 Seleção da área de estudo.....	3
1.3 Escolha do tema.....	5
1.4 Premissas, hipótese de trabalho e objetivos da pesquisa.....	5
CAPÍTULO 2 MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO.....	8
2.1 Método para o desenvolvimento do plano da pesquisa.....	8
2.2 Método científico de pesquisa.....	8
2.3 Etapas da pesquisa.....	10
2.3.1 Revisão bibliográfica.....	11
2.3.2 Trabalhos de campo.....	11
2.3.3 Trabalho Laboratorial.....	12
2.3.4 Integração dos dados.....	13
CAPÍTULO 3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	14
3.1 Revisão Bibliográfica.....	14
3.1.1 Fundamentação metodológica.....	14
3.1.1.1 Método e técnicas de pesquisa.....	14
3.1.1.2 Método de mapeamento da vulnerabilidade natural de aquíferos.....	16
a) Princípios sobre o método da vulnerabilidade.....	17
b) Desenvolvimento do conceito da vulnerabilidade.....	18
c) Limitações do método de mapeamento da vulnerabilidade.....	24

d) Apresentação das metodologias de avaliação da vulnerabilidade e definição do método aplicado.....	24
e) Análise das alterações dos sistemas de avaliação dos índices de vulnerabilidade natural à poluição do aquífero, Método GOD.....	26
3.1.1 Síntese sobre o ciclo hidrológico.....	30
3.1.2.1 Conceitos.....	30
3.1.2.2 Processos atuantes.....	32
a) Infiltração e água no solo.....	32
b)Atenuação.....	35
c) Mecanismos de atenuação e migração de poluentes.....	36
3.1.2 Síntese da situação dos recursos hídricos: panorama global e área de estudo.....	38
3.1.2.1 Disponibilidade hídrica.....	38
3.1.2.2 Síntese da legislação e programas estaduais de recursos hídricos.....	40
3.1.2.3 Resumo do abastecimento público de água no Estado de São Paulo.....	42
3.1.2.4 Características da Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê/Jacaré (UGRHI 13).....	43
3.1.2.5 Fontes de abastecimento de água no município de Araraquara – SP.....	48
3.1.3 Conhecimento geológico e hidrogeológico regional	51
3.1.3.1 Geologia regional.....	51
3.1.3.2 Hidrogeologia regional.....	54
3.2 Trabalhos de campo.....	59
3.2.1 Conhecimento do meio físico local	59
3.2.1.1 Hidrografia.....	59
3.2.1.2 Vegetação.....	61
3.2.1.3 Geomorfologia.....	62
3.2.1.4 Pedologia.....	63
3.2.1.5 Geologia local.....	65
a) Formação Botucatu.....	68
b) Formação Serra Geral.....	69
c) Formação Adamantina.....	70
d) Sedimento correlato à Formação Botucatu.....	71
e) Sedimentos Quaternários.....	72

3.2.1.6 Geologia estrutural.....	72
3.2.1.7 Hidrogeologia local.....	81
3.2.2 Levantamento das fontes potencialmente poluidoras.....	85
3.3 Trabalho laboratorial.....	9
3.4 Integração dos dados.....	98
3.4.1 Ensaio de aplicação do mapa de vulnerabilidade natural.....	99
CAPÍTULO 4 CONCLUSÕES.....	102
CAPÍTULO 5 REFERÊNCIAS.....	106

ANEXOS

ANEXO 1 Mapa de documentação das porções noroeste da folha Araraquara e sudoeste da folha Rincão.

ANEXO 2 Descrições dos Afloramentos

ANEXO 3 Mapa geológico das porções noroeste da folha Araraquara e sudoeste da folha Rincão e Seções Geológicas E-W da área de Araraquara (SP)

ANEXO 4 Mapa de superfície de tendência do nível d'água do aquífero livre, noroeste da folha Araraquara e sudoeste da folha Rincão.

ANEXO 5 Mapa de vulnerabilidade natural à poluição do aquífero livre, noroeste da folha Araraquara e sudoeste da folha Rincão.

ÍNDICE DE TABELAS

iv

Tabela 1	Excedente hídrico nos continentes.....	38
Tabela 2	População e água per capita disponível para alguns países.....	39
Tabela 3	Disponibilidade hídrica social e as demandas por unidade federativa brasileira.....	40
Tabela 4	Síntese dos resultados dos Índice de Qualidade da Água, no ano de 1997.....	45
Tabela 5	Síntese dos resultados dos Índice de Qualidade de Água, no ano de 2001.....	45
Tabela 6	Resultado dos parâmetros físico-químicos e microbióticos, no ano 2001.....	46
Tabela 7	Estimativa da porcentagem dos Sistemas Aquíferos em área de afloramento na UGRHI Tietê/Jacaré.....	47
Tabela 8	Abastecimento de água e sistema de coleta de esgoto de Araraquara (SP).....	48
Tabela 9	Ensaio físico da água bruta e da água tratada das estações de tratamento de água (Fonte) do município de Araraquara (SP).....	49
Tabela 10	Ensaio físico da água bruta e da água tratada das estações de tratamento de água (Paio) do município de Araraquara (SP).....	49
Tabela 11	Ensaio químico da água bruta e da água tratada das estações de tratamento de água do município de Araraquara (SP).....	49
Tabela 12	Ensaio físico nas águas dos poços tubulares de abastecimento público do município de Araraquara (SP).....	49
Tabela 13	Ensaio químico nas águas dos poços tubulares de abastecimento público do município de Araraquara (SP).....	50

FIGURA 1	Localização da área de estudo no Estado de São Paulo.....	4
FIGURA 2	Fluxograma das principais atividades necessárias para execução dessa pesquisa.7	
FIGURA 3	Seqüência da organização de idéias para o desenvolvimento do plano desta pesquisa.....	9
FIGURA 4	Fluxograma das etapas de trabalho desenvolvidas nesta pesquisa.....	10
QUADRO 1	Fases fundamentais do método de pesquisa.....	15
QUADRO 2	Fatores hidrogeológicos que controlam a vulnerabilidade à poluição do aquífero	19
FIGURA 5	Confecção mapa de vulnerabilidade à poluição do aquífero usando método GOD.	20
QUADRO 3	As classes de vulnerabilidade natural de aquíferos e definições correspondentes.....	21
FIGURA 6	Sistema de avaliação do índice de vulnerabilidade natural à poluição do aquífero	23
FIGURA 7	O ciclo hidrológico.....	30
FIGURA 8	Diagrama generalizado das zonas subterrâneas de água em condições normais de fluxo e em capacidade de campo.....	31
QUADRO 4	Síntese dos processos atuantes no ciclo hidrológico.....	32
FIGURA 9	Resumo dos processos de atenuação de contaminantes nas águas subterrâneas..	35
QUADRO 5	Processos que controlam a migração dos contaminantes.....	37
FIGURA 10	Abastecimento público no Estado de São Paulo, no ano de 1997.....	42
FIGURA 11	Uso das águas subterrâneas para o abastecimento público, na Bacia Tietê/Jacaré, Estado de São Paulo, no ano 1997.....	44
FIGURA 12	Unidades Aquíferas da Bacia Tietê/Jacaré, no Estado de São Paulo.....	47

FIGURA 13 Coluna cronoestratigráfica da Bacia do Paraná.....	52
QUADRO 6 Síntese do conhecimento geológico regional.....	53
FIGURA 14 Seção geológica E-W da Bacia Sedimentar do Paraná nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.....	55
QUADRO 7 Resumo das características físicas e hidrogeológicas regionais dos sistemas aquíferos da UGRHI Tietê/Jacaré.....	58
FIGURA 15 Mapa hidrográfico das porções noroeste da folha Araraquara e sudoeste da folha Rincão.....	60
FIGURA 16 Representação esquemática da superfície digital do terreno, porções noroeste da folha Araraquara e sudoeste da folha Rincão.....	64
QUADRO 8 Síntese das informações litoestratigráficas da área de estudo.....	65
QUADRO 9 Critérios expeditos de campo adotados para separação dos tipos de coberturas da área de estudo.....	67
FIGURA 17 Conjunto de estereogramas das direções preferenciais das fraturas da Formação Serra Geral.....	74
PRANCHA 01 Fotos 01, 02 e 03.....	75
PRANCHA 02 Fotos 04, 05 e 06.....	76
PRANCHA 03 Fotos 07, 08 e 09.....	77
PRANCHA 04 Fotos 10, 11 e 12.....	78
PRANCHA 05 Fotos 13, 14 e 15.....	79
PRANCHA 06 Fotos 16 e 17.....	80
QUADRO 10 Síntese das unidades aquíferas da área de estudo.....	81
FIGURA 18 Gráfico de correlação da profundidade de 38 poços tubulares e a vazão para o sistema aquífero Botucatu	82

FIGURA 19 Gráfico de correlação da profundidade de 19 poços tubulares e a vazão para o sistema aquífero Serra Geral.....	83
FIGURA 20 Gráfico de correlação da profundidade de 12 poços tubulares e a vazão para o sistema aquífero Bauru - Adamantina	84
FIGURA 21 Esquema conceitual para a avaliação do risco de poluição dos recursos hídricos subterrâneos.....	85
QUADRO 11 Áreas contaminadas no Estado de São Paulo, situação em 2002.....	87
QUADRO 12 Áreas contaminadas no Estado de São Paulo, situação em 2003.....	87
FIGURA 22 Distribuição por atividade das principais fontes potenciais à poluição, nos anos de 2002 e 2003.....	88
QUADRO 13 Cadastro das fontes potenciais à poluição da área de estudo.....	89
FIGURA 23 Mapa esquemático da distribuição das fontes potencialmente poluidoras das porções noroeste da folha Araraquara e sudoeste da folha Rincão.....	91
QUADRO 14 Síntese descritiva das análises de difração de raios-X.....	93
FIGURA 24 Representação dos difratogramas das unidades geológicas.....	93
QUADRO 15 Sistemática adotada para a integração dos dados.....	94
QUADRO 16 Caracterização da vulnerabilidade natural à poluição dos aquíferos da área de Araraquara (SP).....	95
QUADRO 17 Síntese das principais informações sobre o conhecimento geológico e hidrogeológico da área de Araraquara (SP).....	96
FIGURA 25 Fluxograma para avaliação do ensaio de aplicação do mapa de vulnerabilidade natural.....	97
QUADRO 18 Simulação do modelo de ensaio de aplicação do mapa de vulnerabilidade natural.....	98

- ABGE** – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental
- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- CBH/ T J** – Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré
- Cetesb** – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
- CTC** – Capacidade de Troca Catiônica
- DAAE** – Departamento Autônomo de Água e Esgoto
- DAEE** – Departamento de Águas e Energia Elétrica
- Esalq** – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz
- ETA** – Estação de Tratamento de Água
- Fehidro** – Fundo Estadual de Recursos Hídricos
- FIAR** – Faculdades Isoladas de Araraquara
- GOD** – Groundwater hydraulic confinement, Overlying strata, Depth to groundwater table
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IPT** – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
- N.A.** – Nível D'Água
- NBR** – Normas Brasileiras
- OMS** – Organização Mundial da Saúde
- ONU** – Organização das Nações Unidas
- PDC** – Programa de Duração Continuada
- RMSP** – Região Metropolitana de São Paulo
- SBG** – Sociedade Brasileira de Geologia
- SIGRH** – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo
- UGRHI** – Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos
- Unesp** – Universidade Estadual Paulista
- Uniara** – Centro Universitário de Araraquara
- UNIP** – Universidade Paulista
- USP** – Universidade de São Paulo

Palavras chave: Vulnerabilidade Natural, Poluição, Aquíferos, Água Subterrânea, Araraquara (SP)

Atualmente o crescimento desordenado dos centros urbanos brasileiros tem resultado em sérios problemas ambientais. Esses problemas podem ser minimizados e/ou evitados a partir de estudos específicos no meio físico. A área de estudo de 270 Km² abrange a zona urbana e parte da zona rural do município de Araraquara (SP), região central do Estado de São Paulo. Está inserida no contexto geológico da Bacia Sedimentar do Paraná. Ocorrem litologias das formações Botucatu, Serra Geral, Adamantina, sedimentos correlatos e sistemas aquíferos correspondentes. A estratégia metodológica adotada nesta pesquisa foi: revisão bibliográfica; trabalhos de campo; trabalho laboratorial; integração dos dados e análise dos resultados do método de mapeamento da vulnerabilidade natural de aquíferos (FOSTER et al., 2002). Os índices de vulnerabilidade natural das formações geológicas são: Botucatu e Serra Geral (Alta), Adamantina (Baixa a Moderada) e os sedimentos recentes (Extrema). O mapa de vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos da área de Araraquara (SP, 1:50.000) e o ensaio de aplicação do mapa são instrumentos que reúnem um conjunto de informações capaz de subsidiar todo tipo de intervenção antrópica no meio físico, contribuindo para as tomadas de decisões governamentais e para a elaboração de programas de políticas públicas ambientais.

Key words: Natural Vulnerability, Pollution, Aquifers, Groundwater, Araraquara (SP)

Currently the disorientated growth of the Brazilian urban centers has resulted in serious environmental problems. These problems can be minimized and/or be prevented by specific environmental studies. The studies developed in 270 Km² (urban and part of the rural zone) of Araraquara city (SP), located on center region of the São Paulo State. The geologic mapping of the study area is located in the NE of the Paraná Sedimentary Basin. The litostratigraphic and aquifers systems sequence is formed by: Botucatu Formation; Serra Geral Formation; Adamantina Formation; Cenozoic sediments. The adopted methodological strategy in this research was: bibliography revision; field works; laboratorial work; integration of the data and analysis of the results of the method of mapping of the natural vulnerability of aquifer (FOSTER et al., 2002). The natural units of vulnerability are: low to moderate (Adamantina Formation); high (formations Serra Geral and Botucatu); extreme (Cenozoic sediments). The mapping of natural vulnerability to groundwater of Araraquara area (SP, 1:50.000) and the test of application of the map are instruments that congregate a group of information capable to subsidize all type of anthropogenic intervention in the environment, contributing for governmental decisions and the elaboration of public politics to environmental programs.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o crescimento desordenado dos centros urbanos brasileiros tem resultado em sérios problemas ambientais. Esses problemas são integrantes de uma esfera global denominada meio ambiente e podem ser estudados no âmbito das ciências da terra, ciências biológicas e sócio-econômicas.

Os recentes dados do censo (IBGE, 2000) apontam claramente a histórica migração da população rural de diversas regiões do país para os centros urbanos desenvolvidos, principalmente da Região Sudeste do Brasil. Em paralelo a esse expressivo quadro social, verifica-se a falta de condições dos municípios em oferecer infra-estrutura básica para acomodar de forma adequada e digna a população de migrantes.

A reunião dos fatos expostos acarreta numa diminuição generalizada da qualidade de vida da população domiciliada nos médios e grandes centros urbanos. De forma geral, todas as esferas do poder público governamental não têm conseguido administrar adequadamente esta situação.

A região de Araraquara - SP foi eleita por inúmeras empresas nacionais e multinacionais como excelente área para consolidação de novos investimentos. Essas empresas fundamentam-se nos bons indicadores de desenvolvimento econômico da região e no índice de qualidade de vida da população local.

Entretanto, ela possui escassez de trabalhos técnico-científicos voltados ao entendimento da dinâmica do meio físico, os quais deveriam subsidiar e/ou auxiliar o planejamento urbano e rural da região. A deficiência desses dados, em escalas adequadas, dificulta as tomadas de decisão do Poder Público Municipal, ante os problemas geoambientais.

Os índices de qualidade de vida mencionados são baseados em dados apresentados pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico, na forma de relatório, denominado “Araraquara em Dados” (ARARAQUARA, 1999). Merecem destaque para o escopo da presente pesquisa as seguintes informações:

- Índice de área verde por habitante regulamentado pela Organização Mundial de Saúde que recomenda 12m²/hab: a cidade possui três vezes mais que o recomendado, ou seja, 36m²/hab;
- Legislação municipal intensificando a preservação de diversas áreas verdes nos fundos dos vales que foram incorporadas ao patrimônio ambiental da cidade;
- Saúde pública oferece 6 hospitais com laboratórios, instalações especiais que abrangem as áreas de higiene, saúde maternal, saúde infantil, controle de doenças transmissíveis e agrícolas;
- Município conta com várias escolas de ensinos fundamentais, médios e com escolas de nível superior como a Universidade Estadual Paulista - Unesp, Centro Universitário de Araraquara - Uniara, Universidade Paulista e Faculdade Isolada de Araraquara - Fiar, recebendo estudantes da cidade, localidades circunvizinhas e de outros Estados.

O município apresenta como atividade principal à agroindústria, com lavouras de cana-de-açúcar e laranja e processamento de produtos alimentares. Possui um parque industrial voltado para os segmentos mecânicos, metalúrgicos, alimentícios, têxtil, vestuários, calçados, químicos, móveis e vários outros. Conta também com uma grande estrutura de comércio e serviços, atendendo não só a população local, assim como toda a região de entorno (HADDAD, 2001).

1.1 Localização da área e acessos

A cidade de Araraquara está situada na região central do Estado de São Paulo. A área de estudo, por sua vez, está localizada nas porções noroeste da folha Araraquara (SF-22-X-D-VI-4; IBGE, 1988) e sudoeste da folha Rincão (SF-22-X-D-VI-2; IBGE, 1988) com

aproximadamente 270 quilômetros quadrados, abrangendo a zona urbana e parte da zona rural do município de Araraquara – SP (Figura 1). A folha topográfica Araraquara é limitada a norte pela folha Rincão, a sul pela folha Ribeirão Bonito, à oeste pela folha Boa Esperança do Sul e à leste pela folha Ibaté.

As principais cidades de pequeno porte e circunvizinhas de Araraquara correspondem a: Américo Brasiliense, Santa Lúcia, Matão, Gavião Peixoto, Rincão, Ibaté, Boa Esperança do Sul, além dos municípios de médio à grande porte, como São Carlos (40 Km) e Ribeirão Preto (85 Km).

Os principais acessos à área, provenientes de São Paulo (270 Km) e Ribeirão Preto (85 Km), respectivamente, são feitos através das rodovias: SP-330 que liga São Paulo a Limeira e a SP-310 que liga Limeira a Araraquara. Outro acesso é alcançado pela rodovia SP-255 que liga Ribeirão Preto a Araraquara. A Figura 1 mostra a localização e as principais vias de acesso à área de estudo.

1.2 Seleção da área de estudo

A seleção da área de estudo está centrada nas tendências de crescimento da zona urbana do município de Araraquara, fato que justifica a necessidade de identificar e caracterizar o meio físico. Portanto, os critérios estabelecidos para delimitar a área de estudo foram geográficos e geológicos. Assim sendo, os limites da área de estudo correspondem a:

- Ao norte: limite da área urbana do município; as cabeceiras de drenagem que alimentam parte dos mananciais e do abastecimento público de água;
- A sul: área de afloramento das litologias das formações Serra Geral e Botucatu, que compõem o sistema geológico intertrapiano;
- A leste: o limite do município;

A oeste: a ocupação urbana e as áreas de maior influência antrópica.

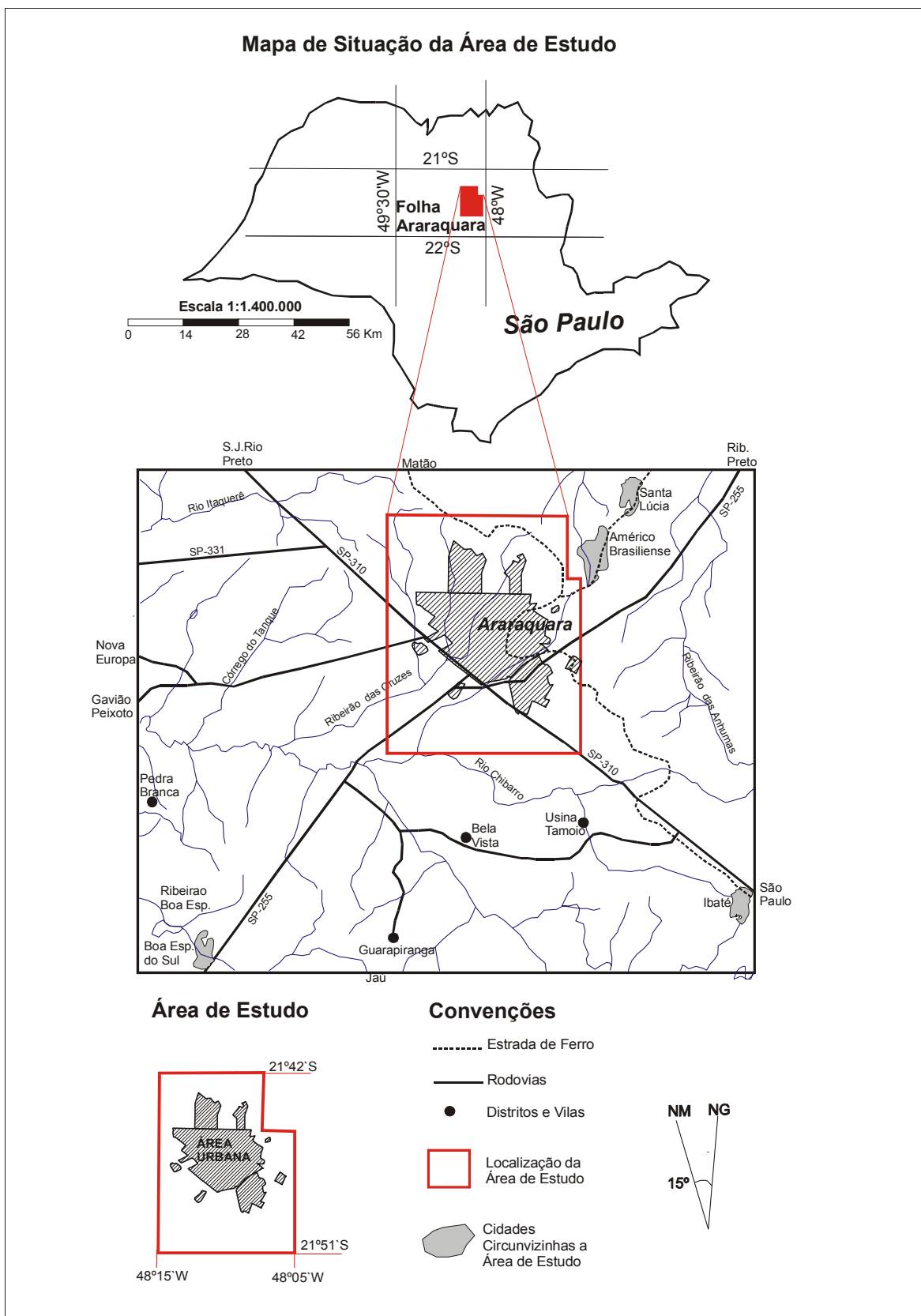


Figura 1 - Localização da área de estudo no Estado de São Paulo e as principais vias de acesso.

1.3 Escolha do tema

Para a escolha do tema desta Dissertação, alguns fatores importantes foram levantados, sobretudo considerando-se a necessidade de abordagem sobre um assunto dentro do ramo das Geociências, em especial que tratasse de questões que envolvessem a região de Araraquara – SP. Outros aspectos de relevância para o desenvolvimento do trabalho foram:

- Contribuição com o Programa de Duração Continuada (PDC-4) que trata do Desenvolvimento e Proteção das Águas Subterrâneas, preconizado na política estadual de recursos hídricos (Lei 7663/91) e seus instrumentos de implantação;
- Possibilidade de integração das informações geológicas e hidrogeológicas obtidas em trabalhos anteriores;
- Desenvolver um trabalho técnico-científico a custo operacional baixo para a sociedade Araraquarense, como contribuição da universidade e, baseado na logística favorável e no prévio conhecimento do autor sobre a área de estudo;
- Elaboração do mapa de vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos, considerando os dados disponíveis.

Esta Dissertação de Mestrado pretende, portanto, contribuir com a melhoria do quadro geo-econômico descrito. Em síntese, os documentos finais deste estudo, permitem aos órgãos governamentais, criarem dispositivos legais para a proteção das áreas naturalmente vulneráveis à poluição dos recursos hídricos subterrâneos de parte do município de Araraquara (SP).

1.4 Premissas, hipótese de trabalho e objetivos da pesquisa

Com base nas informações apresentadas nos sub-itens anteriores, foram estabelecidas as premissas da pesquisa, as quais balizam os rumos do desenvolvimento do estudo:

- Os recursos hídricos superficiais e subterrâneos vêm sendo degradados de forma acelerada ao longo dos anos;
- A determinação dos índices e/ou valores qualitativos de vulnerabilidade natural dos maciços terrosos e rochosos, são primordiais para a elaboração do planejamento adequado do uso e ocupação do solo;
- O mapa de vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos é um documento temático e orientativo, portanto otimizador dos recursos financeiros das entidades públicas que tratam a questão.

A partir da definição das premissas da pesquisa, foi formulada a seguinte hipótese de trabalho para o desenvolvimento da presente investigação: a integração dos resultados do mapeamento geológico, do levantamento de feições estruturais e as informações hidrogeológicas disponíveis na área de Araraquara (SP), permitem a elaboração de mapas temáticos, tal como o mapa de vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos, na escala 1:50.000.

A partir da formulação da hipótese de trabalho, foi estabelecido o seguinte objetivo: elaborar um documento cartográfico temático que enfoque qualitativamente a vulnerabilidade natural à poluição das águas subterrâneas e que possa subsidiar o poder público municipal no planejamento e desenvolvimento de políticas de proteção dos recursos hídricos subterrâneos da área de Araraquara (SP).

O desenvolvimento sistemático deste estudo permitiu elaborar um fluxograma que contém as atividades necessárias para execução do escopo da pesquisa (Figura 2).

Fonte: adaptado de Cerri (1993).

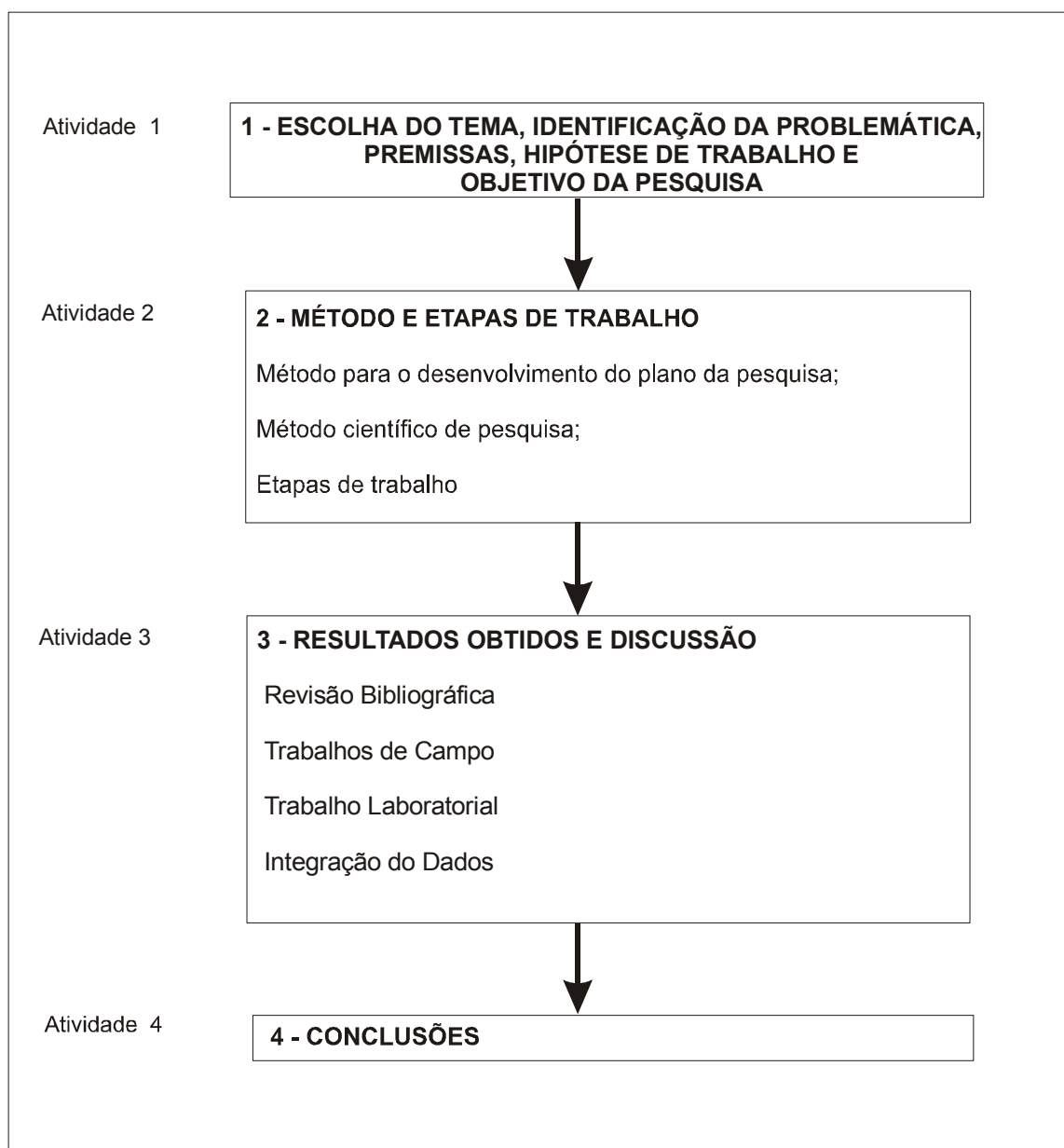


Figura 2 - Fluxograma das principais atividades necessárias para a execução dessa pesquisa .

CAPÍTULO 2

2 MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO

Neste Capítulo são apresentados os seguintes procedimentos: método para o desenvolvimento do plano da pesquisa, método científico de pesquisa e as etapas de trabalho. Cumpre ressaltar que a adoção dos mesmos procedimentos científicos pode resultar em produtos finais (variação de elementos hidrológicos, configurações dos mapas, conclusões, entre outros) distintos.

2.1 Método para o desenvolvimento do plano da pesquisa

Andrew e Hildebrand (1982 apud ZAINE, 2000) propõem uma seqüência lógica na organização das idéias para o desenvolvimento de um plano da pesquisa: escolha do tema; situação problemática (baseada em fatos), problema pesquisável, premissas/hipóteses, objetivo, sendo limitados pelos recursos disponíveis.

Na presente pesquisa, o fator financeiro foi limitador da exeqüibilidade da pesquisa (recursos humanos, ensaios laboratoriais, suprimentos e equipamentos de informática, entre outros). Em outras palavras, o projeto teve que ser analisado e adequado aos recursos disponíveis. A Figura 3 exibe a seqüência lógica seguida nesta dissertação.

2.2 Método científico de pesquisa

A partir da metodologia apresentada para a elaboração do plano da pesquisa, foram utilizados os seguintes métodos científicos:

-fases fundamentais do método de pesquisa de Nérici (1993);

-método de mapeamento da vulnerabilidade natural de aquíferos (FOSTER et al., 2002).

As descrições detalhadas desses métodos são apresentadas no Capítulo 4.

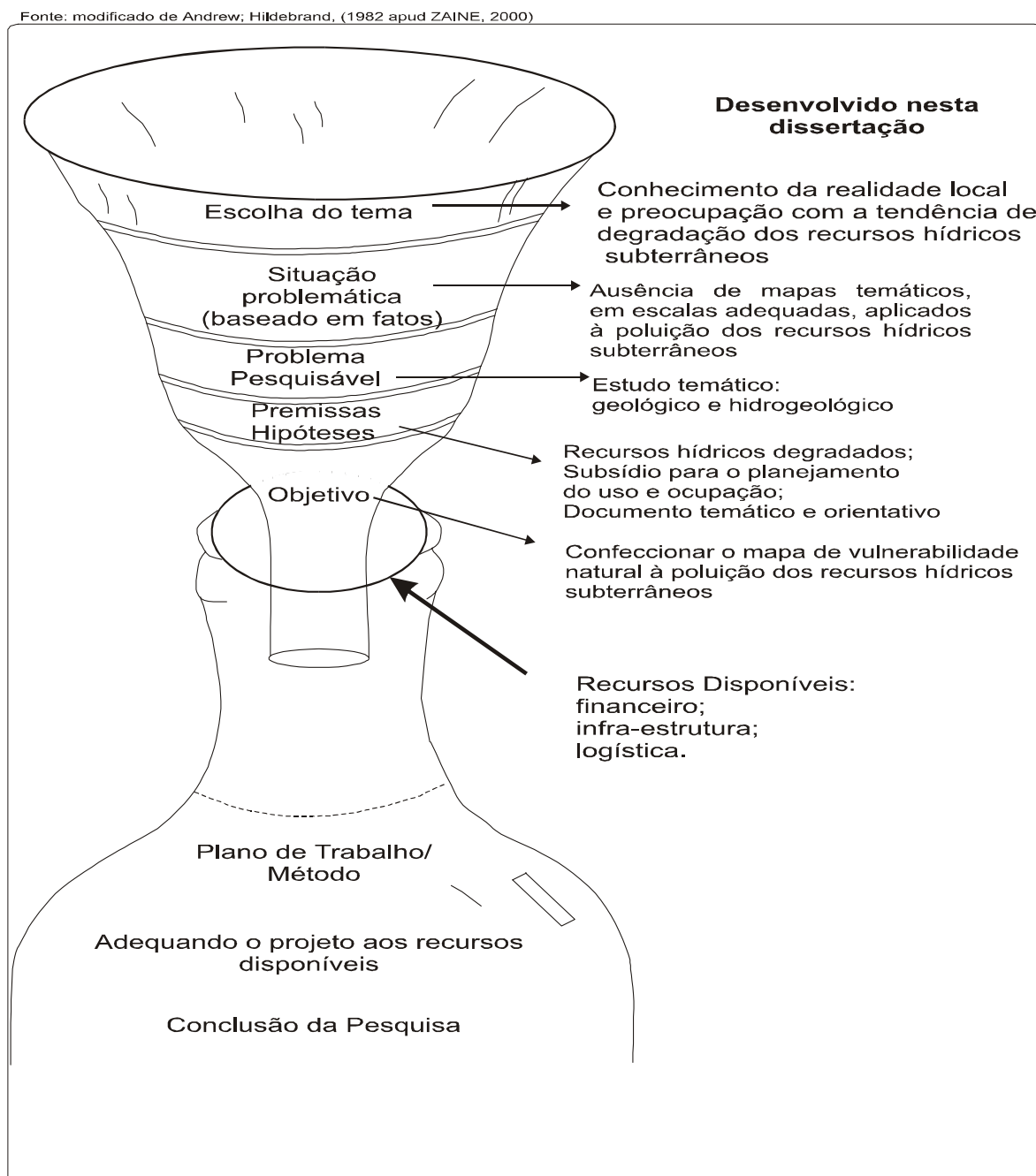


Figura 3 - Sequência da organização de idéias para o desenvolvimento do plano desta pesquisa.

2.3 Etapas da pesquisa

A partir da definição do plano da pesquisa e dos métodos científicos de pesquisa, foram estabelecidas as etapas de pesquisa. Elas estão subdivididas de acordo com a seguinte estratégia metodológica:

- Revisão bibliográfica;
- Trabalhos de campo;
- Trabalho laboratorial;
- Integração dos dados e análise dos resultados.

A Figura 4 ilustra essas subdivisões e apresenta as etapas da pesquisa.

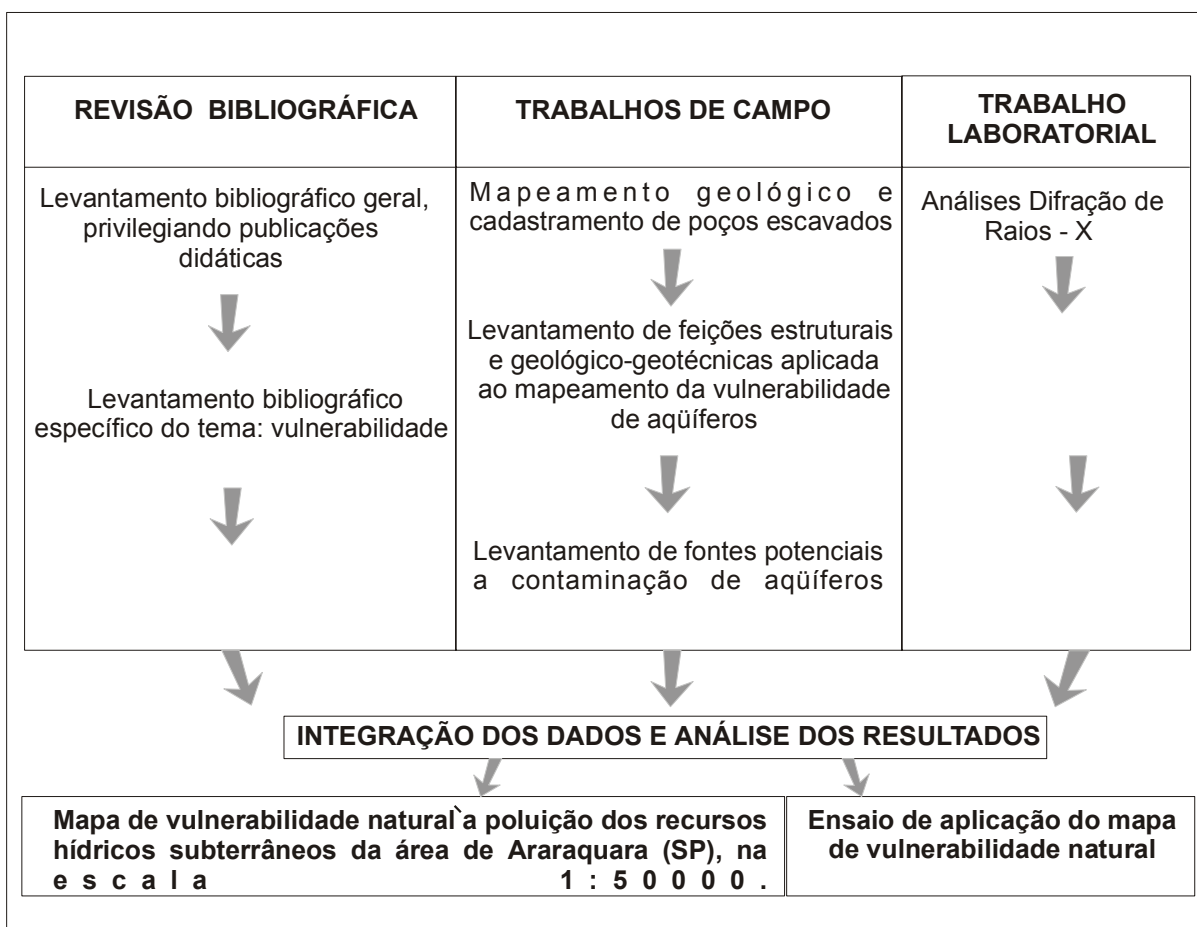


Figura 4 - Fluxograma das etapas de trabalho desenvolvidas nesta pesquisa.

2.3.1 Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica se constituiu na primeira etapa de trabalho e constou da seleção e posterior análise da bibliografia geral e específica sobre o tema.

A bibliografia geral engloba os trabalhos que enfocam os dados geológicos, hidrogeológicos regionais e o panorama estadual sobre o tema. Cumpre ressaltar que a pesquisa bibliográfica geral apoiou-se em diversos tipos de publicações, privilegiando as referências de cunho didático e as que apresentam síntese sobre assuntos referentes ao tema. Por outro lado, a específica trata sobre o conceito de vulnerabilidade e dados relevantes sobre a área de estudo.

As referências utilizadas para o desenvolvimento da revisão bibliográfica estão citadas conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, NBR6023, 2000). Para cumprir o objetivo dessa etapa foram pesquisadas referências nas bibliotecas das seguintes instituições:

- Universidade Estadual Paulista - Unesp, Câmpus Rio Claro (SP);
- Universidade de São Paulo – USP, Câmpus de São Carlos (SP);
- Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz - Esalq, Piracicaba (SP);
- Biblioteca Municipal de Araraquara, Araraquara (SP);
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Araraquara (SP);
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo (SP).

2.3.2 Trabalhos de campo

Esta etapa da pesquisa foi desenvolvida em três campanhas de campo, de forma interligada e complementar. Os objetivos foram coletar as informações geológicas, hidrogeológicas e localizar as principais fontes potenciais à poluição de aquíferos, necessárias para subsidiar os dados inerentes à elaboração do mapa de vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos.

O mapeamento geológico seguiu as linhas clássicas de elaboração de mapas geológicos (cartografia dos diferentes tipos de solos e rochas) e o cadastramento de poços escavados em pequenas propriedades rurais e em condomínios de chácaras.

A partir do cadastro dos poços escavados obtiveram-se importantes informações quanto à profundidade do nível de água subterrânea (N.A.), a espessura do material inconsolidado e a profundidade do topo rochoso. A espacialização das informações dos poços escavados resultou na elaboração do mapa da superfície de tendência do nível d'água do aquífero livre.

O levantamento de feições estruturais e geológico-geotécnicas aplicadas ao mapeamento da vulnerabilidade de aquíferos constou de visitas técnicas às pedreiras de extração de basalto para brita da área de Araraquara, que são assim denominadas: Pedreira Manoel Rodrigues, atual Parque Ambiental do Basalto; Pedreira Santo Antonio e Pedreira Multipedras. Somente os dados obtidos em afloramentos dos arenitos da Formação Botucatu não correspondem à extração de bens minerais. O objetivo desse levantamento foi compreender as principais famílias de juntas que facilitam a percolação de fluidos para estratos geológicos em subsuperfície.

O levantamento de fontes potenciais de poluição de aquíferos compreendeu a identificação e localização da fonte e o tipo de poluente. Esta etapa de trabalho possui caráter complementar, ante aos dados apresentados nas duas etapas anteriores. As informações obtidas sobre as fontes potenciais, serão apresentadas no Capítulo 4 e representadas no mapa de vulnerabilidade natural.

2.3.3 Trabalho laboratorial

O trabalho laboratorial desta etapa se refere à realização de análises de difração de raios-X.

As amostras de solo para a realização dessas análises químicas qualitativas foram separadas a partir dos diferentes tipos de material de cobertura coletados nos trabalhos de campo. Foram selecionadas amostras da zona não-saturada de cada tipo de cobertura que

ocorre na área de estudo, totalizando três amostras. Os objetivos desta etapa de trabalho são de complementar e refinar as informações geológicas, identificando a mineralogia presente no material que constitui a zona não-saturada e conhecer preliminarmente a capacidade de atenuação de fluidos em função do tipo de mineral de argila presente. Estas informações auxiliam na classificação dos tipos de cobertura quanto à vulnerabilidade à poluição.

As amostras selecionadas correspondem aos seguintes pontos estudados: P-8 (solo da Formação Botucatu), P-19 (solo de alteração residual da Formação Adamantina) e P-68 (solo correlato à Formação Botucatu). Elas foram submetidas aos seguintes procedimentos: moagem, peneiramento via seca (passante 325 *mesh*), adição de água filtrada, mistura em recipiente adequado, agitação, decantação, coleta do material em suspensão numa lâmina de vidro fosca, secagem natural do material impregnado e por fim, análises das amostras no difratômetro de raios-X.

As análises foram realizadas com o aparelho *Siemens Diffraktometer D 5000* do Laboratório de Análises Cerâmicas do Departamento de Petrologia e Metalogenia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp, Câmpus de Rio Claro.

2.3.4 Integração dos dados e análise dos resultados

Esta etapa de trabalho consiste na integração e análise dos resultados de todos os dados de natureza geológica, hidrogeológica e das fontes potenciais à poluição da área de estudo. Representa a etapa final da investigação e, portanto, permitem a elaboração do mapa de vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos da área de Araraquara (SP), na escala 1: 50000.

Os parâmetros considerados para confeccionar o mapa de vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos foram: os dados bibliográficos; o mapa geológico; o mapa da superfície de tendência do nível d'água do aquífero livre; o levantamento geológico-geotécnico de feições estruturais; e os resultados das análises de difração de raios – X.

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Neste Capítulo da Dissertação, são apresentados os resultados obtidos durante o desenvolvimento da investigação. O critério adotado para a elaboração deste texto fundamenta-se no cumprimento sistemático das etapas de trabalho descritas no Capítulo 3.

3.1 Revisão Bibliográfica

Os resultados obtidos na revisão bibliográfica foram subdivididos em 4 segmentos, de acordo com o tema. Os itens são:

- Fundamentação metodológica;
- Síntese sobre o ciclo hidrológico;
- Síntese da situação dos recursos hídricos: panorama global e da área de estudo;
- Conhecimento geológico e hidrogeológico regional.

3.1.1 Fundamentação metodológica

A fundamentação metodológica resultou na seleção de métodos e técnica de pesquisa que contribuíssem na sistematização lógica para o desenvolvimento da pesquisa.

3.1.1.1 Métodos e Técnicas de Pesquisa

Para ser passível de realização, o processo de aprendizagem requer, entre outros fatores, o emprego adequado de um bom método de pesquisa. Segundo Nérici (1993), a aplicação do método de pesquisa envolve fases fundamentais que podem ser enumeradas conforme expressa o Quadro 1.

Fonte: modificado de Nérici (1993).

1ª Leitura global do tema para obter visão geral sobre o que vai ser estudado.
2ª Leitura compreensiva, que orienta a captação das idéias básicas do tema em estudo.
3ª Formulação de perguntas, que orientam a captação das idéias fundamentais.
4ª Expressão do apreendido, procurando apresentar o que foi estudado de forma coerente e com suas próprias palavras.
5ª Repassar coerentemente o apreendido, como forma de fixação e integração do conteúdo estudado, demonstrando o espírito crítico.

Quadro 1 – Fases Fundamentais do Método de Pesquisa.

O planejamento cuidadoso do estudo é à base da pesquisa de qualidade, e a definição do tipo de estudo a ser utilizado, constitui uma etapa fundamental neste processo.

O autor de uma pesquisa consistente deve fornecer de forma clara e objetiva, para o leitor interessado pelo tema, as seguintes visões: os conceitos envolvidos, os princípios básicos (ferramentas utilizadas na pesquisa), as vantagens e limitações do estudo.

Existem dois métodos básicos de pesquisa: o qualitativo e o quantitativo. A busca de explicações objetivas para os fenômenos tem levado à ênfase nos dados numéricos, que constituem a base da pesquisa quantitativa. O método qualitativo, por outro lado, é baseado numa filosofia naturalista e tem sido largamente usado nas ciências sociais e da terra. Considerando-se as vantagens e limitações dos métodos quantitativos e qualitativos, a combinação de ambos pode ser a melhor opção em alguns casos.

Nesta Dissertação optou-se por realizar uma pesquisa que contemplasse a combinação de ambos os métodos de pesquisa apresentados. Os dados obtidos para conduzir esta pesquisa, quando divididos em qualitativos e quantitativos, podem ser agrupados em:

- Qualitativos: mapa e perfis geológicos, descrições litológicas e litoestratigrafia dos diferentes tipos de coberturas residuais e o mapa de vulnerabilidade natural à poluição;

- Quantitativos: números de pontos de estudo (densidade de informação), dados dos poços (profundidade dos topos rochosos e do nível d'água, espessura dos materiais inconsolidados, entre outros) e ensaios laboratoriais.

Cabe salientar que no ramo das ciências da terra, em especial, na Geologia, geralmente utilizam-se interações entre dados de natureza qualitativa e quantitativa.

3.1.1.2 Método de mapeamento da vulnerabilidade natural de aquíferos

O método de mapeamento da vulnerabilidade natural à poluição de aquíferos consiste na hierarquização de índices relativos à maior ou menor sensibilidade a poluir a zona não saturada (zona vadosa ou de aeração) do perfil pedológico (FOSTER et al,2002).

Normalmente esse tipo de mapeamento é o primeiro passo na avaliação do risco à poluição do recurso hídrico subterrâneo. Os mapas de vulnerabilidade natural à poluição combinam diferentes categorias de informações, que por sua vez, consideram as propriedades e/ou capacidade de proteção que cada tipo de material geológico apresenta ante os diversos tipos de poluentes.

Por exemplo, pode-se considerar as propriedades protetoras do solo sobre um aquífero, como sorção, filtrabilidade, decomposição, condutividade hidráulica e relacioná-las com um poluente específico. Em outras palavras, as classes de vulnerabilidade são unidades que mensuram, de forma comparativa e relativa, a capacidade atenuadora dos estratos sobrepostos ao nível d'água.

O mapeamento da vulnerabilidade pode ser desenvolvido em diversas escalas de interesse (estadual e/ou municipal), de acordo com o tipo de aplicação que será dado para o documento cartográfico. Geralmente, nos estudos de planejamento municipal, são utilizadas escalas 1:50.000 ou maiores. Portanto, nessa pesquisa, adotou-se a escala 1:50.000. Outro fator que justifica essa escolha apóia-se na escassez de publicações sobre tema de Geociências e Meio Ambiente, na área de estudo.

Conforme já mencionado, essa escala de trabalho permite que o mapa de vulnerabilidade natural contribua para o planejamento urbano, auxiliando e disciplinando as diversas formas de intervenção antrópica no meio físico (instalação de indústrias de porte, aterros sanitários, sistemas de saneamento, entre outros).

a) Princípios sobre o método da vulnerabilidade

O método de mapeamento da vulnerabilidade natural desenvolvido por Foster e Hirata (1988) e aprimorado por FOSTER et al., (2002) se fundamentam nos mecanismos de recarga da água subterrânea e na capacidade natural de atenuação de fluidos, podendo variar em função das condições geológicas superficiais e das profundidades do nível d'água.

Esses últimos autores sugerem que o mapeamento deve ser elaborado a partir das características intrínsecas dos materiais naturais. Assim, ao invés de aplicar um controle universal sobre a potencialidade à poluição por diferentes usos e ocupação do solo e descarte de efluentes, que demanda maior custo efetivo, sugerem-se adotar a avaliação do risco de poluição específica para o tipo de fonte potencial (tanques sépticos, disposição de resíduos sólidos e líquidos, áreas de cultivo, entre outras) e adotar tipo e nível de controle de acordo com a capacidade de atenuação da zona não saturada. Essas são as premissas básicas do conceito da vulnerabilidade à poluição de aquíferos. Tendo em vista a complexidade dos fatores que governam o transporte de poluentes nesses aquíferos, em qualquer situação, tornam-se necessárias algumas considerações:

- As condições hidrogeológicas são muito complexas para serem limitadas por mapas (sistema de avaliação da vulnerabilidade natural de aquíferos);
- Seria mais lógico tratar cada atividade poluente individualmente e avaliá-la independentemente do risco à poluição gerado.

O método de mapeamento da vulnerabilidade natural de aquíferos não deve ser entendido como um manual de consulta que estabelece todas as variáveis existentes para

manejar as atividades potencialmente poluidoras e as diversas e complexas condições hidrogeológicas. Entretanto os mapas de vulnerabilidade são instrumentos preventivos e orientativos para auxiliar no planejamento do uso e ocupação do solo, na medida em que neles são definidas áreas de maior e menor susceptibilidade à poluição pela atividade humana.

b) Desenvolvimento do conceito da vulnerabilidade

Nos países europeus os mapas de vulnerabilidade natural estão sendo produzidos desde a década de 70 e 80. Dentro do panorama brasileiro, a aplicação desses mapas ganhou força no início da década de 90, para atender as necessidades e a crescente preocupação quanto às questões relacionadas ao meio ambiente (ANDERSEN e GOSK, 1989).

Em hidrogeologia o termo vulnerabilidade começou a ser utilizado intuitivamente nos anos 70 na França (ALBINET e MARGAT, 1970) e mais amplamente nos anos 80 (HAERTTE, 1983; ALLER et al., 1987; FOSTER e HIRATA, 1988; apud FOSTER et al., 2002). A aplicação do termo era relacionada à suscetibilidade à poluição antrópica de aquíferos, entretanto, não havia uma definição formal.

Uma útil e consistente definição, para vulnerabilidade à poluição do aquífero, foi à análise das características intrínsecas dos estratos que separam a zona saturada do aquífero da zona não saturada (zona vadosa ou de aeração), determinando a sensibilidade desta última frente aos efeitos adversos da carga poluente aplicada na superfície (FOSTER et al., 1987). O conceito e aplicação do método podem ser expressos por dois fatores hidrogeológicos que controlam a vulnerabilidade.

O Quadro 2 resume os principais fatores aplicados ao método de Foster et al., (2002). Outro fator que deve ser considerado e incluído no conceito da vulnerabilidade é a mobilidade natural e a persistência do poluente na zona não saturada. Entretanto, este fator não aparece no mapeamento da vulnerabilidade, pois é determinado pela estrutura de planejamento e controle das atividades antrópicas na ocupação do solo.

O método de mapeamento da vulnerabilidade natural de aquíferos possui a denominação na língua inglesa de GOD (Groundwater hydraulic confinement= **G**; Overlaying strata= **O**; Depth to groundwater table= **D**). Na língua portuguesa pode-se entender que a sigla corresponde: **G**= grau de confinamento hidráulico da água subterrânea; **O**= ocorrência de estratos geológicos e grau de consolidação da zona não saturada ou camadas confinadas; **D**= profundidade do nível d'água subterrâneo. A Figura 5 ilustra a espacialização dos atributos mencionados que compõem o método GOD.

O Quadro 3 apresenta uma definição prática para cada classe de vulnerabilidade natural de aquíferos. Elas variam de desprezível à extrema. A nomenclatura de cada classe possui caráter restritivo, refletindo a sensibilidade natural das características dos estratos geológicos na zona não saturada e das condições hidrogeológicas do aquífero (ocorrência e profundidade do nível d'água subterrâneo).

Fonte: modificado de Foster et al., (2002).

Componentes da vulnerabilidade	Dados hidrogeológicos		
	Informações ideais requeridas	Informações normalmente disponíveis	Informações disponíveis na presente pesquisa
Inacessibilidade hidráulica da zona não saturada, para a penetração de poluentes.	Grau de confinamento do aquífero	Tipo de confinamento da água	Delimitação da superfície superior do aquífero livre, através de poços escavados e sondagens de simples reconhecimento.
	Profundidade do N. A. ou superfície freática	Profundidade do nível d'água ou topo do aquífero confinado	Profundidade do N. A. e elaboração do mapa da superfície de tendência do N.A.
	Umidade da zona não-saturada e condutividade hidráulica vertical do estrato na zona não-saturada ou camadas confinadas		
Capacidade de atenuação da zona não saturada, resultando na retenção e/ou reação físico-química dos poluentes.	Granulometria e distribuição das fissuras no estrato da zona não saturada ou camadas confinadas	Grau de consolidação/ fissuras no estrato	Mapeamento geológico: caracterização mineralógica da zona não saturada e elaboração de critérios de campo para diferenciar os tipos de coberturas. Análises difratométricas de Raios-X (preliminar) para obter relação do tipo de argilo-mineral e capacidade de atenuação de fluidos.
	Mineralogia do estrato da zona não-saturada ou camadas confinantes	Características litológicas deste estrato	

Quadro 2 – Fatores hidrogeológicos que controlam a vulnerabilidade à poluição do aquífero

Fonte: modificado de Foster et al., (2002).

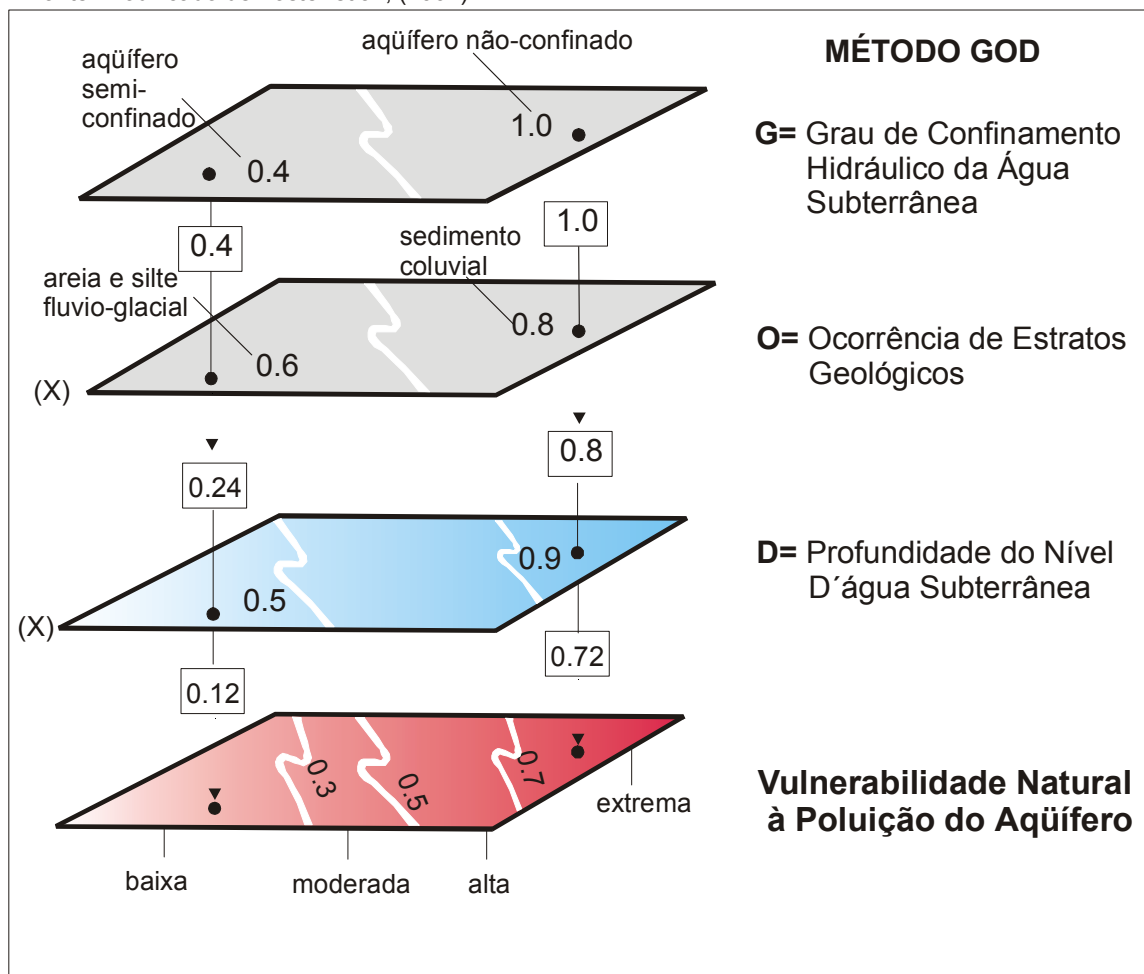


Figura 5 - Confeção do mapa de vulnerabilidade à poluição do aquífero usando o Método GOD.

Fonte: modificado de Foster *et al.* 2002.

Classes de Vulnerabilidade	Definição Correspondente
Extrema	Vulnerável à maioria dos poluentes de rápido impacto na água. Aplicável em inúmeros cenários de poluição. Imprescindível à realização de estudos qualitativos e quantitativos de detalhe (ensaios laboratoriais e geofísicos) para todas as instalações de empreendimentos potenciais à poluição do solo e da água.
Alta	Vulnerável a vários poluentes (exceção para os fortemente absorvidos) em muitos cenários de poluição. Necessário realizar estudos qualitativos e quantitativos (geofísicos) que identifiquem as condições hidrogeológicas locais.
Moderada	Vulnerável para alguns poluentes. Apresenta capacidade atenuadora mais eficaz que as classes alta e extrema. Resíduos e/ou efluentes resultam em risco de contaminação quando são continuamente descartados ou em situação de vazamento. Necessário realizar estudos de detalhe qualitativos e específicos para cada tipo de empreendimento.
Baixa	Somente vulnerável para poluentes conservativos (baixa mobilidade), quando continuamente e largamente descartados ou em situação de vazamento. Necessários estudos de detalhe qualitativos para cada tipo de empreendimento.
Desprezível	Presente em camadas confinadas com insignificante fluxo subterrâneo vertical.

Quadro 3 - As classes de vulnerabilidade natural de aquíferos e definições correspondentes.

A Figura 6 apresenta o Método GOD (FOSTER et al., 2002), ilustrando o sistema de avaliação do índice de vulnerabilidade natural do aquífero. Este sistema é subdividido em três fases interligadas e sucessivas:

1ª Fase: identificação do tipo e grau de confinamento hidráulico da água subterrânea, apresentada num intervalo de 0-1;

2ª Fase: consiste na ocorrência e caracterização geológica da zona não saturada, representada numa escala de 0,4-1;

3ª Fase: determinação da profundidade do nível d'água, exibido numa escala 0,6-1;

Produto das Fases: o produto dos três parâmetros é o índice de vulnerabilidade natural à poluição do aquífero, expresso numa escala de 0,1 - 1, em termos relativos.

Fonte:modificado de Foster *et al.*,2002

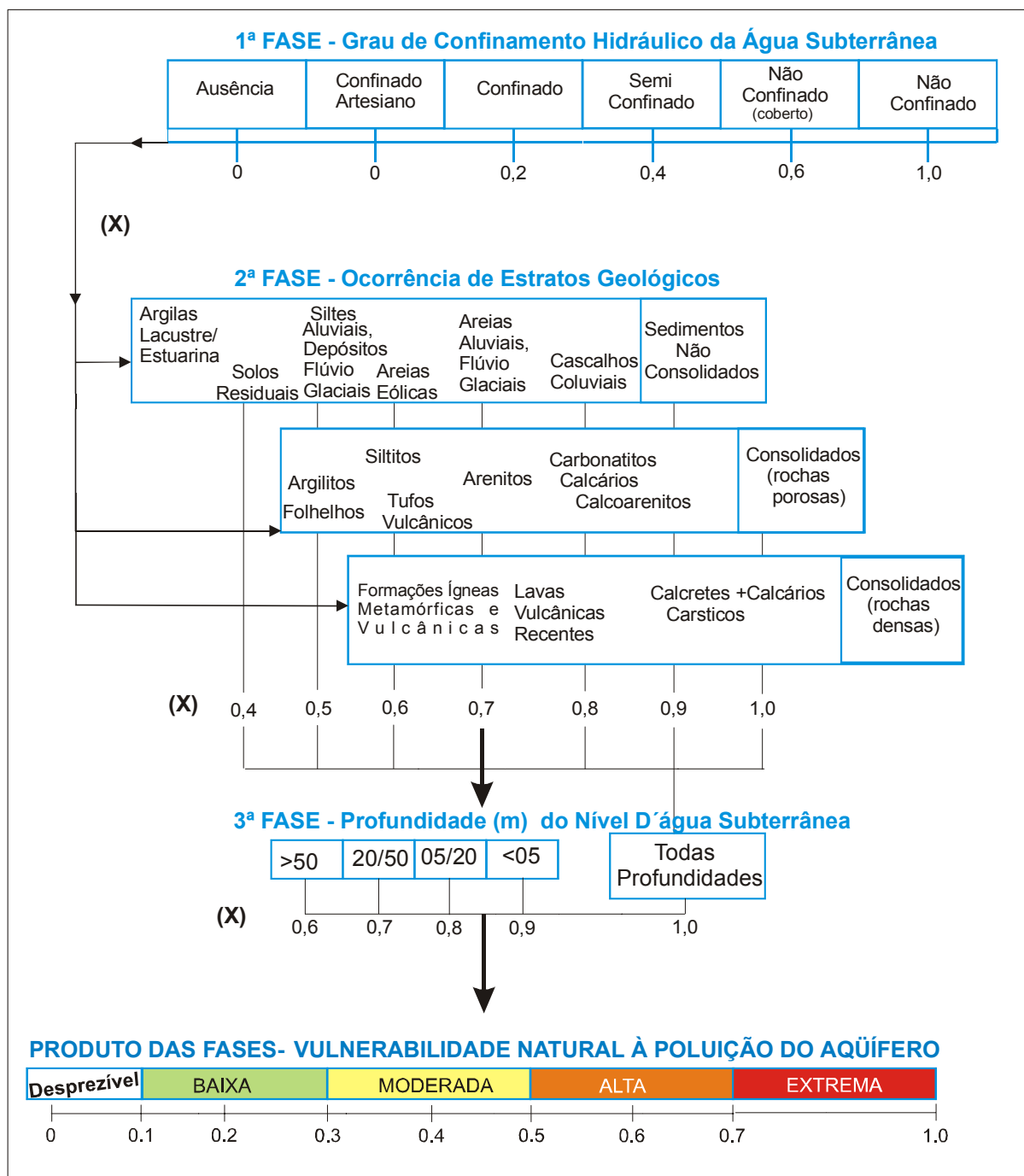


Figura 6 - Sistema de avaliação do índice de vulnerabilidade natural à poluição do aquífero

c) Limitações do Método de Mapeamento da Vulnerabilidade

Andersen e Gosk (1989) citam que as principais limitações associadas com os tipos gerais de mapeamento aplicado à vulnerabilidade são os mapas de grande escala, universo do poluente e o cenário que o poluente está inserido.

Foster et al., (2002) apresentam algumas considerações sobre as condições hidrogeológicas que são limitadores na aplicação do sistema de avaliação da vulnerabilidade natural à poluição do aquífero:

- presença de cursos d'água superficiais indefinidos (permanentes ou intermitentes), devido às incertezas na avaliação das suas condições hidrológicas, na definição da qualidade do curso da água e na capacidade de atenuação dos estratos da zona não saturada (principalmente na indicação das seções potenciais influentes dos cursos que cruzam os aquíferos livres);
- excessiva exploração do aquífero com propósito de abastecimento e conseqüente variação da profundidade do nível d'água subterrânea e, também, no grau de confinamento do aquífero;
- compactação de argilas, que podem ser fraturadas e geralmente significam incertezas sobre a magnitude de qualquer componente de fluxo preferencial;
- aplicação em aquíferos fissurados (fraturados).

d) Apresentação das metodologias de avaliação da vulnerabilidade e definição do método aplicado

Segundo Vrba e Zaporozec (1994) existem na literatura outros métodos e esquemas de avaliação da vulnerabilidade à poluição de aquíferos, que podem ser reunidos em três grupos principais, quais sejam:

- ambientes hidrogeológicos: baseado na avaliação da vulnerabilidade de grandes ambientes hidrogeológicos, em termos qualitativos, através da superposição de mapas temáticos (ALBINET E MARGAT, 1970);
- modelos analógicos: utiliza parâmetros chave (por exemplo, tempo de transmissão médio na zona não saturada), aplicando expressões matemáticas que resultam nos índices de vulnerabilidade (MONKHOUSE, 1983);
- sistema paramétricos: usam parâmetros indicativos de vulnerabilidade natural, atribuindo valores numéricos e integrando-os para gerar formas relativas ou absolutas de índices de vulnerabilidade. Utilizam este sistema os métodos: de Haertle (1983); DRASTIC de Aller et al.,(1987); GOD de Foster e Hirata (1988) e atualmente Foster et al.,2002.

A partir da análise bibliográfica apresentada, optou-se por aplicar o método GOD (FOSTER et al.,2002) na presente pesquisa, em função dos seguintes fatores:

- facilidade em integrar os dados para gerar o mapa de vulnerabilidade à poluição de aquíferos;
- número reduzido de classes de análise, proporcionando simplicidade na utilização do documento final;
- baixo custo operacional para realizar os estudos;
- condições favoráveis de realimentação do modelo, a partir de novos dados;
- exemplos de aplicação do método GOD (MARTIN et al., 1998; HIRATA et al.,1997).

Para a confecção do mapa de vulnerabilidade natural à poluição de aquíferos da área de estudo, foram utilizados os desenvolvidos nesta dissertação, assim como publicações referentes à hidrogeologia regional:

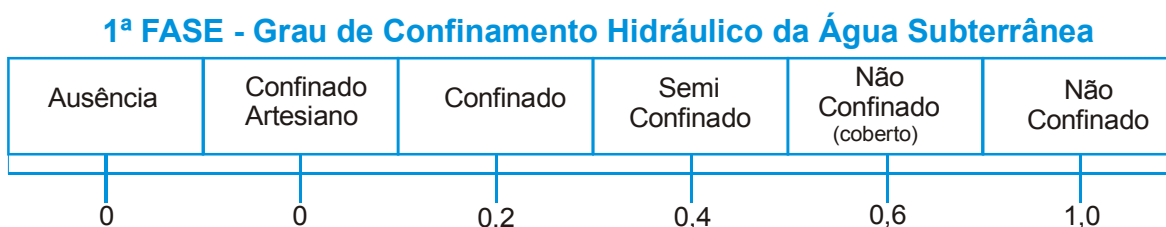
- tipo de ocorrência da água subterrânea: cadastramento de poços escavados e as publicações de Lopes (1984); DAEE (1974, 1976, 1979), IPT (2000);
- mapa geológico: Porção noroeste da Folha Araraquara (MEAULO, 2003) e da porção sudoeste da Folha Rincão;

- levantamento de feições estruturais e geológico-geotécnicas aplicadas ao mapeamento da vulnerabilidade natural de aquíferos;
- levantamento de fontes potenciais à poluição de aquíferos.

e) Análise das alterações dos sistemas de avaliação dos índices de vulnerabilidade natural à poluição do aquífero, Método GOD

As principais alterações nas fases dos sistemas de avaliação dos índices de vulnerabilidade natural à poluição do aquífero, Método GOD de Foster e Hirata (1988) para o sistema de avaliação atual de Foster et al. (2002), são apresentadas, a seguir:

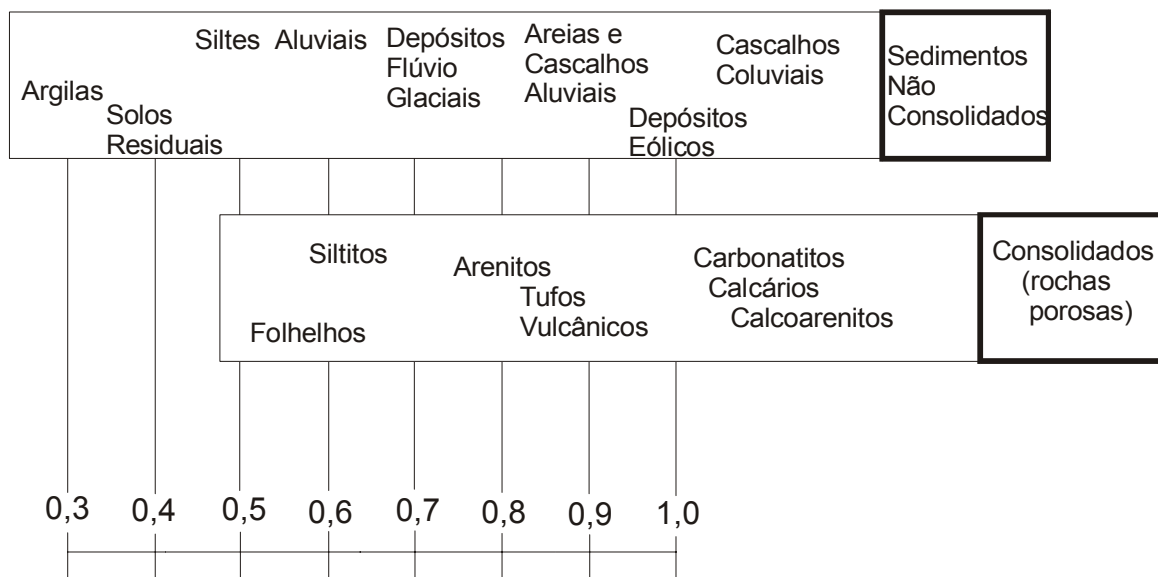
- **1ª Fase:** grau de confinamento hidráulico da água subterrânea: os parâmetros do sistema de classificação (nomenclatura; valores dos atributos) nesta fase permaneceram inalterados;



- **2ª Fase:** ocorrência de estratos geológicos da zona não-saturada: foram realizadas diversas modificações de caráter restritivo, nos parâmetros do sistema de avaliação (nomenclatura e tipo do material geológico; valores atribuídos para alguns tipos de materiais), assim como a inclusão de tipos de rochas: ígneas, metamórficas e as sensíveis à dissolução química.

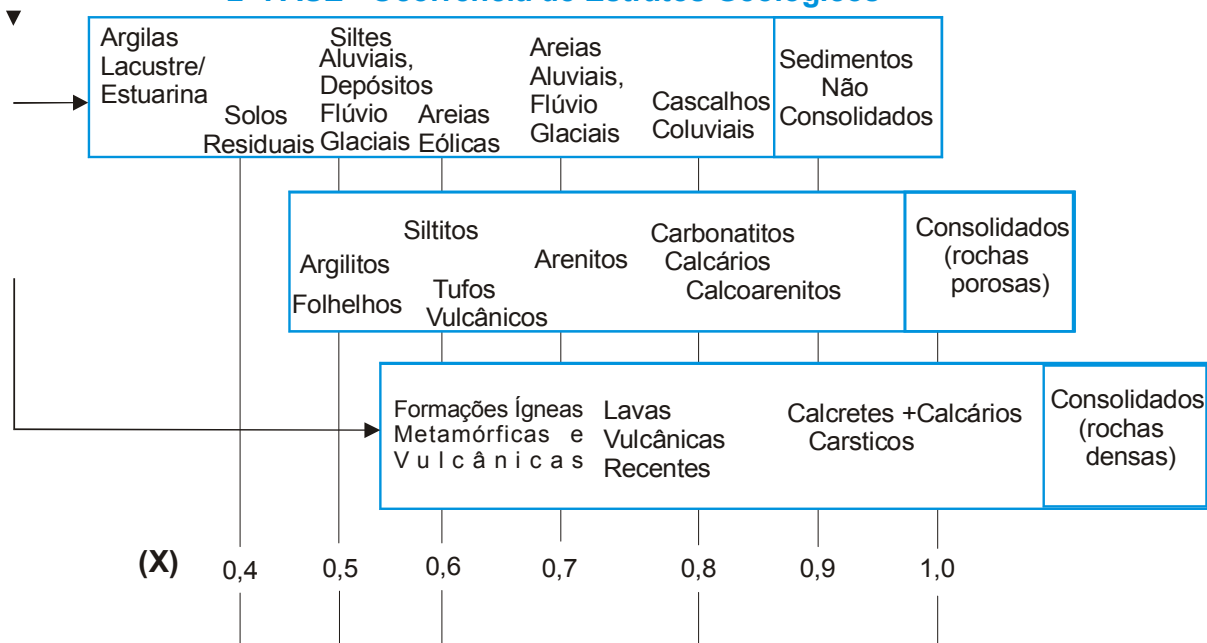
Foster e Hirata (1988)

2ª FASE - CARACTERÍSTICA GEOLOGICA DA ZONA NÃO SATURADA



Foster et al., (2002)

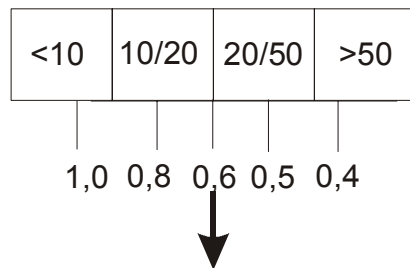
2ª FASE - Ocorrência de Estratos Geológicos



- **3ª Fase:** profundidade (m) do nível d'água subterrânea: as alterações realizadas são de caráter restritivo, no que se refere aos valores das profundidades do nível d'água subterrânea e na escala numérica de valoração.

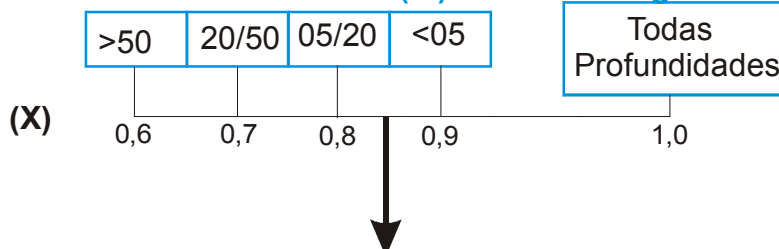
Foster e Hirata, (1988)

**3ª FASE - PROFUNDIDADE (m)
DA ÁGUA SUBTERRÂNEA**



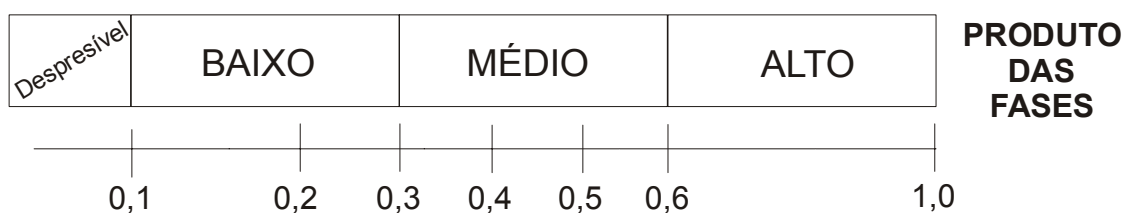
Foster et al., (2002)

3ª FASE - Profundidade (m) do Nível D'água Subterrânea

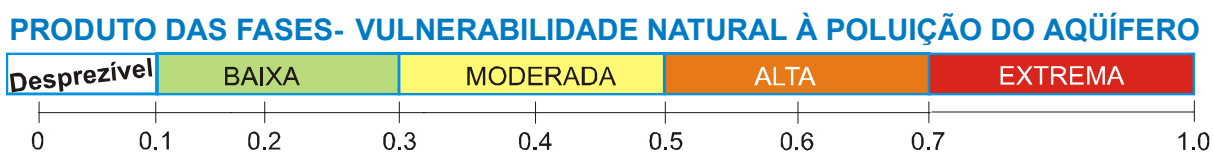


- **Produto das Fases:** foram efetuadas mudanças na nomenclatura e aumento no número das classes de vulnerabilidade natural à poluição do aquífero.

Foster e Hirata, (1988).



Foster et al., (2002).



De modo geral, a metodologia de Foster et al., (2002) caracteriza-se pelo caráter restritivo da valoração dos atributos geológicos (2ª fase) e hidrogeológicos (3ª fase) em comparação com a metodologia de Foster e Hirata, (1988). Vale ressaltar que ambas as metodologias avaliadas, não adotam classes de vulnerabilidade de caráter impeditivo para o uso e ocupação do solo. Entretanto, recomenda-se a realização de estudos qualitativos e/ou quantitativos de investigação geológica e hidrogeológica, dependendo da classe de vulnerabilidade natural atribuída para uma determinada área.

3.1.2 Síntese sobre o ciclo hidrológico

O presente item apresenta uma síntese sobre o ciclo hidrológico, abordando os principais conceitos e processos que são relevantes ao tema de poluição dos recursos hídricos.

3.1.2.1 Conceitos

O ciclo da água, também chamado de Ciclo Hidrológico é a contínua circulação de água proveniente do oceano para atmosfera, desta para a superfície terrestre e novamente de volta ao oceano. Estima-se que os oceanos contribuem com 85% do total anual evaporado e os continentes com 15% por evapotranspiração (KARMANN, 2000). A Figura 7 ilustra os principais componentes do ciclo hidrológico.

Fonte: modificado de Berner e Berner (1996)

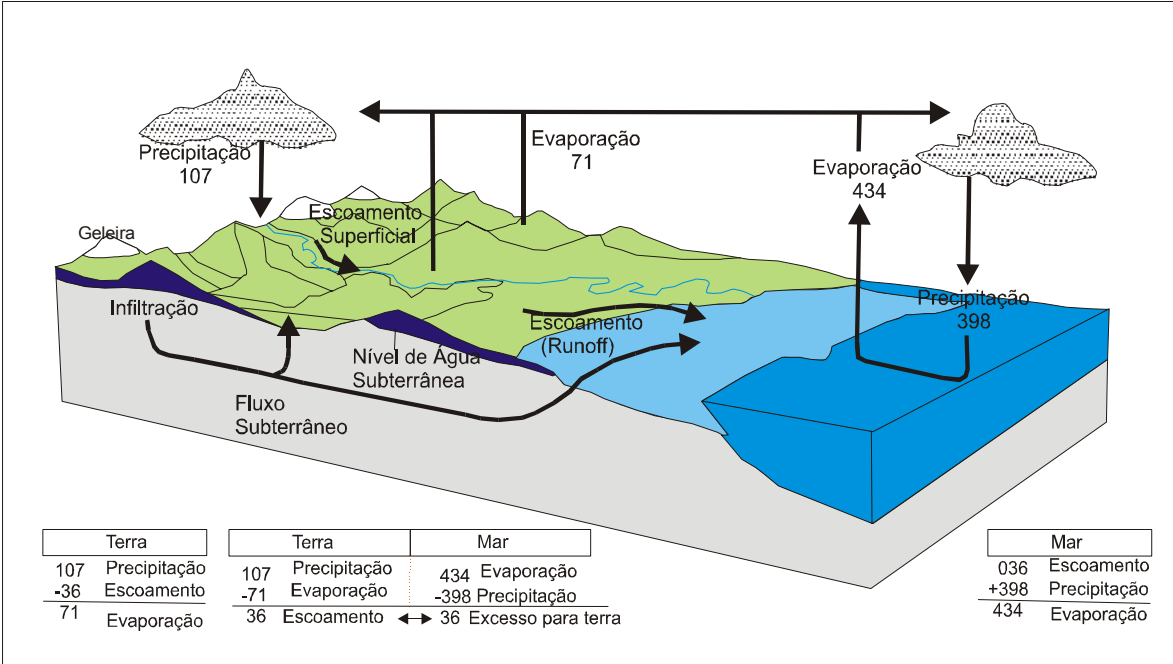


Figura 7 - O Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico é um processo natural que compreende os conceitos de evaporação, condensação, precipitação, evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial e subterrâneo. Embora vários fatores contribuam para o movimento da água, a energia solar é a principal fonte que rege o ciclo hidrológico. Outra contribuição importante é o campo

gravitacional. Vale ressaltar que os autores que estudam diretamente o ciclo hidrológico não definem o início e/ou término exato das etapas do ciclo, entretanto, neste texto, adota-se os oceanos como o marco zero para descrição do processo.

As águas dos oceanos quando são aquecidas pelo sol, submetem-se ao processo de evaporação da água em direção à atmosfera, na forma de vapor d'água. Após a condensação (formação de nuvens) atuar no processo do ciclo hidrológico, a precipitação do vapor d'água condensado pode ocorrer na forma de chuva e/ou neve. Ambas as formas sofrem ação da força da gravidade. Uma pequena porção da água irá evaporar novamente e retornar ao processo anterior (condensação). A partir do contato com o solo, a água pode seguir dois caminhos. O primeiro é a infiltração que depende das características intrínsecas do material da zona saturada e não saturada (materiais de cobertura), onde ocorre a realimentação da água subterrânea. O outro caminho é o escoamento superficial, que ocorre quando a capacidade de absorção de água da zona não-saturada atinge o limite da capacidade de campo. Nesta condição, os poros do solo estão totalmente preenchidos, equiparando-se as condições normais da zona saturada. Caso o processo seja contínuo por um determinado espaço de tempo, inicia-se o escoamento superficial. A Figura 8 ilustra as principais zonas subterrâneas de água em condições normais de fluxo e em capacidade de campo.

Fonte: modificado Karmann, (2001).

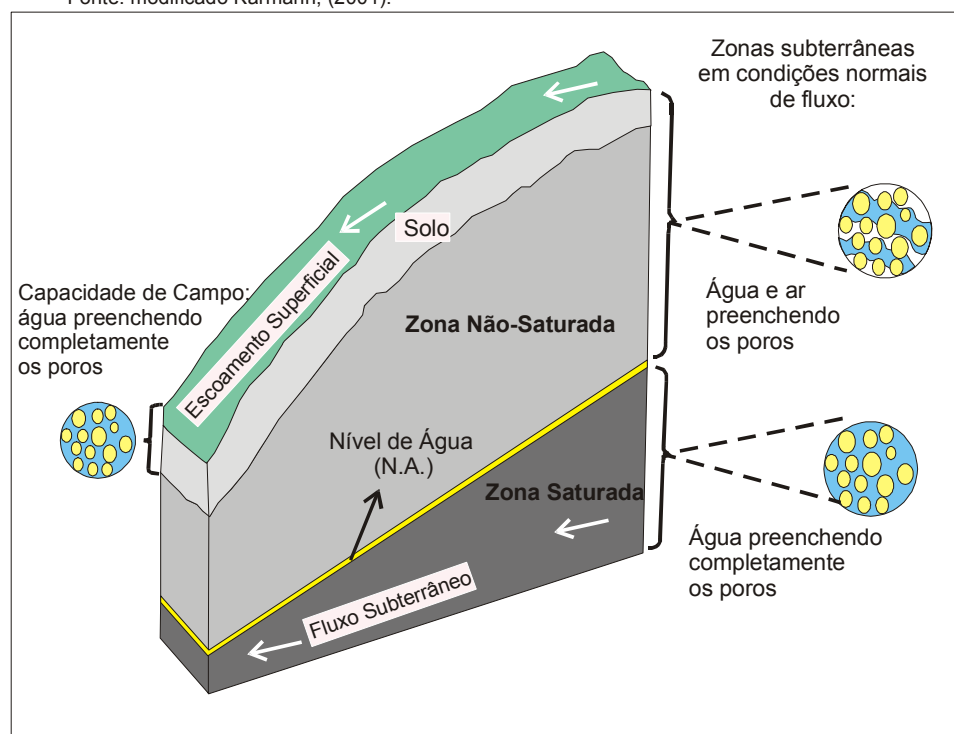


Figura 8 - Diagrama generalizado das zonas subterrâneas de água em condições normais de fluxo e em capacidade de campo.

3.1.2.2 Processos atuantes

Braga et al.(2002) analisam o ciclo hidrológico sobre o ponto de vista dos processos atuantes. Segundo aqueles autores o ciclo hidrológico pode ser resumido através dos seguintes processos (Quadro 4):

Fonte: Braga et al. (2002).

Processos do Ciclo Hidrológico	Descrição do Processo
Precipitação	Água que cai sobre o solo ou sobre o corpo d'água.
Detenção	Parte da precipitação fica retida na vegetação, depressões do terreno e construções. Essa massa de água retorna à atmosfera pela ação da evaporação ou penetra no solo pela infiltração.
Escoamento superficial	Constituído pela água que escoar sobre o solo, fluindo para locais de altitudes inferiores, até atingir um corpo d'água como um rio, lago ou oceano.
Evaporação	Em qualquer das fases descritas anteriormente a água pode voltar à atmosfera na forma de vapor, reiniciando o ciclo hidrológico.
Evapotranspiração	Parte da água existente no solo que é utilizada pela vegetação é eliminada pelas folhas na forma de vapor.
Infiltração	A água infiltrada pode sofrer evaporação, ser utilizada pela vegetação, escoar ao longo da camada superior do solo ou alimentar o N.A. subterrânea.
Escoamento subterrâneo	Constituído por parte da água infiltrada na camada superior do solo, sendo bem mais lento que o escoamento superficial. Parte desse escoamento alimenta os rios e os lagos, além de ser responsável pela manutenção desses corpos durante épocas de estiagem.

Quadro 4 – Síntese dos processos atuantes no ciclo hidrológico.

Também nesse ciclo, a presença do homem pode ser notada por meio do desmatamento e da impermeabilização do solo devida à pavimentação. Isso acelera a evaporação e reduz a recarga dos aquíferos, gerando, assim, maiores enchentes nos cursos de água que cortam centros urbanos, causando uma série de danos físicos, econômicos e transtornos aos habitantes das cidades.

a) Infiltração e água no solo

Infiltração é o processo natural vital mais importante de recarga da água nas zonas subterrâneas. Corresponde ao fluxo de água proveniente da superfície e descendente em

direção aos estratos pedológicos. Sem a contínua infiltração, os poços tubulares e poços escavados iriam secar, transformar os rios perenes em intermitentes, os solos produtivos iriam ser erodidos, e freqüentes enchentes poderiam devastar os vales dos rios.

O volume e a velocidade de infiltração dependem de vários fatores: tipo e condição dos materiais terrestres, cobertura vegetal, topografia, precipitação, uso e ocupação do solo, entre outros. As zonas de subsuperfície propostas por Manning (1997) e Karmann (2000) são denominadas de zona saturada, zona não-saturada e o limite entre ambas é chamado de nível d'água ou N.A.

Nos trabalhos de vulnerabilidade natural à poluição de aquíferos a caracterização geológica da zona não-saturada é um parâmetro extremamente importante, pois possui várias funções ambientais, entre elas:

- Estrato naturalmente protetor das águas subterrâneas contra a poluição de vários poluentes;
- Primeiro estágio do processo de infiltração (reservatório de água) para alimentar o corpo d'água subterrânea;
- Subsidia a umidade necessária para o desenvolvimento de vegetação e organismos.

A movimentação da água ocorre de forma ascendente, descendente e lateral, explicada, em parte, pela energia potencial gravitacional. A água, também está sujeita a ação de forças capilares que, produzem uma superfície de tensão, comum nos materiais com microporos. Outras formas de movimentação ascendente ocorrem a partir da sucção osmótica das raízes das plantas e da evaporação para atmosfera.

Entende-se o processo de infiltração como a trajetória que a água percorre nas zonas subterrâneas. A água atinge o solo seco, forças moleculares passam a atuar, umedecendo as partículas do solo e formando pontes de hidrogênio nas superfícies minerais (interfaces ar e água). Após cessar a fonte alimentadora do processo de infiltração, o suprimento de água diminui, então a água é drenada pela gravidade até os *meniscus* (filetes delgados) e recomeçar a ação das forças de tensão, retendo a água nos poros.

A taxa de infiltração também depende da viscosidade da água (fluido) e das propriedades físicas do material terrestre (permeabilidade e porosidade). O aumento da viscosidade (com diminuição da temperatura), torna o fluxo d'água mais lento. Baseados no exposto, os materiais de permeabilidade conhecida, possuem taxas de infiltração diferentes, de acordo com as regiões do globo (tropicais e temperadas).

O solo superficial é um complexo sistema de componentes orgânicos e inorgânicos, sujeito a constantes mudanças físicas e químicas. Essas mudanças afetam o tamanho dos poros que transmitem a água para o solo, modificando a infiltração. Outras mudanças que podem ocorrer são as variações da qualidade da água e as práticas agrícolas que compactam o solo.

A porosidade e permeabilidade dos solos são fatores importantes para inúmeros aspectos relativos à vulnerabilidade natural à poluição dos aquíferos (livres ou confinados). Por exemplo, em áreas de recarga dos aquíferos, geralmente, os valores de permeabilidade são significativos, resultando em áreas extremamente sensíveis a serem contaminadas. Manning (1997) aponta importantes considerações práticas para o entendimento das relações entre propriedades físicas dos materiais e as hidrológicas:

- Materiais granulares inconsolidados podem possuir os mesmos valores de porosidade, independente do tamanho dos grãos;
- Solos de granulometria tamanho silte podem obter valores de porosidade próximos aos solos de granulometria tamanho cascalho. Porém o tamanho dos poros em ambos os materiais serão diferentes, assim como as propriedades hidrológicas;
- A proporção de espaços preenchidos dos poros por água capilar será maior no silte do que no cascalho, porém, o solo siltoso apresentará maior quantidade de água retida do que o solo de cascalho;
- O solo de cascalho será mais permeável que o solo siltoso, entretanto, a ação de drenagem terá maior eficiência no cascalho que no silte.

b) Atenuação

Segundo Watson e Burnett (1995) o termo atenuação é geralmente definido por qualquer decréscimo na concentração de contaminante. Quando consideramos os mecanismos de atenuação, devemos fazer uma distinção entre a zona não saturada e a zona saturada de um sistema aquífero.

Do ponto de vista geoambiental a zona não saturada é entendida como um nível de proteção natural da zona saturada, pois esta é a primeira zona que atenua a migração de fluidos indesejados (poluentes). Isto ocorre porque na zona não saturada a velocidade de fluxo do fluido é menor que o fluxo da zona saturada. Neste caso, onde a atenuação é natural, atua o mecanismo de filtração, microbiológico e adsorção iônica. A Figura 9, extraída do trabalho de Gowler (1983), ilustra resumidamente os processos de atenuação de contaminantes nas águas subterrâneas. Caso o contaminante ultrapasse essa barreira natural (zona não-saturada) e entre em contato com o nível de água (N.A.), primeiramente ocorre um equilíbrio de concentrações entre os meios e posteriormente a atuação do mecanismo de diluição.

Fonte: modificado de Gowler (1983).

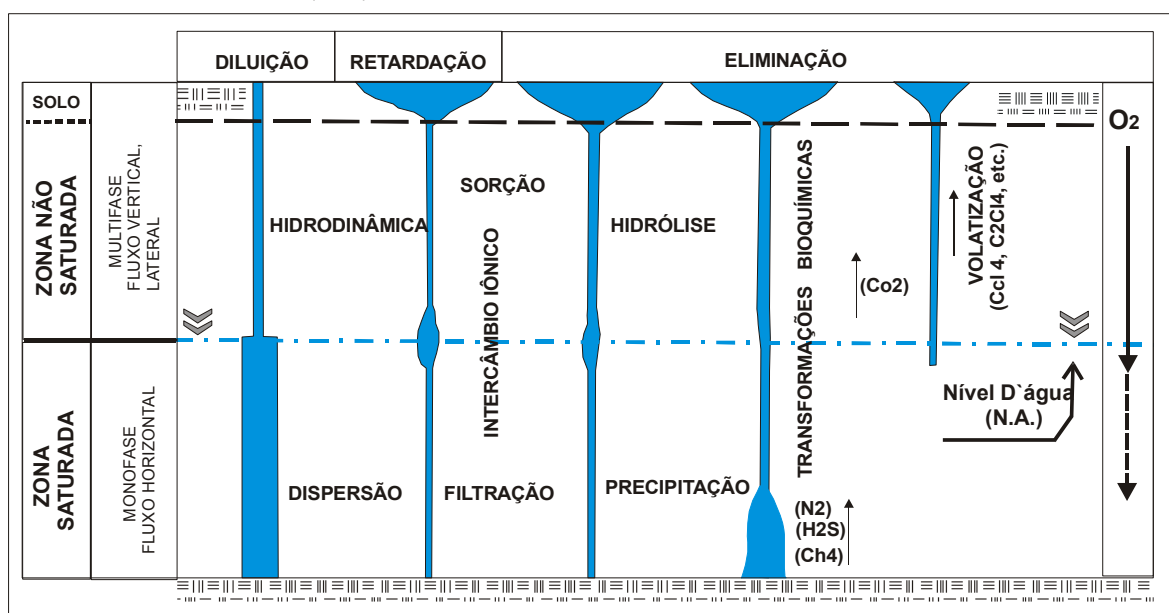


Figura 9 - Resumo dos processos de atenuação de contaminantes nas águas subterrâneas

c) Mecanismos de atenuação e migração de poluentes

Os mecanismos de atenuação e migração de poluentes agem diferentemente nas zonas subterrâneas, de acordo com a presença e/ou ausência de água. Essas zonas são subdivididas em zona não-saturada e zona saturada.

- A zona não saturada é particularmente uma importante área atenuadora de materiais orgânicos, através dos processos de oxidação, redução, volatilização, microbiológico, neutralização por adsorção iônica (filtração). Neste caso, a caracterização mineralógica e química (difração de raios-X), tornam-se ferramentas eficazes nos estudos de vulnerabilidade natural à poluição do meio físico.

- Na zona saturada atuam dois importantes processos de atenuação:

- dispersão hidrodinâmica: após os poluentes entrarem em contato com o N.A., ocorre uma tendência de equilíbrio entre a concentração do poluente e a água subterrânea não contaminada, iniciando o processo de diluição. Em função das características do meio (terroso ou rochoso), a água contaminada assume uma velocidade de dispersão que envolve os mecanismos de diluição e difusão molecular.

- retardação: ocorre durante a ação da troca de íons entre os líquidos e os sólidos. A capacidade de troca catiônica (CTC) é limitada pela presença e abundância de argilo-minerais, partículas no tamanho coloidal.

Segundo Robertson (1982) os principais processos que controlam a migração de poluentes nas zonas subterrâneas (saturada e não-saturada) podem ser subdivididos em três grupos: físicos, químicos e biológicos. O Quadro 5 apresenta esses processos e descreve os principais efeitos no meio físico.

Vale lembrar que as medidas corretivas para descontaminação dos recursos hídricos subterrâneos devem contemplar os estudos em escala de detalhe: de caracterização geológica das zonas subterrâneas da água; de entendimento dos processos de migração de poluentes e de caracterização do tipo e volume do poluente.

Fonte: modificado de Robertson (1982)

PROCESSOS FÍSICOS	DESCRIÇÃO	EFEITOS
Fluxo subterrâneo (advecção)	A água subterrânea flui através de poros e fraturas em solos e rochas	Transporta contaminantes dissolvidos ou em solução
Dispersão hidrodinâmica	A água subterrânea flui mais rapidamente em alguns poros e fraturas que em outros. Há mistura de águas contaminadas e não contaminadas.	Reduz a concentração, mas aumenta a área atingida pelos contaminantes.
Separação Gravimétrica	Líquidos menos densos que a água como a gasolina, tendem a flutuar no topo dos aquíferos, enquanto os mais densos tendem a localizar-se nas porções basais destes.	Dependendo da densidade do contaminante, pode criar zonas de concentração, no topo ou na base dos aquíferos.
Filtração	Solos e rochas podem filtrar partículas em suspensão na água subterrânea.	Reduz a concentração dos contaminantes em suspensão.
Dcaimento radioativo	Rearranjo na estrutura atômica, com a formação de elemento mais estável e emissão de energia.	Reduz a concentração dos contaminantes radioativos segundo taxas previsíveis, mas com emissão de radioatividade.
Volatilização	Contaminantes voláteis evaporam do lençol freático para a zona não-saturada ou para a atmosfera.	Reduz a concentração dos contaminantes voláteis.
Variação térmica	O calor dos contaminantes afeta as propriedades físicas da água e as propriedades químicas dos resíduos (por exemplo, viscosidade).	Contaminantes com temperatura elevada.
PROCESSOS QUÍMICOS	DESCRIÇÃO	EFEITOS
Adsorção e troca iônica	Alguns contaminantes dissolvidos tendem a aderir às superfícies dos minerais.	Reduz a concentração e/ou a velocidade de migração.
Reação de oxiredução	Alterações da estrutura molecular e propriedades iônicas dos contaminantes.	Pode alterar a toxicidade, comportamento químico e mobilidade dos contaminantes.
Hidrólise	Reação com a água, a qual altera a natureza iônica e molecular dos contaminantes.	Reduz a concentração dos contaminantes.
Complexação	Contaminantes dissolvidos associam-se a outros compostos para formar novos compostos.	Pode aumentar a mobilidade dos contaminantes e alterar o comportamento químico.
PROCESSOS BIOLÓGICOS	DESCRIÇÃO	EFEITOS
Transformação microbioquímica	Bactérias e outros microorganismos alteram ou decompõem contaminantes orgânicos e alguns inorgânicos através de reações enzimáticas e de respiração.	Reduz a concentração de alguns contaminantes. Pode criar novos produtos tóxicos.

Quadro 5 - Processos que controlam a migração dos contaminantes.

3.1.3 Síntese da situação dos recursos hídricos: panorama global e a área de estudo

Inúmeros pesquisadores (geólogos, hidrogeólogos, entre outros) dos cinco continentes do planeta vêm alertando as autoridades competentes de seus respectivos países sobre a necessidade e importância da gestão dos recursos hídricos. Entretanto, de modo geral, poucos esforços estão sendo realizados, a fim de mudar o quadro caótico da falta de água potável no mundo. Os dados apresentados a seguir comprovam o panorama crítico dos recursos hídricos em diferentes regiões do globo e enfatizam a importância regional da área de estudo.

3.1.3.1 Disponibilidade hídrica

A disponibilidade hídrica na América do Sul é privilegiada em relação a outros continentes, pois, juntamente com a Ásia possui uma das maiores porções de terras úmidas do globo. A Tabela 1 exibe os dados positivos do excedente hídrico nos continentes. Entretanto, estimativas da Organização das Nações Unidas (1997) indicam uma tendência negativa acentuada da disponibilidade dos recursos hídricos no mundo.

Fonte: Organização das Nações Unidas (1997)

Região	Precipitação (Km³/ano)	Evapotranspiração (Km³/ano)	Excedente Hídrico (Km³/ano)
Ásia	32200	18100	14100
América do Sul	28400	16200	12200
África	22300	17700	4600
América do Norte	18300	10100	8180
Europa	8290	5320	2970
Austrália e Oceania	7080	4570	2510
Antártica	2310	0	2310
Total	119000	72000	47000

Tabela 1 - Excedente hídrico nos continentes.

Biswas (1997 apud REBOUÇAS 1999) destaca as projeções da escassez dos recursos hídricos em alguns países (Tabela 2). Segundo o autor citado, a disponibilidade hídrica social (água superficial de descarga continental, dividido pela população do país) no Brasil pode diminuir 56% até 2050, caso mantenha-se a taxa de crescimento populacional. Segundo Skinner e Porter (1987) outra forma de comprovar a escassez do recurso hídrico subterrâneo é a constatação do aumento da média de profundidade de poços tubulares para a captação da água, resultante do rebaixamento generalizado de algumas unidades aquíferas subterrâneas.

Fonte: Biswas (1997 apud REBOUÇAS, 1999).

Países	População (Milhões)			Taxa de Crescimento	Recurso Hídrico Disponível	Disponibilidade per capita de água (1000m ³)		
	1994	2025	2050	% /ano	m ³ /hab/ano	1994	2025	2050
Argentina	34,2	46,1	53,1	1,4	994	29,06	21,56	18,71
Bangladesh	117,8	196,1	238,5	2,0	2357	20,00	12,02	9,88
BRASIL	150,1	230,3	264,3	1,8	6950	46,30	30,18	26,30
Canadá	29,1	38,3	39,9	1,3	2901	99,69	75,74	72,70
China	1190,9	1526,1	606	1,4	2800	2,35	1,83	1,74
Egito	57,6	97,3	117,4	2,0	59	1,02	0,60	0,50
Índia	913,6	1392,1	1639,1	2,0	2085	2,28	1,50	1,27
Indonésia	189,9	275,6	318,8	1,6	2530	13,32	9,17	7,94
Japão	124,8	121,6	110	0,4	547	4,38	4,50	4,97
México	91,9	136,6	161,4	2,2	357	3,88	2,61	2,21
Nigéria	107,9	238,4	338,5	2,9	308	2,87	1,29	0,91
Turquia	60,8	90,9	106,3	2,1	203	3,34	2,23	1,91
Inglaterra	58,1	61,5	61,6	0,3	120	2,07	1,95	1,95
EUA	260,6	331,2	349	1,0	2478	9,51	7,48	7,10

Tabela 2 - População e água per capita disponível para alguns países.

Rebouças (1999) apresenta um estudo detalhado da disponibilidade hídrica social brasileira (35.732 m³/hab/ano) e as demandas do recurso hídrico por unidade federativa (Tabela 3). A partir dos dados expostos sobre a disponibilidade hídrica, pode-se afirmar, comparativamente, que a situação na América do Sul é de destaque ante aos outros continentes e que o panorama hídrico brasileiro é singular. Entretanto, torna-se necessário:

- Fazer-se cumprir a legislação vigente (Federal; Estadual; Municipal) que trata do contexto ambiental (meio físico e biológico; sócio-econômico);
- Difundir a importância dos recursos hídricos em todos os níveis de formação educacional;
- Introduzir dispositivos para o acesso à cultura e o aproveitamento das informações acadêmicas aplicadas ao meio ambiente.

Fonte: Rebouças (1999)

Unidade Federativa	Potencial hídrico (Km ³ /ano)	População	Disponibilidade hídrica social (m ³ /hab/ano)	Densidade populacional (hab/km ²)	Utilização total (m ³ /hab/ano)	Utilização 1991
Rondônia	150,2	1.229,31	115,538	5,81	44	0,03
Acre	154	483,593	351,123	3,02	95	0,02
Amazonas	1848,3	2.389,28	773	1,5	80	0,001
Roraima	372,3	247,131	1506,488	1,21	92	0,001
Pará	1124,7	5.510,85	204,491	4,43	46	0,02
Amapá	196	379,459	516,525	2,33	69	0,01
Tocantins	122,8	1.048,64	116,952	3,66		
Maranhão	84,7	5.022,18	16,226	15,89	61	0,35
Piauí	24,8	2.673,09	9,185	10,92	101	1,05
Ceará	15,5	6.809,29	2,279	46,42	259	10,63
R.G. do Norte	4,3	2.558,66	1654	49,15	207	11,62
Paraíba	4,6	3.305,62	1294	59,58	172	12
Pernambuco	9,4	7.399,07	1,27	75,98	268	20,3
Alagoas	4,4	2.633,25	1,692	97,53	159	9,1
Sergipe	2,6	1.624,02	1,625	73,97	161	5,7
Bahia	35,9	12.541,68	2,872	22,6	173	5,71
Minas Gerais	193,9	16.672,61	11,611	28,34	262	2,12
Espírito Santo	18,8	2.802,71	6,714	61,25	223	3,1
Rio de Janeiro	29,6	13.406,31	2,189	305,35	224	9,68
São Paulo	91,9	34.119,11	2,209	137,38	373	12
Paraná	113,4	9.003,80	12,6	43,92	189	1,41
Sta. Catarina	62	4.875,24	12,653	51,38	366	2,68
R.G. do Sul	190	9.634,69	19,792	34,31	1,015	4,9
M. G. do Sul	69,7	1.927,83	36,684	5,42	174	0,44
Mato Grosso	522,3	2.235,83	237,409	2,62	89	0,03
Goiás	283,9	4.514,97	63,089	12,81	177	0,25
D.Federal	2,8	1.821,95	1,555	303,85	150	8,56
BRASIL	5610	157.070,16	35,732	18,37	273	0,71

Tabela 3 - Disponibilidade hídrica social e as demandas por unidade federativa brasileira

3.1.3.2 Síntese da legislação e programas estaduais de recursos hídricos

Sobre o ponto de vista legal, o Estado de São Paulo possui uma legislação específica que trata da gestão e diretrizes dos recursos hídricos:

- Lei 7663 de 30/12/91, estabelece diretrizes e instituem a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (superficial e subterrânea), que dividiu o Estado em 22 unidades de gerenciamento;

- Lei 9034 de 27/12/94 estabelece as 22 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI's) e os Programas de Duração Continuada (PDC). Destaca-se o PDC-4, que trata do desenvolvimento e proteção das águas subterrâneas.

Na UGRHI 13 (Tietê/Jacaré) o Programa de Duração Continuada (PDC-4) estabelece o desenvolvimento das seguintes atividades de gerenciamento:

- Desenvolvimento de sistema de cadastramento de poços tubulares, considerando os diversos usos;
- Identificação de áreas críticas de superexploração ou poluição dos aquíferos e desenvolvimento de sistema específico de gestão;
- Implantação de sistema de automonitoramento por parte dos usuários mais significativos das águas subterrâneas;
- Implantação de sistema de monitoramento da qualidade da água subterrânea;
- Implantação de programa de proteção do aquífero subterrâneo considerando o mapa de vulnerabilidade.

Na esfera municipal, também existe uma legislação específica que trata da política do meio ambiente e dos recursos hídricos:

- Lei Orgânica do Município de Araraquara de 05/04/90 e atualizada em 26/11/99, que estabelece nos capítulos III (política do meio ambiente) e IV (recursos hídricos) as formas adequadas para a intervenção antrópica no meio ambiente.

Conforme descrito, o produto final da presente Dissertação (mapa de vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos da área de Araraquara-SP, na escala 1:50000), enquadra-se no PDC-4 e na Lei Orgânica do Município de Araraquara. Vale ressaltar que o mapa de vulnerabilidade é um documento básico, preventivo e orientativo, portanto, imprescindível para o planejamento do uso e ocupação do solo. Neste contexto, Cerri et al. (1999) propõem que a gestão dos recursos hídricos deva se dar de modo que as ações municipais culminem com a implantação de medidas e ações voltadas à garantia da qualidade e quantidade da água. Sugerem ainda, que os instrumentos adequados para os

municípios nortear a implementação dessas ações, seja a elaboração de Planos Diretores de Águas.

3.1.3.3 Resumo do abastecimento público de água no Estado de São Paulo

O Estado de São Paulo é composto por mais de 645 municípios (IBGE, 2003), sendo predominantemente municípios com menos de 10.000 habitantes. O abastecimento público de água no Estado de São Paulo (CETESB, 1998), pode ser dividido em 3 grandes grupos. A Figura 10 ilustra a proveniência e a porcentagem do recurso hídrico no Estado:

Ante aos dados expostos, observa-se que 71,6% dos municípios do Estado são abastecidos total ou parcialmente pelo recurso hídrico subterrâneo, como por exemplo, as cidades de Ribeirão Preto, Bauru, Matão, Jacaré e Lins que dependem exclusivamente do abastecimento de águas subterrâneas. Cumpre destacar que a captação da água subterrânea tende a aumentar, fato que ressalta a importância de estudos específicos que enfatizam a gestão integrada do recurso. Portanto, sugere-se que tais estudos sejam norteados por mapas temáticos de natureza hidrogeológica.

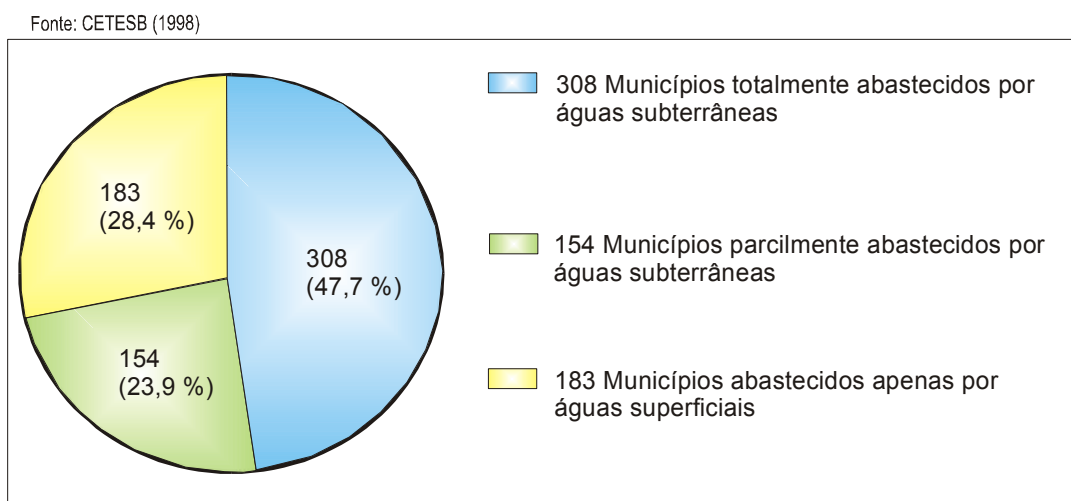


Figura 10 - Abastecimento Público no Estado de São Paulo, no ano de 1997

Segundo a Cetesb (1998) as maiores preocupações sobre a poluição dos recursos hídricos subterrâneos devem estar voltadas à expansão caótica das atividades antrópicas, nas áreas urbanas e rurais, através de empreendimentos como lixões, aterros industriais e sanitários não controlados, armazenamento, manuseio e descarte inadequados de produtos

químicos, efluentes e resíduos, incluindo os usos indiscriminados de agrotóxicos e fertilizantes.

Os estudos da Cetesb, no ano de 1997, demonstraram que dos 146 poços monitorados, 21 (15%) apresentam indícios de alteração na qualidade de suas águas para nitrato, potássio, cromo total, cloreto e coliformes, classificando como regular a qualidade natural das águas subterrâneas do Estado de São Paulo. Outras fontes potenciais de poluições recentemente observadas são os diversos casos de vazamentos de tanques de combustíveis subterrâneos em postos de serviços de abastecimento veicular.

3.1.3.4 Características da Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê/Jacaré (UGRHI 13)

A Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Tietê/Jacaré – UGRHI 13, onde está inserida a área de estudo, é constituída pelos municípios de Agudos, Araraquara, Arealva, Areiopolis, Bariri, Barra Bonita, Bauru, Boa Esperança do Sul, Bocaina, Boracéia, Borebi, Brotas, Dois Córregos, Dourado, Gavião Peixoto, Iacanga, Ibaté, Ibatinga, Igarapu do Tietê, Itajú, Itapuú, Itirapina, Jaú, Lençóis Paulista, Macatuba, Mineiros do Tietê, Nova Europa, Pederneiras, Ribeirão Bonito, São Carlos, São Manuel, Tabatinga, Torrinha e Trabijú. Abrange área de 11.784 Km² de área de drenagem, tendo como principais constituintes os rios Tietê (barragem da Usina Hidroelétrica (UHE) de Barra Bonita até UHE de Ibatinga – 150 Km), Jacaré-Guaçu e Jacaré Pepira (IPT, 2000). A área de estudo está inserida nas sub-bacias do Baixo e Médio Jacaré-Guaçu.

Quanto ao uso dos solos, a UGRHI caracteriza-se por destinar áreas para o desenvolvimento de atividades urbanas, industriais e agropecuárias. Esta última atividade destaca-se pelo uso de grandes áreas para pastagens e plantio de cana-de-açúcar, milho e citrus (IPT, 2000).

Quanto ao uso do recurso hídrico (superficial e subterrâneo), a água destina-se as seguintes necessidades: abastecimento público, agropecuário e industrial; recepção de efluentes domésticos e industriais (IPT, 2000).

As principais atividades industriais na UGRHI correspondem a usinas de açúcar e álcool, engenhos, curtumes e indústrias alimentícias. A Figura 11 mostra as principais cidades que compõem a UGRHI 13 e a porcentagem de uso das águas subterrâneas para abastecimento público na Bacia Tiête/Jacaré (CETESB, 1998).

Fonte: modificado de CETESB (1998).

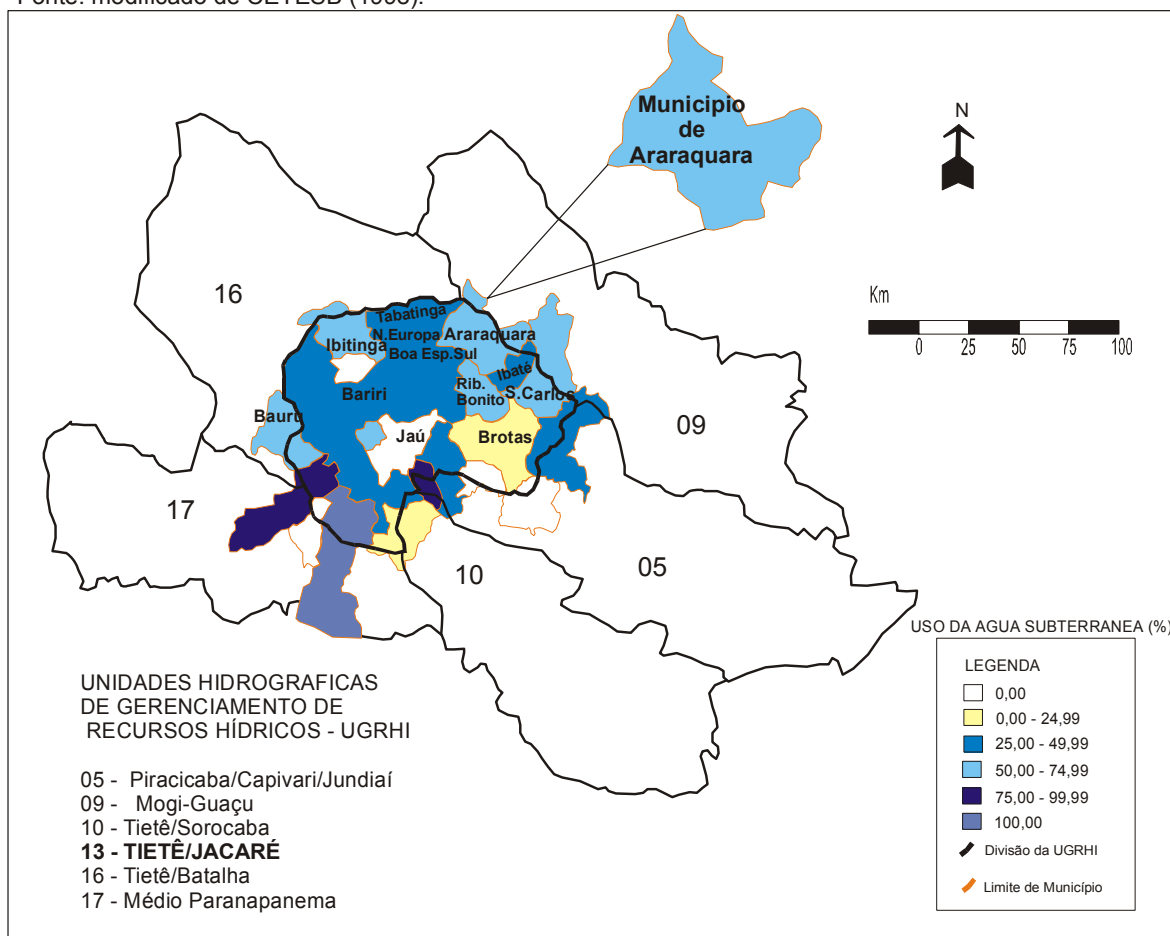


FIGURA 11 - USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO, NA BACIA TIETÊ/JACARÉ, ESTADO DE SÃO PAULO, NO ANO DE 1997.

A análise temporal comparativa dos dados do índice de qualidade de água (IQA) entre a UGRHI Tietê/Jacaré (13) e do Estado de São Paulo, apresentados pela Cetesb (1998 e 2002), demonstram o decréscimo substancial da qualidade da água. As Tabelas 4 e 5 ilustram numericamente os dados da Cetesb. A partir da análise dos dados, obtém-se o seguinte quadro:

- piora substancial da qualidade da água entre os anos de 1998 e 2001, na UGRHI 13, marcada pela diminuição dos percentuais dos índices ótimo e bom. Em 1997 a somatória do IQA era de 92%, entretanto em 2001, o IQA recuou para 79%;

- em contrapartida, houve uma melhora no Estado de São Paulo quanto à qualidade da água. Entre o período de 1997 e 2001, ocorreu uma melhora na somatória do IQA: péssimo e ruim, de 19% para 15%, respectivamente.

Fonte: Cetesb (1998)

IQA	Ótima (%)	Boa (%)	Aceitável (%)	Ruim (%)	Péssima (%)
UGRHI 13	13	79	13	0	0
Somatória % dos Índices (Σ)	$\Sigma = 92\%$			$\Sigma = 0$	
Estado de SP	15	50	16	11	8
Somatória % dos Índices (Σ)	$\Sigma = 65\%$			$\Sigma = 19\%$	

Tabela 4 - Síntese dos resultados do Índice de Qualidade da Água, no ano de 1997.

Fonte: Cetesb, 2002

IQA	Ótima (%)	Boa (%)	Aceitável (%)	Ruim (%)	Péssima (%)
UGRHI 13	8	71	21	0	0
Somatória % dos Índices (Σ)	$\Sigma = 79\%$			$\Sigma = 0$	
Estado de SP	14	50	21	8	7
Somatória % dos Índices (Σ)	$\Sigma = 64\%$			$\Sigma = 15\%$	

Tabela 5 - Síntese dos resultados do Índice de Qualidade da Água, no ano de 2001.

Segundo Cetesb (2002) a queda de valores do IQA na UGRHI Tietê/Jacaré está fortemente condicionada ao aumento da concentração média de Fósforo Total, resultado dos lançamentos de esgotos *in natura*. A Tabela 6 mostra a evolução temporal dos resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, coletados no Rio Jacaré-Guaçu, ponte na Rodovia SP 255 (trecho Araraquara - Boa Esperança do Sul).

Fonte: Cetesb (2001)

Local: Rio Jacaré Guaçu, ponte na Rodovia SP-255, no trecho que liga Araraquara à Boa Esperança do Sul.								
Parâmetros	Unidade	Conama 20/86	07/02	10/04	27/06	22/08	16/10	10/12
Coliforme Fecal	nmp/ 100ml	máx 4000	*24000	*5000	*50000	*24000	3000	*24000
Fósforo Total	mg/l	max 0,025	*0,098	<0,01	*0,2	*0,242	*0,114	*0,256
Alumínio	mg/l	max 0,1	*1,95	*1,13	*0,51	*0,46	*1,04	*3,38
(*) não atendimento aos padrões de qualidade da resolução Conama 20/86								

Tabela 6 – Resultado dos parâmetros físico-químicos e microbióticos, ano 2001.

Segundo a Cetesb (1998) o uso de água subterrânea ocorre em função das vantagens comparativas em relação a águas superficiais, destacando-se a qualidade natural, maior proteção à poluição e quantidade assegurada ao longo do tempo. Outro fator que amplia a necessidade de proteção do recurso hídrico subterrâneo deve-se ao fato de 80% da água explotada é transformada em esgoto e geralmente, este é lançada nas águas superficiais sem tratamento adequado.

Na UGRHI Tietê/Jacaré são reconhecidas as seguintes unidades aquíferas: Guarani (Botucatu), Serra Geral, Bauru e Cobertura Cenozóica. A Figura 12 apresenta o mapa de afloramentos dessas unidades aquíferas e a Tabela 7 mostra uma estimativa da porcentagem em área de afloramento de cada unidade dos sistemas aquíferos.

Fonte: modificado de Cetesb (1998).

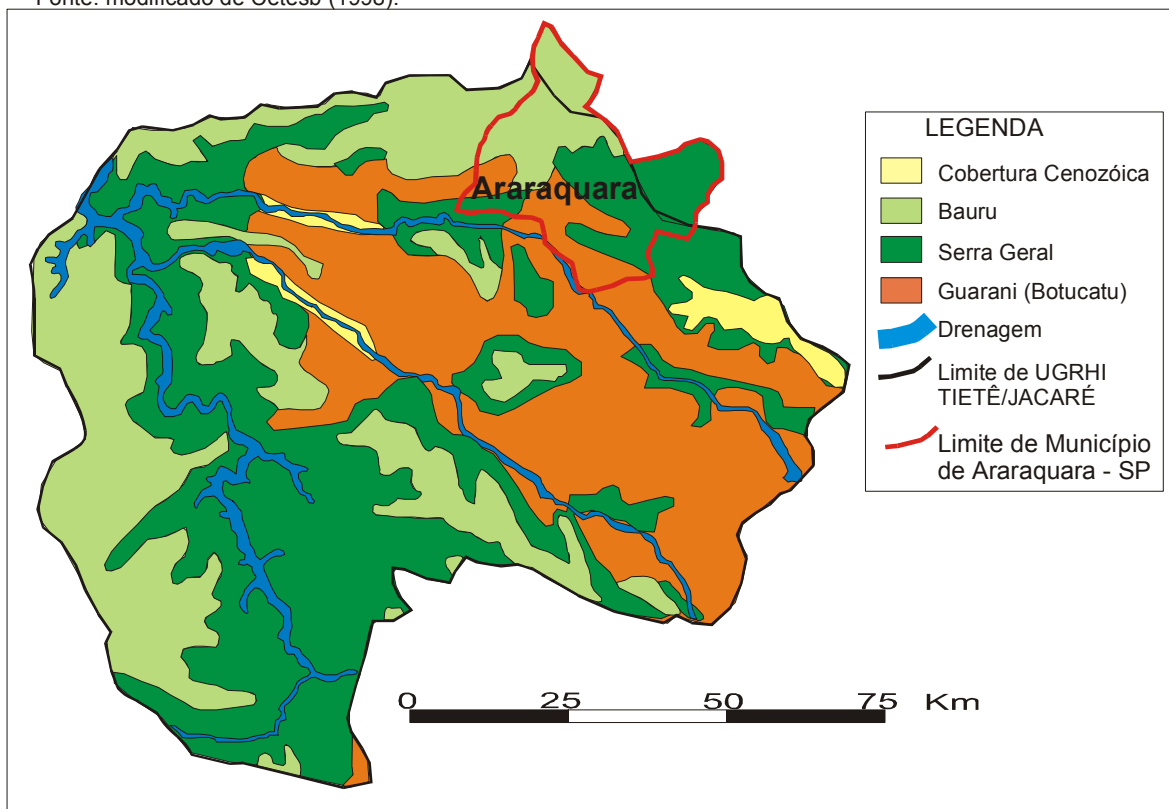


Figura 12 - Unidades Aquíferas da Bacia Tietê/Jacaré, no Estado São Paulo

Fonte: modificado de Cetesb (1998)

URGHI	Sistema Aquífero	Área Aflorante (%)
13	Coberturas Cenozóicas	5
	Bauru	37
	Serra Geral	35
	Guarani (Botucatu/Pirambóia)	23

Tabela 7 – Estimativa da porcentagem dos sistemas aquíferos em área de afloramento na UGRHI Tietê/Jacaré.

3.1.3.5 Fontes de abastecimento de água no município de Araraquara - SP

O sistema de abastecimento público de água no município de Araraquara é composto por 50% de captações de água superficial, oriunda das drenagens: Ribeirão das Cruzes, Ribeirão Águas dos Paióis e Ribeirão Anhumas. Este último corpo d'água ocorre a NE da área de estudo.

O restante do abastecimento público (50%) é realizado através de doze poços tubulares profundos que captam água principalmente dos sistemas aquíferos Serra Geral e Guarani (Botucatu/Pirambóia). Os poços tubulares profundos da área de estudo são denominados: Ouro, Paiol, Santana, Santa Lúcia, Standard, Selmi-Dei, Gramado, Pinheirinho, Iguatemi, Fonte, Rodovia e Aldo Lupo. O poço denominado de Bueno corresponde ao poço locado no Distrito de Bueno de Andrade (DAAE, 2001).

Segundo os dados anuais do Departamento Autônomo de Água e Esgoto (DAAE) a situação do município de Araraquara é privilegiada, pois o sistema de abastecimento de água tratada abrange 100% das edificações e o sistema de coleta de esgoto atende 98% da população. A Tabela 8 apresenta estes dados.

Fonte: DAAE (2001)

	Número de ligações	População atendida	% Beneficiados
Abastecimento de Água	63.949	197.500	100%
Sistema Coleta de Esgoto	62.797	193.945	98,2%
Déficit Sistema de Esgoto	1.152	3.555	1,8%

Tabela 8 - Abastecimento de Água e Sistema de Coleta de Esgoto de Araraquara – SP

A qualidade da água superficial e subterrânea do município de Araraquara - SP é monitorada pelo DAAE e Cetesb, através de análises físico-químicas de amostras de água bruta e tratada (superficial) e de amostras das águas dos poços tubulares. Estas análises são realizadas com a finalidade de verificar e acompanhar o padrão de potabilidade da água no município, de acordo com a resolução do Ministério da Saúde, (Portaria 1469 de 19/01/01). As Tabelas 9, 10, 11, 12 e 13 apresentadas a seguir, sintetizam os resultados das análises físico-químicas da água bruta e tratada (superficial e subterrânea) das Estações de Tratamento de Água (ETA) Fonte e Paiol.

Fonte: DAAE (2001)

Estação de Tratamento de Água – Fonte				
Parâmetros Físicos	Padrões de Potabilidade	Água		Classificação
		Bruta	Tratada	
Aspecto	Límpido	Amarela	Límpido	A
Cor	Até 15	182,0	< 2,5	A
Turbidez	Até 1	35,0	0,50	A
pH	6,0-9,5	6,91	8,15	A

Tabela 9 - Ensaio físico da água bruta e da água tratada das estações de tratamento de água do município de Araraquara – SP.

Fonte: DAAE (2001)

Estação de Tratamento de Água – Paiol				
Parâmetros Físicos	Padrões de Potabilidade	Água		Classificação
		Bruta	Tratada	
Aspecto	Límpido	Amarelo	Límpido	A
Cor	Até 15	177,0	< 2,5	A
Turbidez	Até 1	31,0	0,44	A
pH	6,0-9,5	6,54	8,07	A

Tabela 10 - Ensaio físico da água bruta e da água tratada das estações de tratamento de água do município de Araraquara – SP.

Fonte: DAAE (2001)

	Parâmetros	Alumínio	Bário	Cianetos	Cádmio	Chumbo	Cloreto	Cloro residual	Cobre	Cromo total	Dureza total	Ferro total
Água	Padrão de Potabilidade	<0,20	<1,0	<0,07	<0,005	<0,01	<250	<2,0	<2,0	<0,05	<500	<0,3
Bruta	ETA Fonte	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	4,00	-	0,00	0,00	20,00	1,20
	ETA Paiol	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	-	0,00	0,00	20,00	0,74
Tratada	ETA Fonte	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	100,0	0,01
	ETA Paiol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00	0,00	0,00	95,0	0,01

	Parâmetros	Fluoreto residual	Manganês	Nitratos	Nitritos	Sólidos totais	Sulfatos	Surfactantes	Zinco
Água	Padrão de Potabilidade	<1,5	<0,10	<10,0	<1,00	<1000	<400	<0,50	<5,0
Bruta	ETA Fonte	-	0,560	3,00	0,20	35,00	8,00	0,30	0,02
	ETA Paiol	-	0,220	2,00	0,005	20,00	7,00	0,20	0,04
Tratada	ETA Fonte	0,73	0,00	1,00	0,00	70,00	1,00	0,02	0,00
	ETA Paiol	0,74	0,00	0,7	0,00	80,00	1,00	0,03	0,00

Tabela 11 - Ensaio químico da água bruta e da água tratada das estações de tratamento de água do município de Araraquara – SP.

Fonte: DAAE (2001)

Parâmetros	Aspecto	Cor	Turbidez	pH	Odor	Sabor
Padrão de Potabilidade	Límpido	Até 15	Até 1	6,0-9,5	Não objetável	Não objetável
Santana/Paiol	Límpido	0,00	0,20	6,70	não	não
Santa Lúcia	Límpido	0,00	0,20	6,30	não	não
Rodovia	Límpido	0,00	0,45	7,00	não	não
Standard	Límpido	0,00	0,52	6,30	não	não
Aldo Lupo	Límpido	0,00	0,20	6,00	não	não
Selmi Dei	Límpido	0,00	0,25	6,60	não	não
Bueno	Límpido	0,00	0,70	6,40	não	não
Iguatemi	Límpido	0,00	0,20	6,00	não	não
Pinheirinho	Límpido	0,00	0,30	6,20	não	não
Fonte	Límpido	0,00	0,00	0,00	não	não
Ouro	Límpido	0,00	0,25	6,00	não	não
Flora	Límpido	0,00	0,00	0,00	não	não
Gramado	Límpido	0,00	0,20	7,00	não	não

Tabela 12 - Ensaio físico nas águas dos poços tubulares de abastecimento público do município de Araraquara – SP.

Fonte: DAAE (2001)

Parâmetros	Alumínio	Bário	Cianetos	Cadmio	Chumbo	Cloreto	Cloro residual	Cobre	Cromo total	Dureza total	Ferro total
Padrão de Potabilidade	<0,20	<1,0	<0,07	<0,005	<0,01	<250	<2,0	<2,0	<0,05	<500	<0,3
Santana/Paiol	0,003	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,87	0,00	0,00	50,00	0,00
Santa Lúcia	0,007	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,91	0,00	0,00	55,00	0,00
Rodovia	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,90	0,00	0,00	60,00	0,00
Standard	0,001	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,91	0,00	0,00	50,00	0,00
Aldo Lupo	0,003	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,93	0,00	0,00	60,00	0,00
Selmi Dei	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,96	0,00	0,00	40,00	0,00
Bueno	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,75	0,00	0,00	45,00	0,00
Iguatemi	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,94	0,00	0,00	50,00	0,00
Gramado	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pinheirinho	0,003	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,98	0,00	0,00	60,00	0,00
Fonte	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ouro	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	0,88	0,00	0,00	30,00	0,00
Flora	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00

Parâmetros	Fluoreto residual	Manganês	Nitratos	Nitritos	Sólidos totais	Sulfatos	Surfactantes	Zinco
Padrão de Potabilidade	<1,5	<0,10	<10,0	<1,00	<1000	<400	<0,50	<5,0
Santana/Paiol	0,74	0,00	1,00	0,00	70,00	0,00	0,00	0,00
Santa Lúcia	0,77	0,00	1,00	0,00	60,00	0,00	0,00	0,00
Rodovia	0,76	0,00	1,00	0,00	80,00	0,00	0,00	0,00
Standard	0,74	0,00	1,00	0,00	70,00	0,00	0,00	0,00
Aldo Lupo	0,70	0,00	1,00	0,00	70,00	0,00	0,00	0,00
Selmi Dei	0,74	0,00	1,00	0,00	80,00	0,00	0,00	0,00
Bueno	0,70	0,00	1,00	0,00	60,00	0,00	0,00	0,00
Iguatemi	0,73	0,00	1,00	0,00	60,00	0,00	0,00	0,00
Gramado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fonte	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ouro	0,75	0,00	1,00	0,00	60,00	0,00	0,00	0,00
Flora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 13 - Ensaio químicos nas águas dos poços tubulares de abastecimento público do município de Araraquara – SP.

Ainda que os dados de qualidade das águas superficiais e subterrâneas do município de Araraquara – SP estejam em conformidade com os índices de potabilidade do Ministério da Saúde (DAAE, 2001), cumpre-se salientar a importância de desenvolver estudos de vulnerabilidade natural à poluição em escalas de detalhe (1:20000 ou maior), com a finalidade de proteger e preservar os recursos hídricos superficiais e subterrâneos da presença de substâncias indesejáveis.

3.1.4 Conhecimento geológico e hidrogeológico regional

O presente item apresenta as informações regionais referentes ao conhecimento atual sobre o contexto geológico e hidrogeológico, com base nas principais informações disponíveis na literatura.

3.1.4.1 Geologia regional

A Bacia do Paraná foi desenvolvida no interior do continente Gondwana, e sua evolução está relacionada à abertura e separação deste supercontinente. O registro da sedimentação que ocorreu nesta Bacia, se estende por parte das regiões sudeste, sul e centro-oeste do país e abrangem os países circunvizinhos como Paraguai, Uruguai e Argentina.

A sedimentação nesta região foi fortemente influenciada pelo regime tectônico extensivo de separação dos continentes Sul-Americano e Africano. Estes movimentos datam do Jurássico Superior/Cretáceo Inferior (NARDY, 1995).

Segundo Milani (1992) a coluna cronoestratigráfica da Bacia do Paraná é representada por cinco seqüências formais de sedimentação que datam do Ordoviciano-Siluriano (Formação Rio Ivaí, ZALÁN et al., 1987) ao Cretáceo (Grupo Bauru, PETRI e FULFARO, 1983; Figura 13). A partir do contexto apresentado, sumarizam-se as informações sobre essas seqüências sedimentares (Quadro 6).

Litoestratigraficamente os sedimentos depositados nesta Bacia, pertencem aos grupos São Bento e Bauru. As formações geológicas que integram o primeiro Grupo e afloram na área de estudo são: Formação Botucatu (arenito fino a médio) e Formação Serra Geral (basaltos toleíticos).

O segundo Grupo é composto por quatro formações (Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília; SOARES *et al.* 1980). Entretanto na área de estudo ocorrem predominantemente os sedimentos da Formação Adamantina.

São identificados também Sedimentos Cenozóicos representados por materiais arenosos de granulometria variada, composto por quartzo, magnetita e outros óxidos de ferro.

Distribuem-se associados às formações geológicas do Grupo Bauru e em geral são de difícil reconhecimento em campo.

Com a finalidade de auxiliar as campanhas de campo na região, elaborou-se um sumário expedito de campo, onde constam as principais distinções entre os sedimentos que afloram na região, justificando a nova configuração geológica para a região (MEAULO 2003b). Este sumário será apresentado no item conhecimento geológico e hidrogeológico local sobre a área de estudo.

Fonte: modificado de Milani (1992)

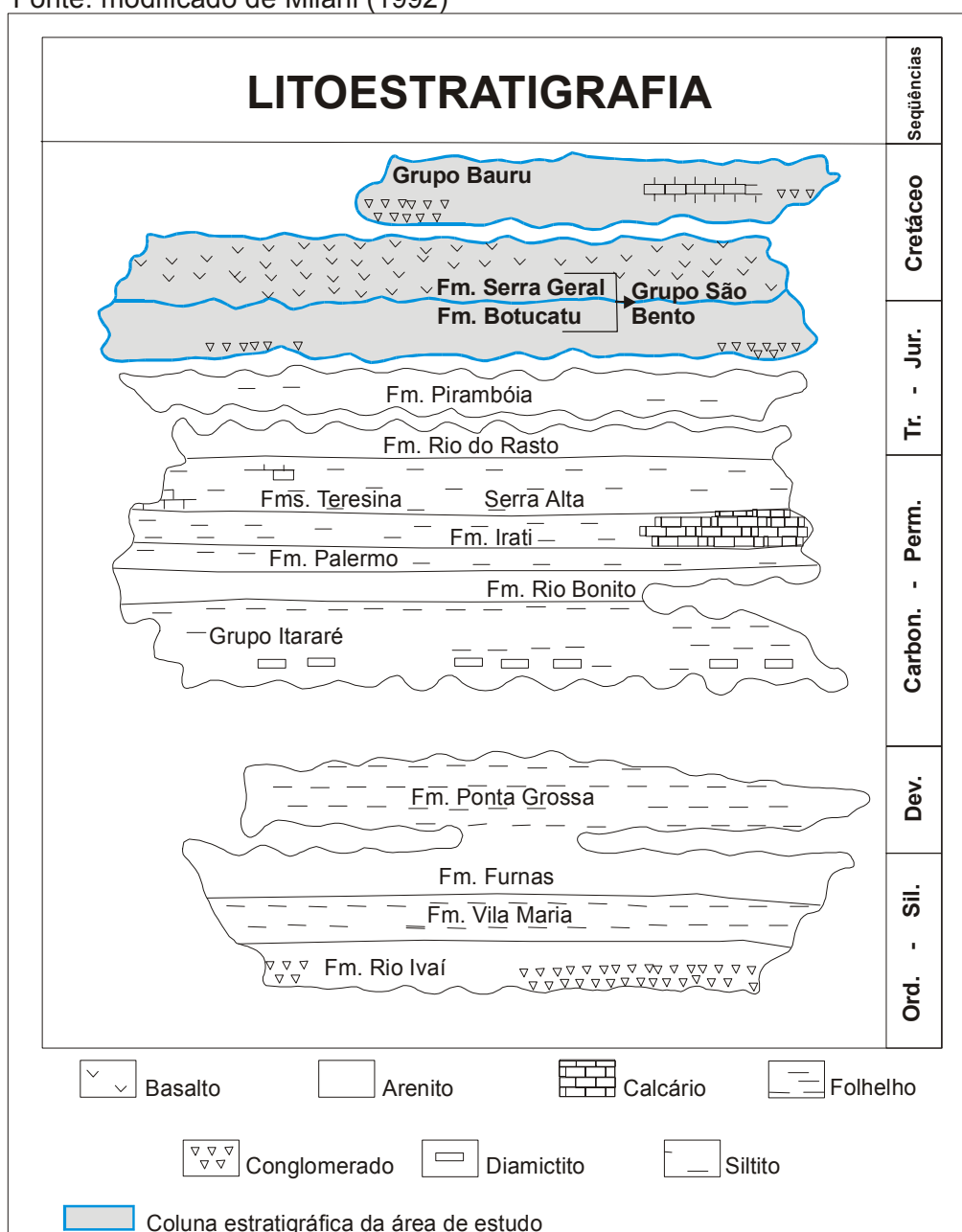


Figura 13 - Coluna cronoestratigráfica da Bacia do Paraná

Seqüên cia	Período Geológico	Formações ou Grupo	Litologia Predominante	Ambiente Deposicional e Tectônica	Autores
1	Neordoviciano ao Eosiluriano	Fm. Rio Ivaí	Arenito e conglomerado na base	Sedimentos marinhos e continentais, num ciclo completo de transgressão e regressão marinha	Zalán et al.(1987). Milani, (1992).
		Fm. Vila Maria	Folhelho		
		Fm. Furnas	Arenito		
2	Restrita ao Devoniano	Fm. Ponta Grossa	Folhelho	Marca a transgressão marinha	Milani (1992)
3	Neocarbonífero	Grupo Itararé	Diamictito, siltito e arenito	Intensa atividade tectônica, falhamentos verticais de blocos. Ambientes marinhos e continentais	Fulfaro et al.(1982).
	Permiano	Fm. Rio Bonito	Arenito	Pouca atividade tectônica, mas levemente subsidente.	
		Fm. Palermo	Arenito predominante e siltito na base		
		Fm. Irati	Calcário e folhelho		
		Fm. Teresina e Serra Alta	Siltito, folhelho e calcário	Sedimentos continentais: fluviais, de planícies, de inundação e deltaicos.	
4	Neotriassico e Neojurassico	Fm. Pirambóia	Arenito com intercalações de siltito	Sedimentos continentais e pouca atividade tectônica	Almeida (1981); Soares et al.(1980); Petri e Fulfaro (1983); Nardy (1995) Fulfaro e Perinoto, (1996); Dias-Brito et al., (1998); Dias-Brito (2001).
5	Eojurassico ao Cretáceo	Fm. Botucatu (*)	Arenito com conglomerado na base	Ambiente desértico	
		Fm. Serra Geral (*)	Basalto toleítico	Intensa atividade vulcânica	
		Grupo Bauru (*)	Seqüência essencialmente arenosa com a presença de porções calcárias e conglomerática	Bacia sedimentar de interior cratônico individualizada	

(*) estratigrafia da área de estudo)

Quadro 6 – Síntese do conhecimento geológico regional.

3.1.4.2 Hidrogeologia regional

A Bacia do Paraná abrange uma área de ocorrência de dimensões continentais, localizada no centro-leste da América do Sul, distribuída no Brasil, na Argentina, no Paraguai e no Uruguai.

Segundo Rebouças (1976) as condições hidrogeológicas da Bacia, são norteadas, principalmente, por fatores de ordem climática (realimentação do recurso hídrico) e geológica (características do meio e geoestruturas). O clima responde pela abundância e a variabilidade pluviométrica de uma determinada região, enquanto que a geologia, geralmente, demonstra a importância e distribuição das estruturas armazenadoras da água subterrânea. Os aspectos complexos do clima e dos sistemas aquíferos estão além das finalidades desta síntese.

A hidrogeologia da Bacia do Paraná é complexa e formada por sete sistemas aquíferos principais. Em função do potencial e importância hidrogeológica destes sistemas, tem-se os aquíferos: Guarani (Botucatu/Pirambóia); Serra Geral; Bauru; Furnas; Palermo; Rio Bonito e Estrada Nova. Nesta síntese, os dados descritivos abordam os sistemas aquíferos: Guarani, Serra Geral, Bauru e Cobertura Cenozóica, referentes ao Estado de São Paulo.

Araújo et al. (1995) apresentam uma seção geológica E-W da Bacia (na escala 1:500000), baseada em dados de poços tubulares, ressaltando o arcabouço estratigráfico regional, dos sistemas aquíferos (Figura 14). Na porção leste da seção geológica, região de Araraquara (SP), observa-se que a relação estratigráfica das formações Botucatu, Serra Geral e Grupo Bauru, pode ser reconhecida também em escala local (1:50000). Os perfis geológicos da área de estudo comprovam a afirmação descrita. Em termos da hidrogeologia, esta percepção é relevante e pode ser aplicada na gestão dos recursos hídricos.

As coberturas cenozóicas assentam-se sobre as demais formações geológicas (Botucatu, Serra Geral e sedimentos do Grupo Bauru). São constituídas por arenitos de granulação variável, argilas e níveis de cascalhos que, geralmente, marcam a base do contato geológico. As características hidrogeológicas são: extensão limitada, granular livre, descontínuo, heterogêneo e anisotrópico.

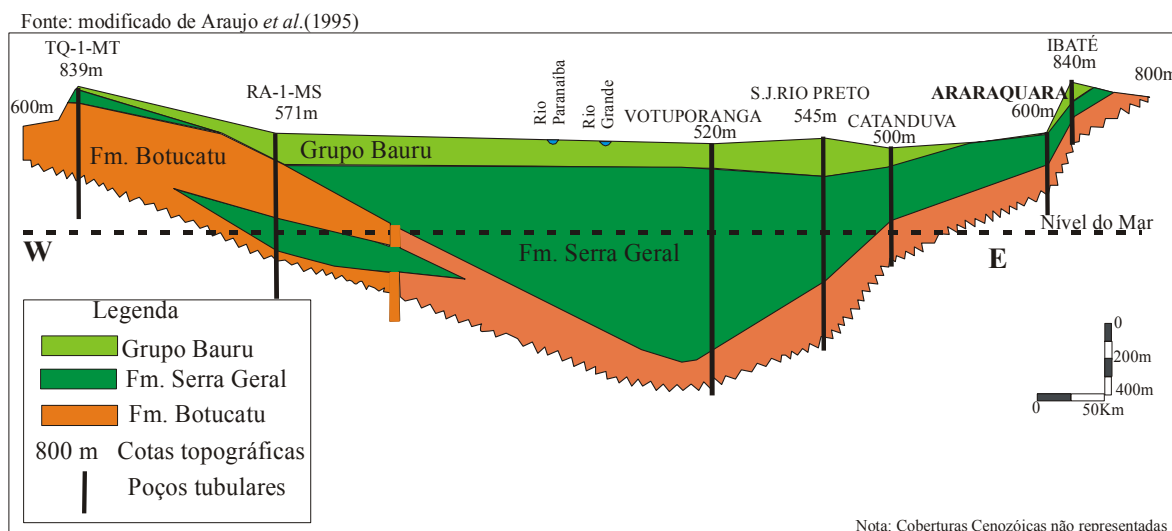


Figura 14 - Seção Geológica E-W da Bacia Sedimentar do Paraná nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso

A área de afloramento da Cobertura Cenozóica é de aproximadamente 3600 Km² com espessura média de 30m. A profundidade dos poços varia entre 10 a 30m e capacidade específica de 0,1 a 50 m³/h/m.

Quanto à vulnerabilidade natural à poluição do aquífero, o índice varia entre Extremo (para profundidade do Nível d'água < 10m) a Moderado (para profundidade do N.A. >50m) (CETESB et a.l., 1998).

O aquífero Bauru (CETESB et a.l., 1998) ocorre na quase totalidade de sua extensão, sobreposta a Formação Serra Geral. Constitui-se por depósitos fluviais com predominância de arenitos finos a muito finos, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos, com lentes de siltitos arenosos e argilitos, ocorrendo em bancos maciços. Localmente ocorrem estratificações plano-paralelas e cruzadas de pequeno a médio porte.

Caracteriza-se hidrogeologicamente por extensão regional da unidade, tipo granular, livre a semiconfinado, descontínuo, heterogêneo e anisotrópico. Aflora numa área de aproximadamente 8000 Km² com espessura média de 190m, profundidade dos poços de 100 a 200m, capacidade específica de 0,5 a 1,0 m³/h/m e permeabilidade aparente 0,1 a 0,3 m/d. As águas são classificadas como fortemente bicarbonatadas cálcicas e nos fundos de vale, como

bicarbonadas cálcio magnesianas. A vulnerabilidade natural do aquífero varia entre Moderada (para profundidade do N.A. < 10m) a Baixa (para profundidade do N.A. > 50m).

O aquífero Serra Geral difere dos demais sistemas por apresentar fissuramento de caráter eventual, livre a semiconfinado, descontínuo, heterogêneo e anisotrópico (CETESB et al., 1998).

Segundo Rebouças (1976) o armazenamento de água subterrânea é limitado às zonas que apresentam fraturamento intenso e, em contato com *intertrapps* (sedimentos da Formação Botucatu e correlatos). Portanto a caracterização geológica é a ferramenta mais adequada para o entendimento do comportamento hidrogeológico do sistema.

A Formação Serra Geral é constituída por rochas vulcânicas toleíticas dispostas em sucessivos derrames basálticos de coloração cinza esverdeada a negra, textura afanítica com intercalações métricas de arenitos. A geometria do aquífero é assinalada por 32000 Km² de afloramento e 104000 Km² de extensão de área subsuperfície. As características hidráulicas são traduzidas pela vazão média de 5 a 70 m³/h, profundidade dos poços de 50 a 150m e capacidade específica de 0,01 a 10 m³/h/m. As águas são classificadas como bicarbonatadas cálcicas e secundariamente magnesianas.

A caracterização da vulnerabilidade natural do Aquífero Serra Geral não foi definido no trabalho de Cetesb (1998, Quadro 7) por se tratar de um fator limitador do método empregado. Entretanto, buscou-se adotar alguns critérios, de forma alternativa e preliminar, para a classificação da vulnerabilidade natural desse Aquífero. Esses critérios foram adotados a partir das características regionais do comportamento hidráulico do maciço rochoso (aquífero fissurado), da caracterização geológico-geotécnica (conceito: qualidade do maciço). Com base no exposto foram avaliadas as seguintes informações:

- a) Caracterização do comportamento do maciço sobre o ponto de vista geológico-geotécnico e hidrogeológico;
- b) Relação do maciço rochoso com as rochas sedimentares sobrepostas e sotapostas.

Finalmente o índice atribuído para classificar a vulnerabilidade natural à poluição da unidade hidrogeológica Serra Geral foi como Alta, independente da profundidade do nível d'água.

O aquífero Guarani é o mais importante reservatório subterrâneo da Bacia Sedimentar do Paraná. A unidade aquífera caracteriza-se pela extensão regional, granular, livre a confinado, homogêneo, contínuo e isotrópico (CETESB et al., 1998). Compõe-se por arenitos eólicos avermelhados de granulometria fina a média com estratificações cruzadas de médio a grande porte, depósitos fluviais restritos de natureza areno-conglomerática e camadas localizadas de siltitos e argilitos lacustres.

A área de afloramento é de 16000 Km² e espessura média de 250m na porção do aquífero livre e 500m na porção do aquífero confinado. Hidraulicamente o comportamento do aquífero mostra vazão média de 10 a 100 m³/h, profundidade dos poços de 50 a 250m, capacidade específica 0,03 a 17 m³/h/m, permeabilidade aparente 0,2 a 4 m/d e coeficiente de armazenamento 0,001 a 0,2. As águas são classificadas como bicarbonatadas magnesianas e cálcio-magnesianas.

A classificação da vulnerabilidade natural à poluição do aquífero varia entre Extrema (para profundidade do N.A. < 10m) a Moderada (para profundidade do N.A. >20m) (CETESB et al., 1998).

Cetesb et al. (1998) apresenta um resumo das principais das características físicas e hidrogeológicas dos sistemas aquíferos aflorantes na UGRHI Tietê/Jacaré (Quadro 7). Vale ressaltar que os dados de vulnerabilidade do aquífero apresentados no Quadro 7, são válidos para a escala de trabalho 1:1.000.000. Portanto os estudos de vulnerabilidade em escalas maiores podem sofrer alterações classificatórias restritivas nos índices de avaliação.

Fonte: modificado de Cetesb (1998).

Idade		Sistema Aquífero	Aquífero	Características Hidrogeológicas	Unidade Geológica	Geometria do Aquífero				Hidráulica do Aquífero					Características Hidroquímicas Principais			Vulnerabilidade do Aquífero		
						Área de afloramento (Km²)	Espess. média (m)	Ext. Subsup. (km²)	Espess. média confinada (m)	Vazão média (m³/h)	Prof. Poços (m)	Capac. Específica m³/h/m	Perm. Aparente (m/d)	Coef. Armaz.	pH	Resíduo seco a 105°C (mg/l)	Classif. das águas	Unidade	Nível D'água (m)	Índice
Cenozóico	Quaternário		Cobertura Cenozóica	Extensão limitada, granular livre, descontinuo, heterogêneo, anisotrópico.	Arenitos de granulação variável, argilas e cascalhos das seguintes unidades litoestratigráficas: Formação Adamantina e Formação Botucatu e correlatos.	3600	30	-	-	1 a 30	10 a 30	0,1 a 50	-	-	-		-	Cobertura Cenozóicas	<10	ALTO alto
																			10 a 20	ALTO baixo
																			20 a 50	MÉDIO alto
																			> 50	MÉDIO baixo
Mesozóico	Cretáceo Superior	Bauru	Adamantina	Extensão regional, granular, livre a semi-confinado, descontinuo, heterogêneo, anisotrópico.	Formação Adamantina – Depósitos fluviais com predominância de arenitos finos a muito finos, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos, com lentes de siltitos arenosos e argilitos, ocorrendo em bancos maciços. Estratificação plano-paralela e cruzada de pequeno a médio porte.	~8000	190	-	-	8 a 30	100 a 200	0,5 a 1,0	0,1 a 0,3	0,0001 a 0,01	4,0 a 9,8	100 a 200	Águas fortemente bicarbonatadas cálcicas principalmente no domínio dos espigões e interflúvios. Nos vales predominaram águas bicarbonadas cálcio magnesianas.	Adamantina	<10	MÉDIO alto
																			10 a 50	MÉDIO baixo
	Triássico a Cretáceo Inferior	Serra Geral	Serra Geral	Extensão limitada, fissurado, caráter eventual, livre a semiconfinado, descontinuo, heterogêneo, anisotrópico.	Formação Serra Geral – Rochas vulcânicas toleíticas em derrames basálticos de coloração cinza a negra, textura afanítica com intercalações de arenitos intertrapianos, finos a médios, de estratificação cruzada tangencial.	32000	150	104000	-	5 a 70	50 a 150	0,01 a 10	-	-	6 a 7	< 200	Bicarbonatadas cálcicas, secundariamente e magnesianas	Serra Geral		Não Definido
		Botucatu -Guarani	Botucatu Livre	Extensões regionais, granulares, livres a confinados, homogêneos, contínuos, isotrópicos.	Formação Botucatu – Arenitos eólicos avermelhados de granulometria fina a média com estratificações cruzadas de médio a grande porte, depósitos fluviais restritos de natureza areno-conglomerática e camadas localizadas de siltitos e argilitos lacustres.	16000	250 (livre)	-	-	10 a 100	50 a 250	0,03 a 17	0,2 a 4	0,001 a 0,2	Ácido	< 100	Bicarbonatadas magnesianas e cálcio-magnesianas	Botucatu (porção livre)	<10	ALTO alto
			Botucatu Confinado																10 a 20	ALTO baixo
							500 (confinado)	136800	500	50 a 600	300 a 1700	0,01 a 26	0,5 a 4,6	0,000001 a 0,0001	Ácido a Neutro	200	Zona de menor confinamento: águas bicarbonatadas cálcicas e cálcio-magnesianas.			Não Definido
										60 a 5300				Alcalino	650	Zona de maior confinamento: águas bicarbonatadas sódicas passando a cloro-sulfatadas das sódicas a oeste.				

3.2 Trabalhos de Campo

Os resultados obtidos nas três campanhas de investigações geológicas de campo subsidiaram o desenvolvimento da caracterização geológica e hidrogeológica da área de estudo. As campanhas de campo foram denominadas, conforme a seguir:

- Mapeamento geológico e cadastramento de poços escavados;
- Levantamento de feições estruturais e geológico-geotécnicas aplicadas ao mapeamento da vulnerabilidade de aquíferos;
- Levantamento de fontes potenciais à poluição de aquíferos;

As ilustrações desse item, as fotografias dos afloramentos estão reunidas no final dessa seção, representada pelas Pranchas 01 a 06. E as seções geológicas E-W, representadas pelos perfis A-B; C-D; E-F e G-H encontram-se reunidos no Anexo 3.

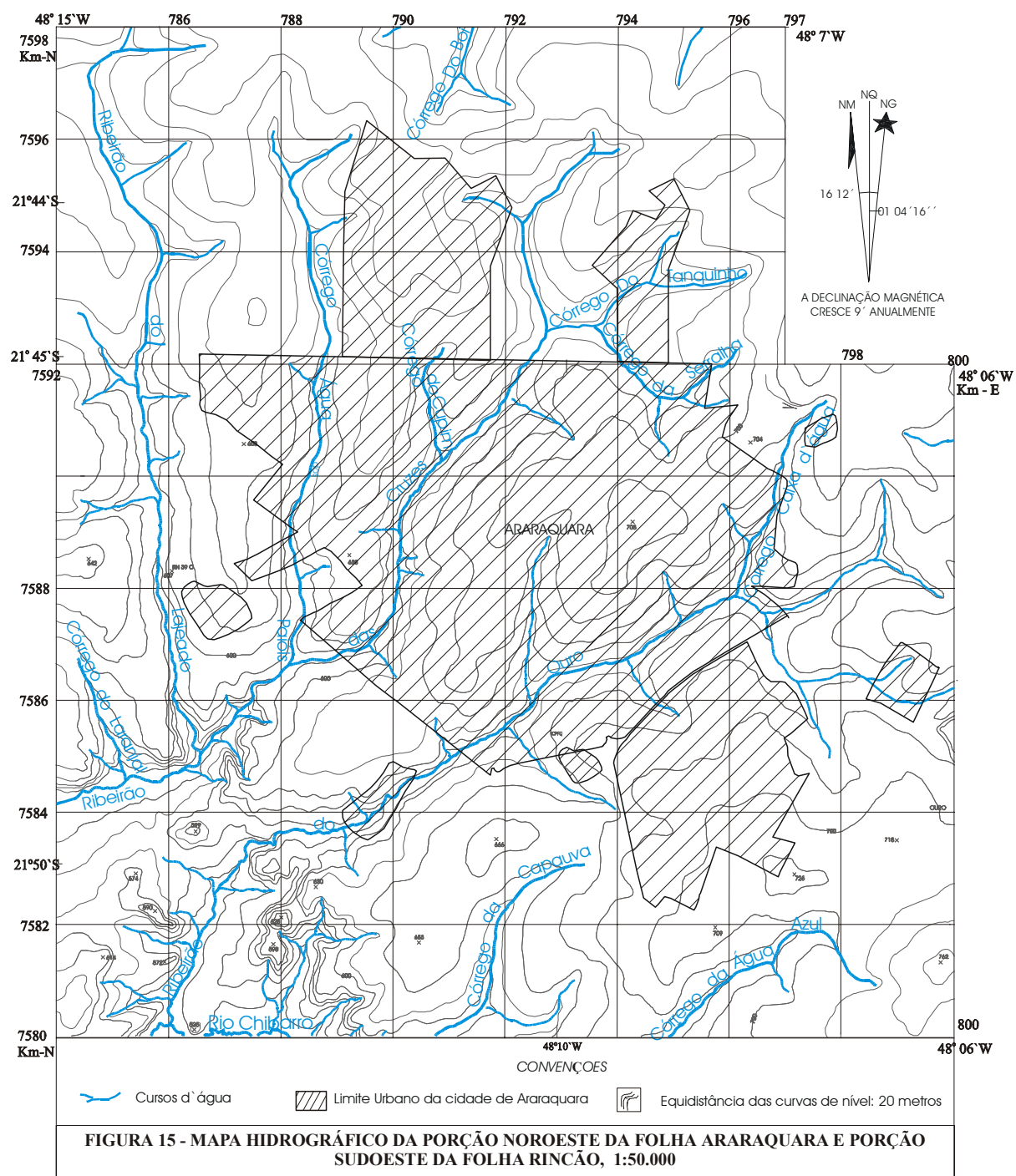
3.2.1 Conhecimento do meio físico local

O presente sub-item apresenta as informações referentes à caracterização do meio físico da área de estudo.

3.2.1.1 Hidrografia

O contexto hidrográfico da área de estudo é similar ao descrito pelo IPT (1981). Os rios apresentam características comuns, como corredeiras e pequenos encachoeiramentos que são formados a partir de soleiras de rochas pertencentes à Formação Serra Geral (Prancha 01, fotos 1 e 2). Em alguns cursos d'água foram implantadas usinas hidrelétricas de pequeno porte, como a Usina Hidrelétrica do Chibarro e da Fazenda Salto Grande. Hidrograficamente a área é drenada por ribeirões e córregos que cortam o município de Araraquara, preferencialmente nas direções NW para SE e NE para SW.

O sistema de drenagem da área de estudo é composto pelos seguintes ribeirões e córregos (de oeste para leste): Córrego do Laranjal, Ribeirão do Lajeado, Ribeirão Águas dos Paióis, Córrego do Cupim, Córrego do Boi, Ribeirão das Cruzes, Córrego Capaúva, Córrego do Tanquinho, Córrego da Serralha, Córrego Caixa d'água e Córrego Água Azul (Figura 15).



As drenagens citadas, com exceção do Córrego da Serralha, são tributárias do Rio Chibarro. Este rio localiza-se no extremo SW da área com direção E-W e representa a drenagem de maior volume d'água. O sistema de abastecimento público de água superficial do município de Araraquara, que corresponde a 50% do total, é composto por três sistemas de

captações: Captação Ribeirão das Cruzes, Captação Ribeirão Águas dos Paióis e Captação Ribeirão das Anhumas (DAAE, 2001).

O padrão de drenagem reflete a divisão geomorfológica e estrutural da área. As regiões representadas pelos sedimentos arenosos e silto-arenosos de cobertura são correlacionáveis, respectivamente, pelas formações Botucatu e Adamantina, integram o contexto geomorfológico do Planalto Ocidental. Caracteriza-se pela densidade de drenagem baixa, trechos retilíneos com direções preferências N-S e NE-SW e padrão de drenagem paralelo.

A porção W-SW da área, onde afloram os basaltos e arenitos intertrapianos da Formação Serra Geral (Pranchas 01 e 02, fotos 3 e 4), corresponde a divisão geomorfológica Cuestas Basálticas (IPT, 1981). Difere do padrão anterior por apresentar relevo escarpado, densidade de drenagem elevada, padrão dendrítico e drenagem relativamente encaixada.

3.2.1.2 Vegetação

A cobertura vegetal constitui um recurso natural importante que ameniza a poluição do ar, contribui para o controle do aquecimento global, reduz a erosão do solo, harmoniza o ambiente, entre outras funções vitais. Entretanto a cobertura vegetação original que recobria a região de Araraquara, denominada por Azevedo (1959, apud PEJON, 1987) de Floresta Latifoliada Tropical foi praticamente devastada, transformando-a em áreas de cultivo de cana de açúcar, café, laranja e pastagem.

O que sobrou dessas antigas áreas verdes encontra-se distribuída em pequenas porções verdes, concorrendo desfavoravelmente com as áreas cultivadas. A partir do advento do Pró-Alcôol, nas décadas de 70 e 80, o cultivo de cana-de-açúcar foi crescente. Na área de estudo esta cultura correspondem aproximadamente 80% da área cultivável e o restante dividido entre as culturas de café, laranja e pecuária.

Todavia o município de Araraquara supera em 3 vezes o estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (O.M.S.) que determina 12m² de área verde por habitante. A recente resolução municipal de incorporar ao patrimônio ambiental da cidade as áreas verdes

das nascentes e fundos de vale contribui para conservar os 36m² de área verde por habitante (ARARAQUARA, 1999).

3.2.1.3 Geomorfologia

A área de estudo está inserida no contexto das províncias geomorfológicas nomeadas de Planalto Ocidental e Cuestas Basálticas, segundo a divisão geomorfológica do Estado de São Paulo. Esta primeira província abrange aproximadamente 50% do Estado, sendo caracterizada por sistemas Colina Amplas e Colinas Médias com transições tênues entre ambos, tornando difícil o traçado de seus limites. Ocorrem ainda, subordinadamente, morrotes alongados (IPT, 1981). Predominam nestes sistemas, valores de declividade no intervalo de 2,5 a 20% associados geologicamente às rochas arenosas do Grupo Bauru (PEJON, 1987).

Neste domínio geomorfológico paulista, o substrato rochoso apresenta inclinação regional das camadas para oeste e organização da rede de drenagem diferenciada. Esta forte imposição estrutural forma uma extensa plataforma suave e nivelada em cotas altimétricas em torno de 500m, sendo que no extremo oeste do Estado de São Paulo, a foz do Rio Paranapanema atinge 247m de altitude (IPT, 1981).

Localmente a geomorfologia da área é definida por três unidades morfológicas. Para um melhor entendimento, fez-se uma relação das unidades morfológicas com as formações geológicas. Para tal relação, baseou-se na diferença entre as cotas topográficas, dissecação e forma dos topos. Neste trabalho, as unidades morfológicas definidas são: unidade silto-arenosa, unidade arenosa e unidade basáltica. A Figura 16 exibe de forma esquemática o modelo digital do terreno, onde é possível reconhecer a superfície topográfica da área de estudo.

A unidade silto-arenosa é predominante na área, corresponde ao solo vermelho de textura silto-arenosa e matriz argilosa, oriundo da alteração dos sedimentos da Formação Adamantina (Prancha 02, foto 5). Caracteriza-se por topos extensos e aplainados, vertentes predominantemente convexas e ocorrem entre as cotas topográficas 560 a 700m.

A unidade arenosa, geologicamente, corresponde ao solo alaranjado correlato aos sedimentos da Formação Botucatu. Apresenta topos planos e extensos, vertentes côncavas a convexas, relevo suave e ocorrem predominantemente em cotas topográficas superiores a 670m. Vale ressaltar que essas duas primeiras unidades descritas representam a província geomorfológica do Planalto Ocidental.

A segunda província, Cuestas Basálticas, limita-se a área de ocorrência restrita e associada aos basaltos da Formação Serra Geral. Ocorre sob a forma de topos restritos e vertentes retilíneas. O relevo dissecado é responsável pelas declividades acima de 30% e amplitudes maiores que 120m (PEJON, 1987). Esta unidade pertence à província geomorfológica das Cuestas Basálticas.

3.2.1.4 Pedologia

Segundo Oliveira (1999) os solos que ocorrem na região de Araraquara – SP são predominantemente latossolos vermelhos (Prancha 02, foto 5), subordinados por latossolos vermelho amarelo (Prancha 02, foto 6) e localmente neossolos quartzarênicos.

A classe dos latossolos constitui o agrupamento de solos mais extensos do Estado de São Paulo e são, em geral, solos com boas propriedades físicas, e situados em relevo suave ondulado a plano com erodibilidade baixa. São constituídos de material mineral, apresentam horizonte B latossólico e boa drenagem interna.

Os neossolos quartzarênicos são, em geral, solos essencialmente areno-quartzosos e praticamente desprovidos de minerais primários intemperizáveis, que apresentam atividade coloidal muito baixa, além de baixa capacidade de retenção de nutrientes e água. Devido à baixa adesão e coesão apresentam elevada erodibilidade.

Em síntese, os solos que recobrem a área de estudo possuem elevada permeabilidade interna e baixa capacidade adsortiva, qualificados como pouco filtrantes. Tal característica permite afirmar que, apesar de serem solos espessos, eles apresentam grande sensibilidade ante aos materiais tóxicos neles eventualmente depositados.

3.2.1.5 Geologia local

Os dados geológicos aqui tratados referem-se à integração das informações obtidas nas três etapas de campo desenvolvidas. Essas informações encontram-se representadas nos Anexos 1 (mapa de documentação); 2 (descrição dos afloramentos); 3 (mapa geológico e seções geológicas E-W); 4 (mapa da superfície de tendência da profundidade do nível d'água).

A partir destas informações, apresentam-se a relação litoestratigráfica e as principais características de cada unidade mapeada. O Quadro 8 e as seções geológicas (A-B; C-D; E-F e G-H; Anexo 3) reúnem, respectivamente, a síntese das informações litoestratigráficas e a configuração do empilhamento estratigráfico da área de estudo.

COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA			
Grupos	Formações	Idade	Síntese Litológica
	Sedimentos	Quaternário	Sedimentos recentes de fundo de vale.
	Sedimentos Correlato à Formação Botucatu (*)	Cenozóico	Solo arenoso vermelho-amarelo correlato aos sedimentos da Formação Botucatu.
Grupo Bauru	Formação Adamantina	Cretáceo Superior	Solo silto-arenoso de matriz argilosa, vermelho, de alteração dos sedimentos da Formação Adamantina.
Grupo São Bento	Formação Serra Geral	Cretáceo Inferior/ Triássico Superior	Basalto cinza esverdeado, rosado a ocre, fraturas verticais a subverticais.
	Formação Botucatu	Cretáceo Inferior/ Triássico Superior	Arenito fino, silicificado, bem selecionado, com estratificações cruzadas e sistema intertrapiano. Solo arenoso autóctone de coloração alaranjado.

(*) unidade correlata, definida neste trabalho. Quadro 8–Síntese das informações litoestratigráficas da área de estudo.

Durante o desenvolvimento da pesquisa tornou-se necessário adotar critérios expedito de campo para diferenciar cada unidade geológica mapeada, com a finalidade de uniformizar e facilitar o trabalho de campo de outros profissionais.

Em campo, os diferentes materiais de cobertura foram analisados e reconhecidos por critérios que envolvem aspectos visuais macroscópicos, como coloração predominante e

estruturação do solo, e aspectos visuais de detalhe. Para os aspectos visuais de detalhe foram adotados os seguintes parâmetros: granulometria, arredondamento, esfericidade, cor, seleção, película ferruginosa nos grãos, composição mineralógica, matriz argilosa, intervalo topográfico e área de ocorrência (Quadro 9).

A seguir são descritas resumidamente as características geológicas das unidades mapeadas. Caso haja necessidade de consulta específica de cada ponto estudado, maiores detalhes podem ser encontrados no Anexo 02.

Tipos de Coberturas	Aspectos Visuais Macroscópicos		- Aspectos Visuais de Detalhe								Nível Topográfico e Extensão da Área de Ocorrência
	Coloração predominante	Estruturação no Solo	Granulometria	Arredondamento	Esfericidade	Cor dos Grãos	Seleção	Película Ferruginosa	Composição Mineralógica	Matriz Argilosa	
Solo de basalto da Fm Serra Geral	Vermelho a vermelho escuro, foto do ponto 19	Bem estruturado, em forma de prisma a migalhosa.	Muito fina a grossa com predominância fina	Angular subangular a	Subelongado a subesférico	Hialino, subordinado por avermelhado	Má seleção	Presente	Quartzo e abundante magnetita	Muito argilosa	490 a 630m. Restrita, predomina nos leitos das drenagens e topos de morros na porção oeste.
Solo autóctone da Fm Botucatu	Alaranjado fotos dos pontos 123 e 127	Não definida “friável”	Fina a muito fina	Arredondado a subarredondado	Esférico a subemisférico	Alaranjado, subordinado por hialino.	Boa seleção	Raramente presente	Quartzo, subordinado magnetita.	Pouca matriz, facilmente lavável.	490 a 600m. Localizada na porção SW e associada aos basaltos.
Solo correlato a Fm Botucatu	Amarelo a alaranjado, subordinado creme a cinza, fotos dos pontos 73, 109, 118.	Pouco desenvolvido	Muito fina a grossa com predominância fina a média	Predominantemente arredondado a subarredondado e subordinado por anguloso	Esférico a subesférico	Hialino a alaranjado	Moderada seleção	Presente	Quartzo, magnetita	Pouca matriz e facilmente lavável e erodido	665 a 762m. Ocorrem em toda porção leste e nordeste.
Solo Fm Adamantina	Vermelho a vermelho alaranjado, fotos dos pontos 12 e 36	Bem estruturado, em formas de prismas e blocos.	Fina a média	Angular subangular a	subesférico	Avermelhado a hialino	Moderada seleção	Presente	Quartzo, magnetita levemente polidas	Matriz argilosa variável, predominantemente moderada	560 a 700m. Abrangente, geralmente na base ocorre um nível de seixos e conglomerado quartzosos, marcando o contato com basalto.

Quadro 9 – Critérios expeditos de campo adotados para separação dos tipos coberturas da área de estudo.

a) Formação Botucatu

Os sedimentos arenosos alaranjados, aflorantes e de ocorrência restrita à porção SW da área de estudo (Anexo 3), podem ser interpretados como pertencentes à Formação Botucatu e/ou considerados como integrantes do sistema intertrapiano, juntamente com os basaltos e diabásios da Formação Serra Geral.

Em diversos afloramentos e em perfil de poços tubulares profundos são encontradas sucessivas intercalações métricas a decamétricas de contato abrupto entre o arenito e o basalto (Pranchas 01 e 02, fotos 3 e 4 e Seção Geológica G-H, Anexo 3). Para o escopo deste estudo, adotou-se que o arenito é pertencente à Formação Botucatu por apresentarem estruturas e características litológicas idênticas aos sedimentos que compõem esta formação. Todavia, as rochas intrusivas básicas representam a Formação Serra Geral.

Essa unidade litológica ocorre na base da coluna estratigráfica da área de estudo. Constitui-se por arenito de coloração alaranjada, amarelada a rosado, avermelhada, creme e raramente branca, consolidação friável, com fraturas que configuram formas de blocos, composto por quartzo hialinos e alaranjados, raras magnetitas, granulometria predominante fina, subordinada por grãos médios, subarredondados a arredondados, subesféricos, bem selecionado e raramente apresenta matriz argilosa. Geralmente apresenta laminação plano-paralela, marcada pela variação de coloração e estratificação cruzada de pequeno a grande porte (Prancha 03, foto 7).

O exame macroscópico das características dos grãos que compõem o solo de alteração da Formação Botucatu (Prancha 03, foto 8) mostrou correlação direta com a rocha sotoposta. As propriedades visuais são: solo arenoso de coloração vermelho alaranjado, composto por quartzo e raramente magnetita, granulometria muito fina a fina, pouco argiloso, subarredondado, bem selecionado, pouca matriz, facilmente lavável e não estruturado.

São encontrados níveis de fragmentos de rocha de dimensões centimétricas, compostos de arenito cimentado por óxido de ferro e basalto de coloração ocre, entretanto, possuem ocorrência geográfica restrita.

b) Formação Serra Geral

As rochas intrusivas básicas (*sills* e diques de basalto e diabásio) que compõem a Formação Serra Geral ocorrem preferencialmente na porção W da área de estudo (Anexo 3) e, em especial, afloram onde a dissecação do relevo é acentuada, resultando no padrão encachoeirado de algumas drenagens. As melhores exposições destas rochas encontram-se no leito dos Ribeirões Águas dos Paióis, das Cruzes, do Lajeado, do Ouro (Prancha 01, foto 2) e no Córrego do Laranjal (Prancha 01, foto 1).

Estas rochas são explotadas e empregadas para abastecimento do mercado regional de brita, que atende o segmento da construção civil e da pavimentação asfáltica. Os locais estudados geologicamente são: Parque Ambiental do Basalto (Antiga Pedreira Manoel Rodrigues); Pedreira Santo Antonio, Rodovia Vicinal Abílio Augusto Côrrea (Araraquara/Guarapiranga) e Pedreira Multi Pedras (Antiga Fazenda Americana) (Anexos 1 e 3).

As rochas estudadas caracterizam-se por apresentarem fraturas verticais a subverticais (maior persistência) e secundariamente por fraturas subhorizontais de alívio, que configuram disjunções colunares em forma de pilares euhedrais de dimensões métricas. Essas fraturas são: abertas, com espaçamento centimétrico, sem preenchimento e paredes levemente rugosas. Na Pedreira Multi-Pedras ocorrem amídalas (com quartzo, ametista, zeólitas, calcita e argilo minerais) e vesículas.

A rocha exibe coloração cinza esverdeada (Prancha 03, foto 9), rosada a ocre (horizonte pedológico C/R; Prancha 04, foto 10), granulação fina, localmente média (diabásio), estrutura compacta, textura afanérica e geralmente intenso padrão de acebolamento (Prancha 04, foto 11).

O solo desta Formação é caracterizado pela coloração vermelho a vermelho escuro, composto por quartzo hialino, transparente a avermelhado e magnetita, granulometria muito fina a grossa, fração fina predominante, angular a subangular, subelongado a subesférico, com fraturas que configuram formas prismas a ausência de estruturas, matriz argilosa, má seleção e películas de óxido de ferro nos grãos.

Estratigraficamente a Formação Serra Geral está sobreposta a Formação Botucatu (Pranchas 01 e 02, foto 3 e 4) e sotoposta a Formação Adamantina, ambas em contato abrupto. O contato litológico com a Formação Adamantina é marcado por um nível de fragmentos de rocha (Pranchas 04 e 05, foto 12 e 13), composto por seixos de quartzitos, arenito cimentado por óxido de ferro, nódulos de goethita de coloração preto a ocre e basalto alterado, todos envoltos por matriz argilo-arenosas (Prancha 05, foto 14).

O contato com a Formação Botucatu ocorre na forma de sucessivas camadas basalto/arenito, resultando no sistema intertrapiano (Prancha 02, foto 4). Entretanto, neste trabalho essas camadas foram consideradas individualmente.

c) Formação Adamantina

A Formação Adamantina corresponde ao conjunto litológico de maior superfície de ocorrência na área de estudo. Aproximadamente 70% do município de Araraquara encontram-se assentado nesta Formação (Prancha 05, foto 15).

Os documentos cartográficos, o Mapa Geológico e as Seções Geológicas (A-B; C-D; E-F) estão reunidos no Anexo 3. Exibem a distribuição espacial e o contexto litoestratigráfico desta Formação, cujas maiores espessuras (>42m) ocorrem na porção NW. Na região de Araraquara ocorre somente o solo residual da alteração dos sedimentos deste conjunto litológico, guardando algumas das características litológicas descritas por Soares et al.(1980).

As características principais do solo de alteração que compõem esta Formação, segundo o exame macroscópico do concentrado são: coloração vermelha a vermelha alaranjada, bem estruturado, com fraturas que configuram formas de blocos e prismas, textura silto-arenosa, composto de quartzo e subordinado por magnetita. Os grãos são avermelhados, subordinados por hialinos, granulometria fina a média, angulares a subangulares, subesféricos, moderadamente selecionado, matriz argilosa e localmente presença de *cutans* de argila. As magnetitas apresentam formas subangulares, levemente polidas, granulometria fina a média e compõem menos que 3% do total do solo.

A Formação Adamantina ocorre sobreposta a Formação Serra Geral e ao nível de fragmentos de rocha (Pranchas 04 e 05, fotos 12 e 13). O contato litológico superior é restrito e ocorre com solo correlato à Formação Botucatu.

d) Sedimento Correlato à Formação Botucatu

Os sedimentos que integram esse conjunto litológico foram individualizados por apresentarem características correspondentes aos sedimentos arenosos da Formação Botucatu, porém, estes também receberam contribuições de materiais de outras formações. Esta unidade geológica, definida nesta pesquisa, difere das configurações dos mapas geológicos existentes (MEAULO, 2003b).

O solo possui coloração amarelado a alaranjado (Prancha 06, foto 16), localmente creme e avermelhado, com fraturas que configuram formas de blocos e prismas, textura arenosa, pouca matriz e facilmente lavável.

O exame macroscópico do concentrado de solo mostrou as seguintes características: quartzo e magnetita, grãos alaranjado e hialino (subordinado), granulometria muito fina a média, com predominância da fração fina, arredondada a bem arredondada, esférica, moderada seleção. A magnetita é arredondada e demonstra claramente ser retrabalhada.

Restrito ao bairro Jd. das Hortências ocorre solo arenoso cinza a cinza escuro, rico em matéria orgânica. Neste local, ao longo da via férrea, ocorre uma área invadida (antiga Fepasa) que abriga várias famílias. Essa população está desprovida de infra-estrutura básica, tal como abastecimento público de água e saneamento. A fim de suprir a ausência dessas infra-estruturas, foram construídos poços escavados e fossas sépticas sem qualquer tipo de revestimento, resultando em risco potencial de poluição dos recursos hídricos subterrâneos (Prancha 06, foto 17).

Cumprе ressaltar que os sedimentos correlatos à Formação Botucatu requerem a implantação de medidas e ações que asseguram a implantação de atividades potencialmente não poluidoras, referente ao vetor de crescimento do município, no tocante ao planejamento do uso e ocupação do solo e da água, pois são áreas naturalmente sensíveis e estão associadas as principais fontes de abastecimento de água superficial (cabeceiras de drenagens) do município de Araraquara (SP).

O contato litológico entre a Formação Adamantina e o sedimento correlato à Formação Botucatu é representado por quebra do relevo, mudança na coloração do solo dos horizontes pedológicos e ocorre geralmente em relevos com altitudes superiores a 665m na porção NE e Leste da área de estudo.

e) Sedimentos Quaternários

Segundo Gonçalves (1986) os Sedimentos Cenozóicos encontrados na região de São Carlos (SP) são originados a partir do retrabalhamento dos materiais do Grupo Bauru e das formações Serra Geral e Botucatu. Em função da escassez regional de pesquisas que enfocam estes sedimentos Quaternários e baseado na similaridade do contexto geológico, adotou-se o estudo daquele autor como referência para o entendimento desses depósitos recentes.

Os sedimentos são pobres em estruturas e conteúdo fossilífero e, apresentam porosidade e permeabilidade elevadas, granulometria de areia, ausência de matriz, sendo encontrados na forma de depósitos que ocupam várzeas e também algumas encostas. Estes depósitos estão preferencialmente associados as áreas de inundação dos rios de maior porte, como Ribeirão do Ouro, Ribeirão das Cruzes e Ribeirão do Lajeado.

3.2.1.6 - Geologia Estrutural

A pesquisa do meio físico sobre o ponto de vista da geologia estrutural na área de estudo é insuficiente para o entendimento pleno das estruturas geológicas de superfície e subsuperfície. Entretanto, alguns autores afirmam que a área de estudo apresenta baixa complexidade de estruturas. Nesta pesquisa, ainda que preliminarmente, foram identificadas falhas normais em subsuperfície (Seção Geológica C-D, Anexo 3). Algumas evidências físicas permitem inferir interpretações tectônicas, caracterizadas a partir das trajetórias retilíneas dos cursos d'água e das informações estratigráficas oriundas dos poços tubulares de captação de água subterrânea.

O padrão retilíneo das drenagens orientadas com direções NE-SW e N-S são correlacionáveis aos alinhamentos estruturais regionais estudados por Soares et al (1973). Com a finalidade de comprovar essa correlação foram levantadas em campo descontinuidades (juntas) estruturais em afloramentos de basalto da Formação Serra Geral. Os pontos específicos de estudo localizam-se nos extremos da área, denominados de Pedreiras Santo Antonio, Multipedras e Parque Ambiental do Basalto (Anexos 1 e 3). A distribuição geográfica dos pontos estudados permitiu o entendimento regional do comportamento e inter-relacionamento das rochas vulcânicas com os sedimentos das formações sedimentares.

Os resultados desses levantamentos das feições estruturais subsidiaram a elaboração de estereogramas e contribuíram para classificar a Formação Serra Geral quanto à vulnerabilidade natural. Os estereogramas foram construídos a partir do diagrama de “Schmidt-Lambert”, com projeção no hemisfério inferior. Os estereogramas da Figura 17 apresentam direções predominantes NE-SW e N-S com mergulhos subverticais nos quadrantes SSE-NW.

Interpretando esses resultados sob o ponto de vista geoambiental, pode-se dizer que as feições estruturais subverticais, abertas e sem preenchimento são condutos preferenciais de percolação de fluídos. Neste caso, recomenda-se disciplinar a ocupação das áreas de afloramento da Formação Serra Geral por atividades de baixo potencial poluidor, sob pena de catalisar a poluição dos sistemas aquíferos Serra Geral e Botucatu.

No SE da área de estudo (Pq das Hortências) foi possível comprovar a existência (em subsuperfície) de uma descontinuidade, tipo falha normal. O reconhecimento dessa estrutura deu-se a partir das informações de poços tubulares perfurados naquela região. Provavelmente a falha reconhecida seja responsável pelo soerguimento do bloco A a cotas altimétricas superiores a 700m, resultando no afloramento dos sedimentos correlatos à Formação Botucatu (Mapa e Seção Geológica C-D, Anexo 3). A representação gráfica desse falhamento está representada na Seção Geológica C-D e no Mapa Geológico (Anexo 3).

Cronologicamente estes falhamentos são, datados de forma relativa, pós-sedimentação da Formação Adamantina e pré-sedimentação da unidade geológica correlata à Formação Botucatu. Este fato se comprova pelas diferenças das características apresentadas pelo material denominado de solo correlato à Formação Botucatu (Quadro 9) cujo material exhibe

propriedades e/ou influência de outros sedimentos (grãos e minerais) que afloram na área de estudo (MEAULO, 2003b).

Quanto à vulnerabilidade natural à poluição e o uso e ocupação do solo nesta área, devem ser adotados cuidados especiais no manejo, pois são áreas que correspondem a cabeceiras de drenagens e possuem estruturas tectônicas antigas que podem ser vetores da migração de fluídos para subsuperfície.

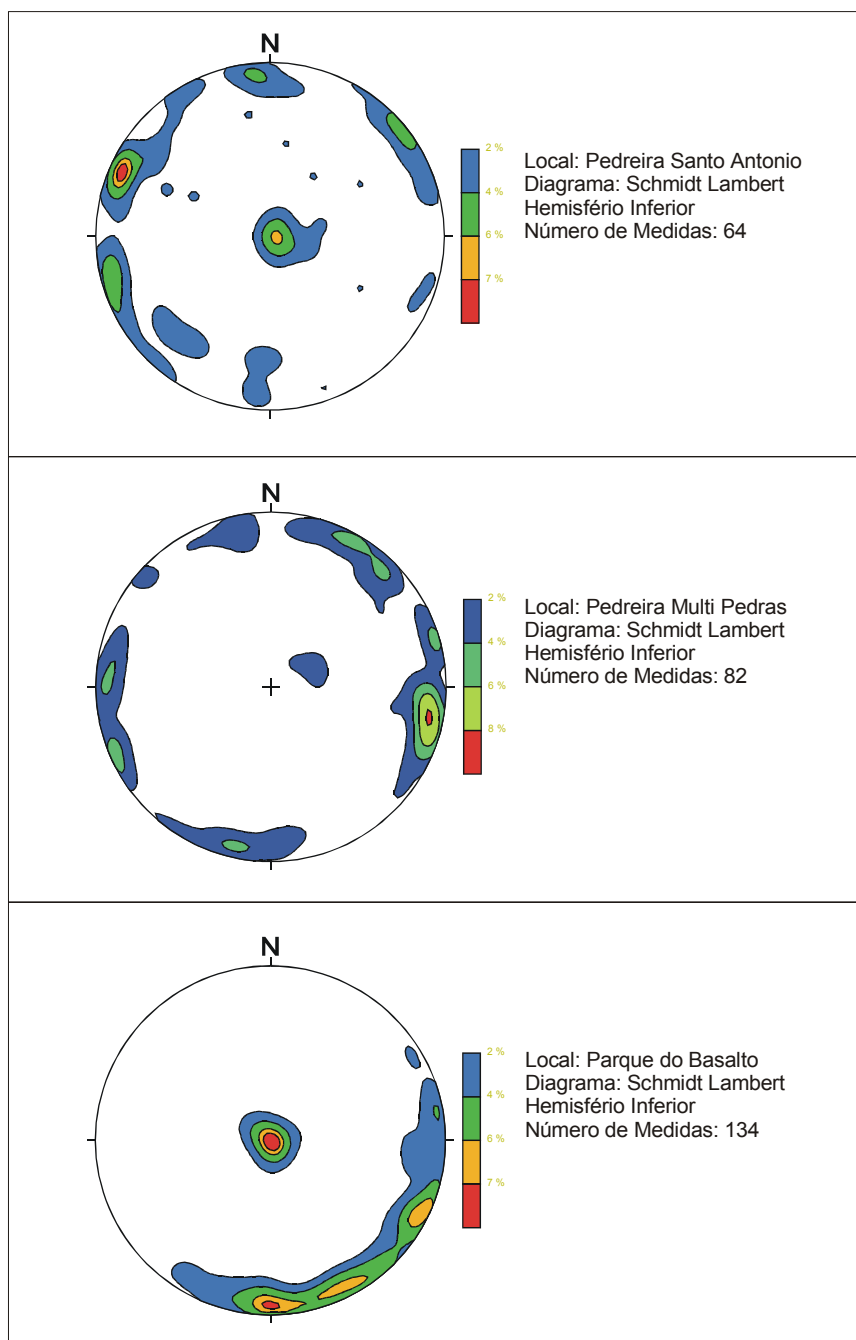


Figura 17 - Estereogramas das direções preferenciais das fraturas da Formação Serra Geral.

PRANCHA 01 - fotos 01, 02 e 03



Foto 01
Leito do Córrego do Laranjal levemente encachoeirado sobre o basalto da Formação Serra Geral.



Foto 02
Leito do Ribeirão do Ouro sobre o basalto fraturado da Formação Serra Geral



Foto 03
Contato litológico entre o basalto (topo) e o arenito silicificado (base).
Feição do sistema intertrapiano.

PRANCHA 02 - fotos 04, 05 e 06



Foto 04
Contato litológico entre o sill de basalto (topo) e o arenito silicificado (base). Feição do sistema intertrapiano.



Foto 05
Perfil de solo residual da alteração dos sedimentos silto-arenosos da Formação Adamantina. Latossolo vermelho.



Foto 06
Perfil de solo autóctone da alteração dos sedimentos da Formação Botucatu. Latossolo vermelho amarelo.

PRANCHA 03 - fotos 07, 08 e 09

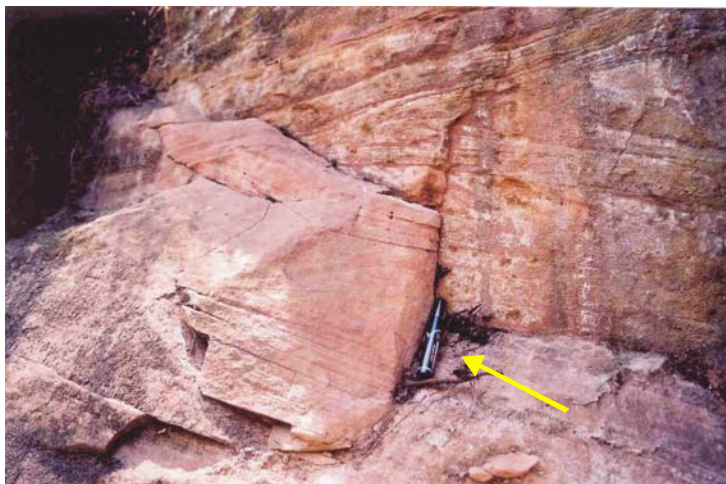


Foto 07
Arenito da Formação Botucatu, exibindo estratificações cruzadas. Integra o sistema intertrapiano.



Foto 08
Solo de alteração autóctone da Formação Botucatu. A porção basal mostra a rocha sã (arenito).



Foto 09
Afloramento de basalto de coloração cinza esverdeado e intensamente fraturado.

PRANCHA 04 - fotos 10, 11 e 12



Foto 10
Afloramento de basalto de coloração ocre, parcialmente alterado e intensamente fraturado.



Foto 11
Detalhe do afloramento de basalto de coloração cinza esverdeado, parcialmente alterado e intensamente fraturado.



Foto 12
Perfil de solo e saprolito, da base para o topo: basalto saprolítico de coloração ocre amarelada em contato abrupto com nível de fragmentos de rocha e solo de alteração dos sedimentos da Formação Adamantina.

PRANCHA 05 - fotos 13, 14 e 15

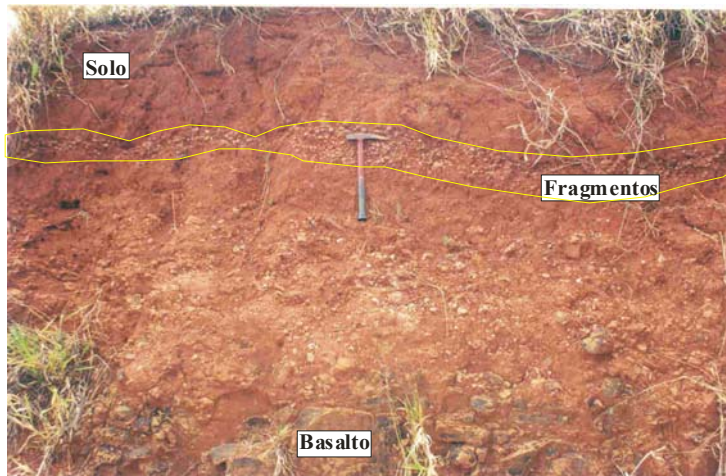


Foto 13
Perfil de solo e saprolito, da base para o topo: blocos de basalto saprolítico de coloração ocre amarelada em contato abrupto com nível de fragmentos de rocha e solo de alteração dos sedimentos da Formação Adamantina.



Foto 14
Detalhe do nível de fragmentos de rocha, compostos por quartzitos e basaltos alterados.



Foto 15
Vista parcial da cidade de Araraquara-SP assentada sobre o solo de alteração da Formação Adamantina.

PRANCHA 06 - fotos 16 e 17



Foto 16
Sedimentos inconsolidados
correlatos aos sedimentos
arenosos da Formação Botucatu.



Foto 17
Sedimento cinza escuro
(rico em matéria orgânica)
correlacionavel com os
sedimentos arenosos da
Formação Botucatu. Modelo
construtivo de poço escavado
sem revestimento, facilitando
os processos de poluição.

4.2.1.7 Hidrogeologia local

O contexto hidrogeológico da área de estudo está inserido na Bacia Sedimentar do Paraná, que abrange uma área de ocorrência de dimensões continentais, conforme descrito no item 3.1.4.2 (Hidrogeologia regional).

A hidrogeologia da Bacia do Paraná é complexa e formada por sete sistemas aquíferos principais. Buscando-se contemplar o objetivo do tópico, foram abordadas informações dos seguintes aquíferos: Guarani (Botucatu/Pirambóia); Serra Geral; Bauru e, localmente, o aquífero livre denominado de Cobertura Cenozóica. O Quadro 10 sintetiza as principais propriedades relevantes para o entendimento da vulnerabilidade natural das unidades aquíferas.

Aquífero	Característica do aquífero	Unidade geológica	Hidráulica Regional do Aquífero (CETESB, 1998).			Número de Poços Tubulares *	Análise de correlação: P/Q ** Profundidade/vazão
			Capacidade Específica m ³ /h/m	Permeab. Aparente m/d	Coef. Armaz.		
Cobertura Cenozóica	Granular livre	Sedimentos arenosos correlatos à Formação Botucatu	0,1 a 50	-	-	-	-
Bauru	Granular livre	Formação Adamantina, solo silto-arenoso avermelhado.	0,5 a 1,0	0,1 a 0,3	0,0001 a 0,01	14	R= -0.4159
Serra Geral	Fissurado, confinado a eventual livre.	Formação Serra Geral, basalto toleítico fraturado, cinza esverdeado, intercalações de arenito intertrapiano.	0,01 a 10	-	-	28	R= 0,8931
Guarani	Livre a confinado	Formação Botucatu, arenito muito fino a fino, alaranjado, com estratificações cruzadas.	0,03 a 17	0,2 a 4	0,001 a 0,2	48	R= 0,6711

(*) total de 90 poços; (**) melhor correlação tende a 1

Quadro 10 – Síntese das unidades aquíferas da área de estudo.

O aquífero Guarani é intensamente explorado com total de 48 poços tubulares devidamente cadastrados. Entretanto, estima-se que o número de captações da água subterrânea seja maior, não refletindo a realidade atual. Os fatores que levam a exploração dessa unidade são: estratigrafia favorável para atingir o aquífero (profundidade rasa), excelente qualidade da água, baixo custo operacional (relativo, quando comparado com outras áreas), entre outros.

A unidade aquífera caracteriza-se pela extensão regional, granular, livre a confinado, homogêneo e contínuo. Constitui-se por arenitos eólicos avermelhados de granulometria fina à média, boa seleção, com estratificação cruzada de médio a grande porte que resultam em boa permeabilidade e porosidade.

A área de afloramento é de 23 Km² e espessura variada, desde poucos metros até 400 metros de profundidade. Geologicamente neste sistema aquífero ocorrem intercalações métricas a decamétricas das rochas da Formação Serra Geral, configurando o sistema geológico intertrapiano.

Hidraulicamente o comportamento do aquífero mostra vazão média entre 10 a 300 m³/h. A análise de correlação da profundidade e a vazão dos poços tubulares mostram valores de $R = 0,6711$. Os dados locais de vazão analisados apontam valores de 4.8 a 350 m³/h. A Figura 18 ilustra graficamente o descrito.

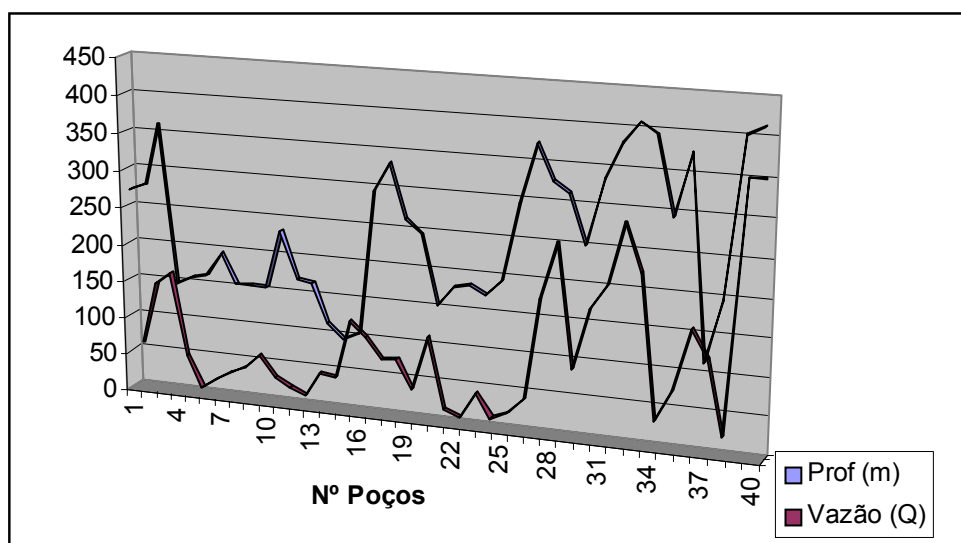


Figura 18 – Gráfico de correlação da profundidade de 38 poços tubulares e a vazão para o Aquífero Guarani ($R = 0,6711$).

O aquífero Serra Geral caracteriza-se por apresentar fissuramento de caráter eventual (intensidade de fraturas em profundidade), livre a semiconfinado, descontínuo, heterogêneo.

A litologia que compõe esta unidade aquífera é constituída por rochas vulcânicas toleíticas dispostas em sucessivos derrames basálticos de coloração cinza esverdeada a negra, textura afanítica com intercalações métricas de arenitos, denominada de Formação Serra Geral. A área de afloramento é restrita a 20 Km² e a espessura é extremamente variada, devido à geometria e a forma de ocorrência (sills e diques). A extensão em subsuperfície é de caráter regional e as profundidades dos poços tubulares variam entre 10 e 340m. As características hidráulicas (principalmente a vazão) possuem forte correlação ($R= 0,8931$) com a profundidade dos poços. Os dados de vazão analisados assinalam valores de 0.22 a 202 m³/h. A Figura 19 ilustra graficamente o descrito.

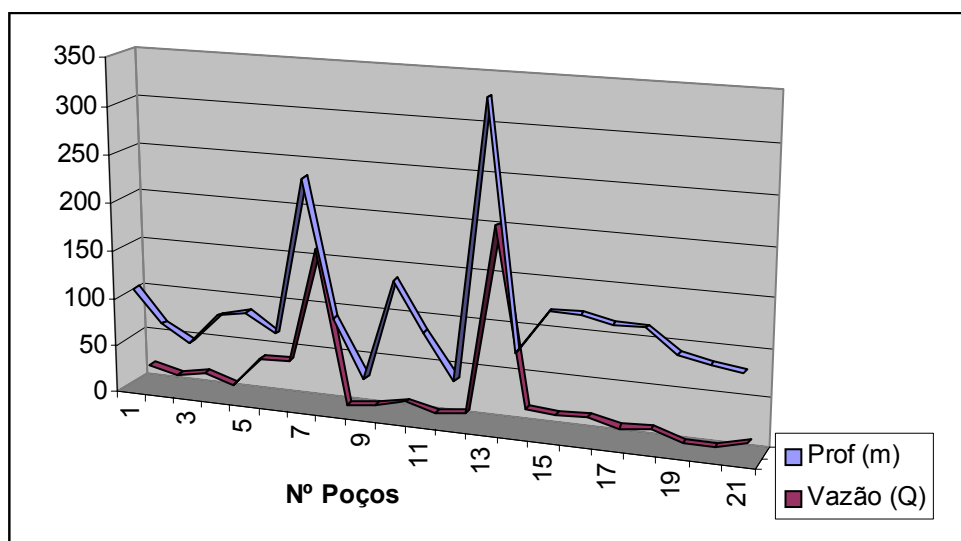


Figura 19 – Gráfico de correlação da profundidade de 19 poços tubulares e a vazão para o Aquífero Serra Geral ($R= 0,8931$).

Conforme já mencionado (item 3.1.4.2), nesta pesquisa não se adotou nenhum tipo de metodologia clássica de avaliação da vulnerabilidade natural à poluição do Aquífero Serra Geral. Os critérios adotados para o entendimento da vulnerabilidade natural da área de afloramento das rochas da Formação Serra Geral foram: caracterização do comportamento do maciço sobre o ponto de vista geológico-geotécnico e hidrogeológico e a relação do maciço rochoso com as rochas sedimentares sobrepostas e sotopostas. Vale enfatizar a importância e

a necessidade do desenvolvimento de uma metodologia específica para a avaliação da vulnerabilidade natural para sistemas aquíferos fissurados, apoiado no conceito de Foster et al (2002).

As características hidrogeológicas do aquífero Bauru são: extensão regional, tipo granular, livre a semiconfinado, descontínuo, heterogêneo. É constituída por solo silto-arenoso de coloração avermelhada, matriz argilosa (Formação Adamantina) e geralmente ocorre sobreposta a Formação Serra Geral.

A área de afloramento perfaz 102 Km² correspondendo a segunda em extensão territorial. Os dados de vazão possuem baixa correlação ($R = -0,4159$) com a profundidade dos poços. Os valores locais de vazão variam entre 0.88 a 5 m³/h, entretanto esses valores podem atingir 17.5 m³/h nas áreas próximas as drenagens. A Figura 20 ilustra graficamente o descrito.

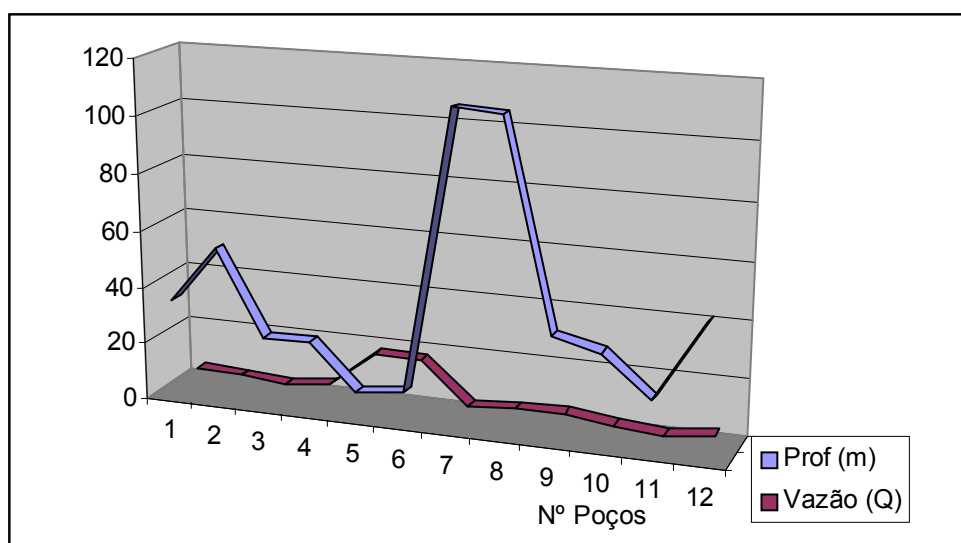


Figura 20 – Gráfico de correlação da profundidade de 12 poços tubulares e a vazão para o Aquífero Bauru ($R = -0,4159$).

As Coberturas Cenozóicas assentam-se nas demais formações geológicas (Botucatu, Serra Geral e sedimentos do Grupo Bauru). São constituídas por arenitos de granulometria variável, argilas e níveis de cascalhos que, geralmente, marcam a base do contato geológico. As características hidrogeológicas são: extensão limitada, eventual, granular livre, descontínuo, heterogêneo e anisotrópico.

Essa unidade hidrogeológica é aflora em 124 Km² na área de estudo, com espessura de sedimento irregular e profundidade dos poços variando entre 10 a 30m. Por se tratar de um aquífero livre a variação pluviométrica sazonal exerce forte influência na abundância da disponibilidade hídrica. Fato que pode ser comprovado através dos relatos, em campo, junto à comunidade rural sobre a escassez do recurso hídrico no período de seca.

3.2.2 Levantamento das fontes potencialmente poluidoras

A avaliação dos riscos à poluição de aquíferos pode ser efetuada considerando-se a interação entre fonte/carga contaminante (específico) em superfície e a vulnerabilidade natural do aquífero. A Figura 21 apresentada o esquema conceitual da avaliação do risco à poluição dos recursos hídricos.

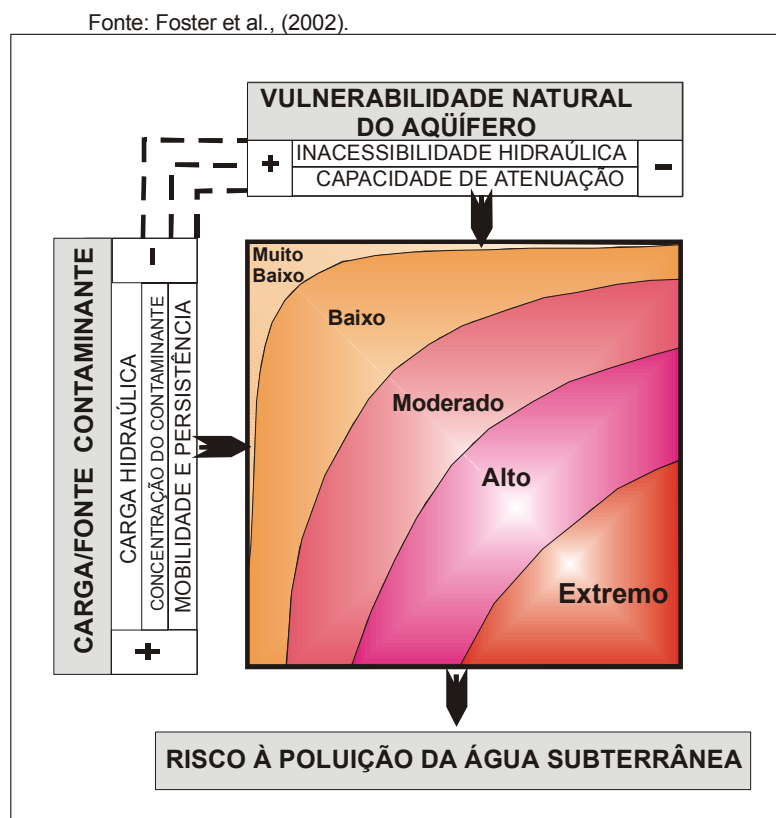


Figura 21 - Esquema conceitual para a avaliação do risco de poluição dos recursos hídricos subterrâneos

Em virtude dos inúmeros fatores que regem a migração dos poluentes nos sistemas hídricos, sugere-se tratar cada atividade potencialmente poluidora de forma individual, e avaliar o risco à poluição na escala do empreendimento (FOSTER et al, 1987).

Segundo Cetesb (2003) o problema atual das áreas contaminadas no Estado de São Paulo está associada ao grande desenvolvimento urbano e industrial ocorrido na segunda metade do Século XX. Conceitualmente, uma área contaminada pode ser definida como:

Local onde há comprovadamente poluição ou contaminação, causadas pela introdução de substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados, de forma planejada ou acidental. Nessa área, os poluentes ou contaminantes podem concentrar-se no ar, nas águas superficiais, no solo, nos sedimentos, ou nas águas subterrâneas. Os poluentes ou contaminantes podem ainda ser transportados a partir desses meios, propagando-se por diferentes vias, como por exemplo o ar, o próprio solo, as águas subterrâneas e superficiais, alterando suas características naturais ou qualidades e determinando impactos negativos e/ou riscos sobre os bens a proteger, localizados na própria área ou em seus arredores (CETESB, 2003).

Os estudos de caracterização de áreas contaminadas no Estado de São Paulo assinalam um substancial incremento no número de área com propostas de remediação ou com remediação em andamento. A partir dos dados históricos da Cetesb (2003) no ano de 2002 foram efetuadas 145 remediações de áreas contaminadas, enquanto em 2003, esse número foi de 312 áreas. Os Quadros 11 e 12 exibem os dados das áreas contaminadas no Estado e a Figura 22 apresenta os gráficos do tipo setor para a distribuição por atividade das principais fontes potenciais à poluição nos anos de 2002 e 2003.

Fonte: Cetesb (2003)

Região/Atividade	Comercial	Industrial	Disposição resíduos	Postos de combustível	Outros	Total
São Paulo	3	9	3	65	1	81
RMSP - outros	1	23	5	48	2	79
Interior	2	39	1	14	3	59
Litoral	1	11	3	6	0	21
Vale do Paraíba	0	12	0	3	0	15
Total	7	94	12	136	6	255

Quadro 11 – Áreas contaminadas no Estado de São Paulo, situação em 2002.

Fonte: Cetesb (2003)

Região/Atividade	Comercial	Industrial	Disposição resíduos	Postos de combustível	Outros	Total
São Paulo	19	28	14	250	1	314
RMSP - outros	7	45	10	103	2	167
Interior	20	56	15	63	6	160
Litoral	1	19	11	44	4	79
Vale do Paraíba	1	14	0	4	0	17
Total	48	162	50	464	13	737

Quadro 12 – Áreas contaminadas no Estado de São Paulo, situação em 2003.

Fonte: Cetesb (2003)

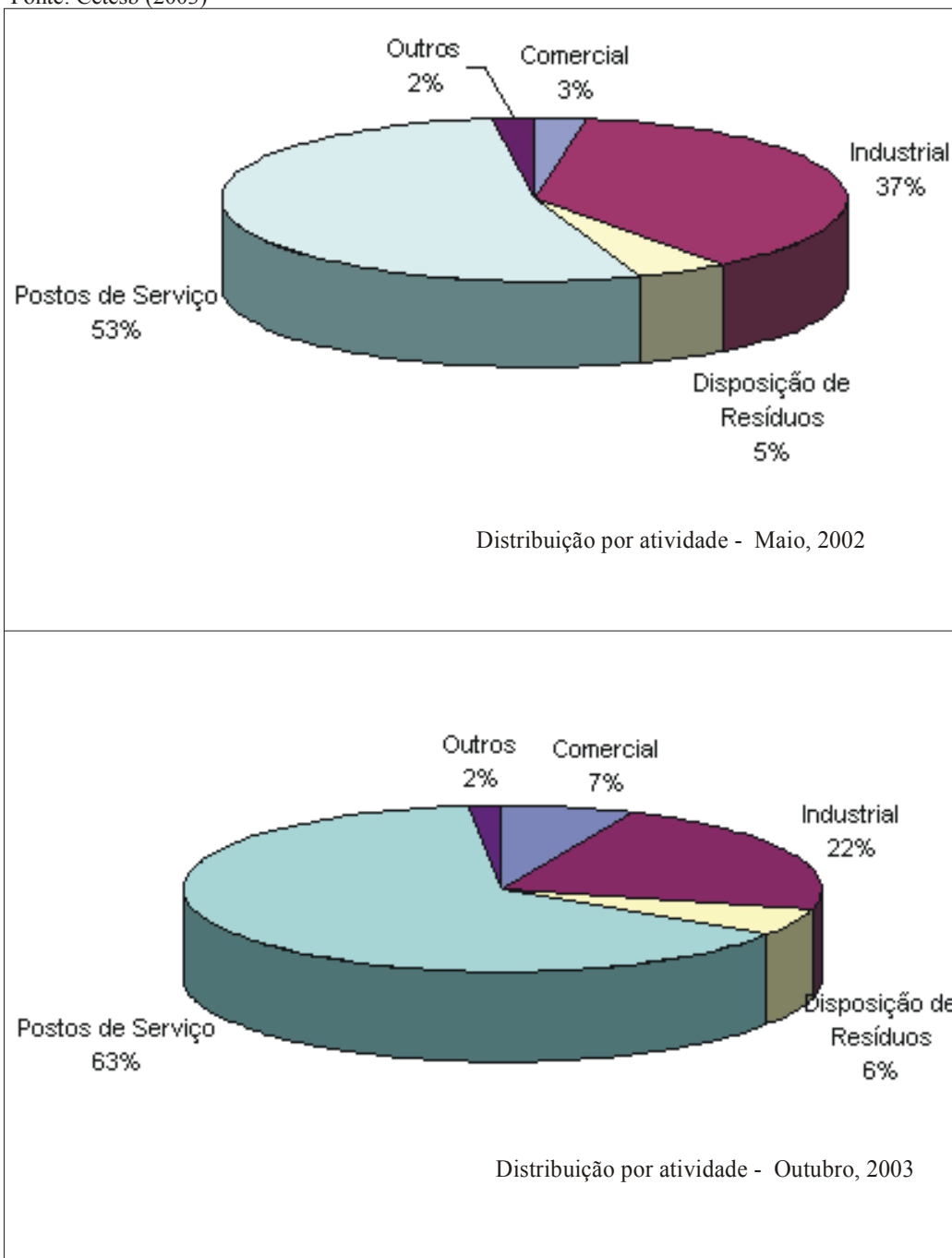


Figura 22 - Distribuição por atividade das principais fontes potenciais à poluição nos anos de 2002 e 2003

A análise temporal das áreas contaminadas no Interior do Estado, permite observar um crescimento acentuado das atividades potencialmente poluidoras, tais como: atividades comerciais, disposição de resíduos e postos de serviços.

Na área de estudo e buscando-se cumprir o escopo do trabalho foram levantados empreendimentos que possuem fontes potenciais à poluição dos recursos hídricos locados na área urbana do município de Araraquara – SP. O Quadro 13 demonstra a localização georreferenciada das fontes. A espacialização esquemática dessas fontes potenciais encontra-se na Figura 23. O resultado quantitativo do cadastramento das fontes potenciais permitiu identificar 67 postos de serviços; 4 cemitérios; 1 indústria e 1 Aterro Controlado Municipal. Essas fontes estão apresentadas no mapa de vulnerabilidade natural a poluição do aquífero livre (Anexo 5).

Quadro 13 - Cadastro das fontes potenciais à poluição da área de estudo

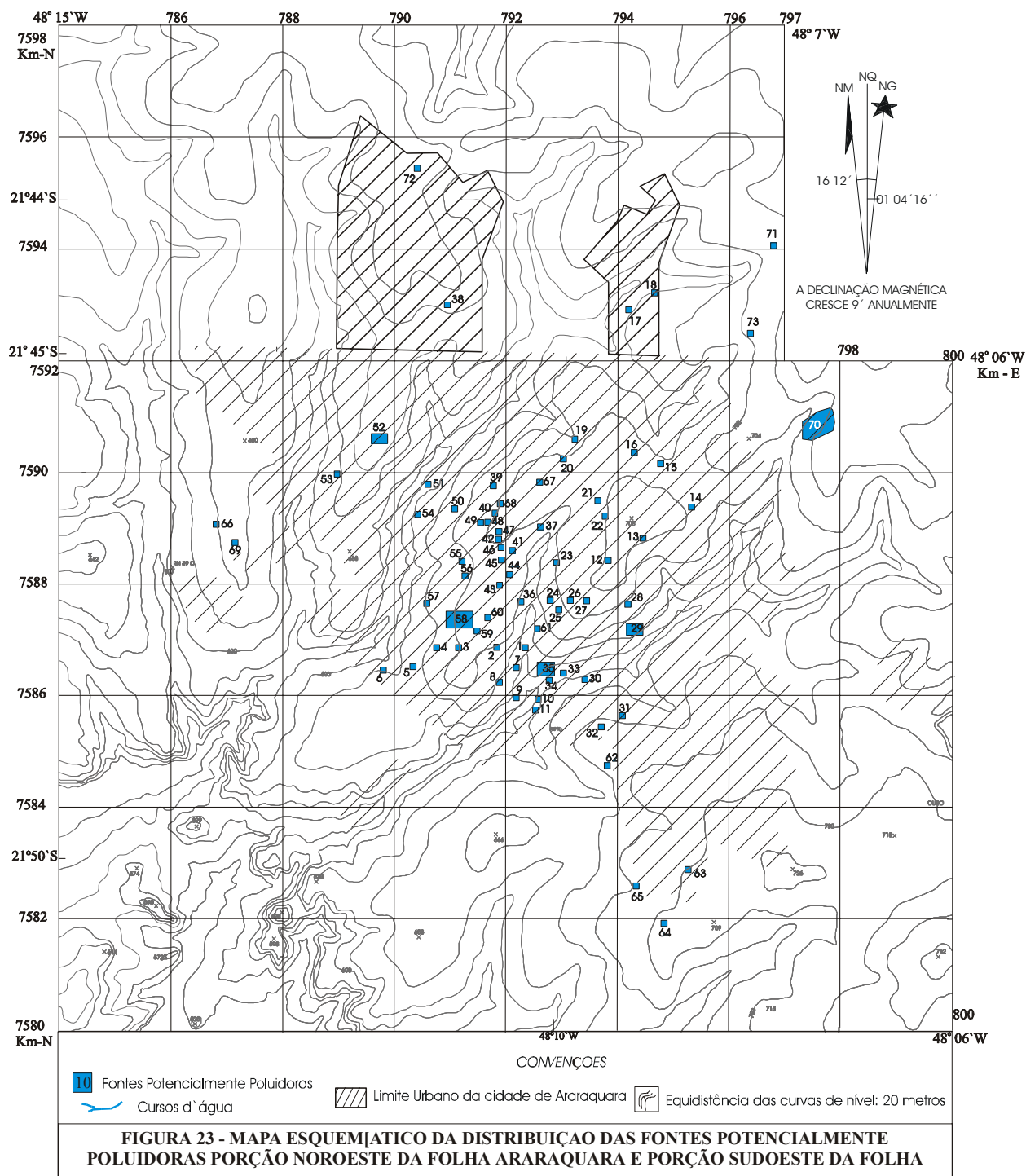
pontos	Coordenadas			Nome do Empreendimento
	Km E	Km N	Cota m	
1	792,2	7586,8	630	Auto Posto Marques
2	791,8	7586,8	634	Auto Posto 7 de Setembro
3	791,1	7586,6	659	Auto Posto Fênix
4	790,8	7586,5	666	Auto Posto Presidente
5	790,4	7586,4	644	Auto Posto Fedato
6	789,7	7586,2	637	Auto Posto Comper
7	792,2	7586,3	624	Auto Posto Via Expressa
8	791,9	7586,1	635	Auto Posto Petro Fort
9	792,2	7585,9	614	Auto Posto Total (expressa)
10	792,3	7585,9	614	Auto Posto Tropical
11	792,3	7585,8	617	Champion Posto
12	793,9	7588,4	709	Posto Pinheirinho
13	794,5	7588,8	703	Auto Posto Bremen 134
14	795,3	7589,2	702	Auto Posto Vaz Filho
15	794,7	7590,1	687	Posto Sauro
16	794,3	7590,5	687	Arnosti Transporte de Combustíveis
17	794,2	7592,9	663	Auto Posto Cabbau
18	794,6	7593,1	673	Posto Selmi Dei
19	793,3	7590,6	682	Auto Posto Rede Prestes
20	793,1	7590,1	695	Auto Posto Rede Sete
21	793,7	7589,4	703	Posto Alameda
22	793,7	7589,1	715	Auto Posto Caravan
23	793,0	7588,2	699	Posto da Vila
24	792,9	7587,6	684	Posto SOS
25	793,0	7587,5	682	Posto Santo Antonio
26	793,2	7587,5	687	Posto San Marino
27	793,4	7587,5	690	Auto Posto Modelo
28	794,1	7587,5	677	Auto Posto Vila Sol
29	794,0	7587,1	655	Cemitério Parque da Ressurreição

(Continua Pág 90)

(Continuação)

pontos	Coordenadas			Nome do Empreendimento
	Km E	Km N	Cota m	
30	793,5	7586,1	645	Auto Posto Trevo
31	794,1	7585,5	665	Auto Posto Martinez
32	793,7	7585,4	670	Auto Posto Padre Anchieta
33	793,0	7586,2	640	Posto Padre Anchieta
34	792,7	7586,2	627	Auto Posto Melhado
35	792,6	7586,3	620	Sucocitríco Cutrale S A.
36	792,3	7587,7	640	Posto Dallas
37	792,7	7589,0	662	Posto Pirâmides
38	791,0	7592,9	686	Auto Posto Flora
39	791,7	7589,8	660	Auto Posto Faveral
40	791,7	7589,0	690	Posto da Fonte
41	792,0	7588,3	674	Auto Posto Líder
42	791,8	7588,4	672	Posto do Parque
43	791,9	7587,9	679	Posto Aspen
44	791,9	7588,0	679	Auto Posto Petro Sol
45	791,9	7588,2	681	Auto Posto Petro Sul
46	791,8	7588,4	678	Posto Caminho da Fonte
47	791,8	7588,6	684	Posto Primavera
48	791,6	7588,9	688	Posto Girassol
49	791,5	7588,9	684	Auto Posto 36
50	791,1	7588,8	676	Posto 36
51	790,6	7589,8	651	Auto Posto Faveral II
52	789,8	7590,5	660	Cemitério dos Britos
53	788,8	7589,8	655	Auto Posto Vale do Sol
54	790,4	7588,6	635	Auto Posto Balão da 36
55	791,2	7588,2	656	Posto Vila Rica
56	791,3	7588,0	668	Auto Posto Itália
57	790,6	7587,6	665	Posto 14
58	791,0 791,1 791,4	7587,3 7587,0 7587,0	660 664 667	Cemitério São Bento
59	791,4	7587,0	671	Posto do Costa
60	791,5	7587,3	673	Auto Posto Hora Extra
61	792,4	7587,1	660	Posto Jóia
62	793,8	7584,6	654	Posto Rolex
63	795,2	7582,9	692	Auto Posto Paraíso
64	794,7	7581,9	714	Posto Bambina
65	794,2	7582,6	692	Auto Posto Morada do Sol
66	786,7	7589,0	650	Auto Posto Tati
67	792,6	7589,7	701	Companhia Troleibus Araraquara
68	791,8	7589,2	703	Fonte Distribuidora Combustíveis
69	786,9	7588,6	659	Posto Pau Seco
70	797,8	7590,7	732	Aterro Controlado Municipal
71	796,8	7594,0	702	Distr Combustível Petrobrás, Desativada.
72	790,3	7595,4	706	Cemitério Parque dos Lírios
73	796,4	7592,3	700	Posto Podium

Quadro 13 - Cadastro das fontes potenciais à poluição da área de estudo



3.3 Trabalho Laboratorial

Atualmente existem inúmeras técnicas e métodos de análise para identificação mineralógica, química de solos e de detecção de substâncias poluentes. Entretanto na maioria das ferramentas tecnológicas o custo operacional das análises pode inviabilizar o desenvolvimento de investigações geológicas quantitativas.

A proposta desta Dissertação foi de aplicar as análises difratométricas para quantificar as propriedades químicas e estruturais dos diferentes tipos de solo e utilizar os resultados obtidos para hierarquizar a capacidade de atenuação dos materiais, com a finalidade de refinar o entendimento da vulnerabilidade natural dos solos da área de estudo.

As análises de difração de raios-X são amplamente difundidas em estudos de caracterização cerâmica para a determinação da mineralogia, química e transformações mineralógicas. As razões pelas quais o setor cerâmico utiliza a difratometria podem estar associadas ao baixo custo operacional, facilidade de interpretação dos dados e simplicidade da rotina operacional.

O princípio do método é de quantificar relativamente à capacidade de atenuação de fluidos e identificar a mineralogia de rochas e solos, através de fluxos de feixes de elétrons que mensuram as distâncias intersticiais (entre as camadas) das estruturas químicas dos minerais. Esse método de distâncias intersticiais pode ser interpretado como a capacidade de retenção de fluidos de um determinado material, ante aos poluentes. Portanto o método mostrou-se eficaz para inferir a vulnerabilidade química dos solos.

A utilização de análises difratométricas dos materiais coletados e analisados possibilitou caracterizar geológica e quimicamente a zona não saturada. O Quadro 14 apresenta uma síntese das análises de difração de raios – X e a Figura 24 ilustra o espectro de leitura de cada unidade geológica analisada. Cumpre observar que a capacidade de atenuação decresce dos sedimentos correlatos à Formação Botucatu (3) para a Formação Adamantina (1).

Unidade geológica	Mineralogia	Capacidade de atenuação relativa
Formação Botucatu	quartzo; caolinita; goethita; hematita (magnetita).	Grau intermediário de cristalinidade e capacidade de atenuação de fluídos.
Formação Adamantina	Quartzo; hematita (magnetita); caolinita e gibsita.	Menor grau de cristalinidade e maior capacidade de atenuação de fluídos.
Sedimento correlato à Formação Botucatu	Quartzo, hematita (magnetita), caolinita, gibsita e montmorilonita.	Menor capacidade de retenção e maior grau de cristalinidade.

Quadro 14 – Síntese descritiva das análises de difração de raios-X.

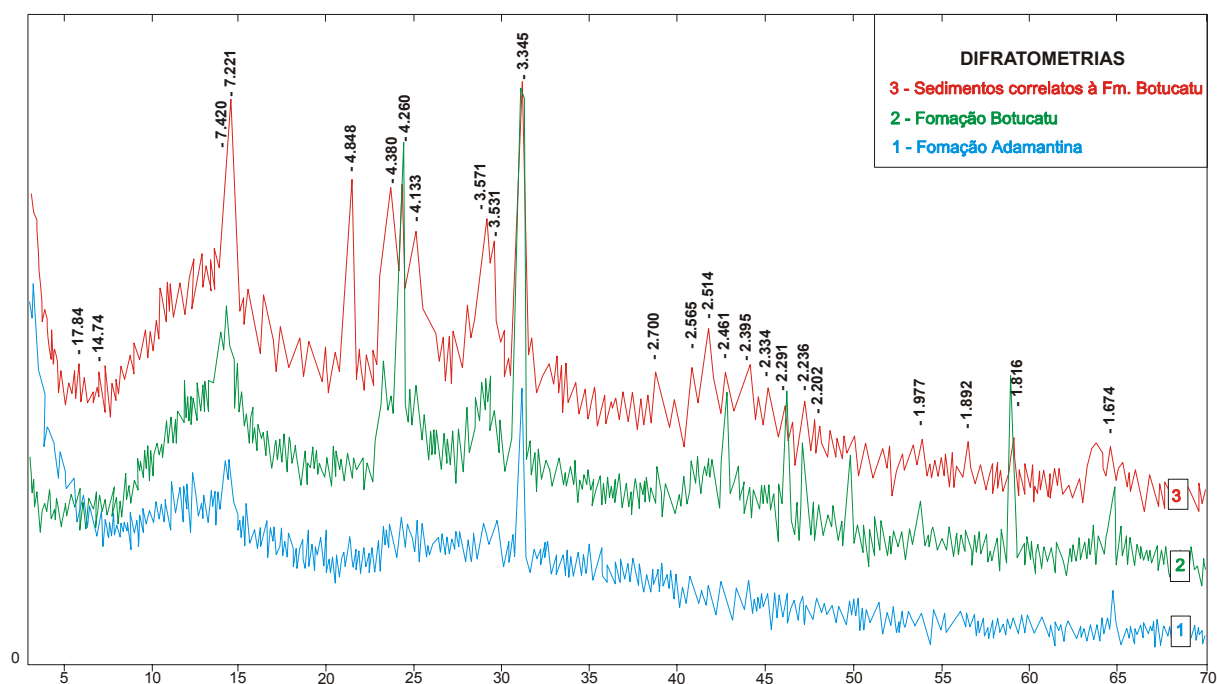


Figura 24 - Representação dos difratogramas das unidades geológicas.

3.3 Integração dos Dados e Análises dos Resultados

Com a finalidade de facilitar o processo de reunião e análise dos dados levantados para o desenvolvimento da presente pesquisa foram estabelecidas três principais etapas de trabalho (revisão bibliográfica, trabalhos de campo, trabalho laboratorial) que culminaram na integração dos dados e análise dos resultados. O Quadro 15 exibe as subdivisões das principais etapas e os objetivos correspondentes.

Etapas de Trabalho	Objetivos
Revisão Bibliográfica	Reunir dados bibliográficos (regionais e locais) que enfocam as informações geológicas, hidrogeológicas e o panorama estadual sobre o tema.
Trabalhos de Campo	Coletar informações geológicas, hidrogeológicas e localizar as principais fontes potenciais à poluição de aquíferos, a fim de subsidiar a elaboração do mapa de vulnerabilidade natural.
Trabalho Laboratorial	Caracterização química qualitativa preliminar da mineralogia presente na zona não saturada e inferir a capacidade de atenuação de fluídos dos materiais.
Integração dos Dados e Análise dos Resultados	Subsidiar a elaboração do mapa de vulnerabilidade natural à poluição do aquífero livre e posterior ensaio de aplicação do mapa

Quadro 15 – Sistemática adotada para a integração dos dados

Os resultados obtidos nesta fase do desenvolvimento da pesquisa permitem determinar os índices de vulnerabilidade natural à poluição do aquífero livre da área de Araraquara (SP), na escala 1:50000. O Quadro 16 apresenta os principais atributos do método GOD (Foster et al. 2002) necessários para caracterizar a área estudada.

O produto final dessa dissertação, o mapa de vulnerabilidade natural à poluição do aquífero livre noroeste da Folha Araraquara e sudoeste da Folha Rincão (Anexo 5), contempla a integração dos dados e análises dos resultados obtidos (Quadro 17).

Ocorrência da Água Subterrânea (tipo de aquífero)	Caracterização Geológica da Zona Não-Saturada (unidade geológica)	Profundidade da Água Subterrânea (N.A.).	Índice de Vulnerabilidade (classe)	Informações Complementares
Cobertura Cenozóica, aquífero livre ou não confinado.	Sedimentos arenosos correlatos à Formação Botucatu	Todas as profundidades do nível d'água	Extrema	A característica do material geológico exerce maior influência na determinação da classe de vulnerabilidade
Bauru, aquífero livre ou não confinado.	Formação Adamantina	< 5-20m > 20m	Moderada Baixa	
Serra Geral, fissurado, eventual livre a confinado.	Formação Serra Geral	Parâmetro não considerado	Alta	Para classificação dessa unidade utilizaram-se as informações: características geológicas, geotécnicas, hidrogeológicas e relações estratigráficas.
Guarani, livre a confinado.	Formação Botucatu	< 5-20m	Alta	O tipo de ocorrência da água subterrânea pode sofrer alterações mais ou menos restritivas.

Quadro 16 – Caracterização da vulnerabilidade natural à poluição dos aquíferos da área de Araraquara (SP).

O Quadro 17 sintetiza as principais informações sobre o conhecimento geológico e hidrogeológico da área estudada, resultando num documento de consulta dinâmica para o entendimento geral da pesquisa.

3.4.1 Ensaio de aplicação do mapa de vulnerabilidade natural

O fluxograma para avaliação do ensaio de aplicação do mapa de vulnerabilidade natural (Figura 25), elenca as principais etapas para utilização do produto final dessa dissertação. Essa sequência do fluxograma possui caráter orientativo e auxiliar para formulação de estratégias de tomadas de decisões na área de estudo. Portanto, em função da adição de informações geológicas e hidrogeológicas, o fluxograma poderá sofrer modificações, caracterizando um modelo retro-alimentado por informações do meio físico.

Exemplificando a aplicação do fluxograma proposto (Figura 25) e sob o ponto de vista da viabilidade econômica de instalação de um empreendimento potencialmente poluidor, propõe-se a seguinte simulação do modelo: instalação de uma indústria química com planta de tratamento de efluentes. As atividades necessárias para o desenvolvimento da proposta estão sumariadas no Quadro 18.

Idade		Litoestratigrafia	Descrição da Unidade	Descrição da cobertura	Mineralogia (difração raios – X)	Capacidade de atenuação relativa	Sistema aquífero	Característica do aquífero e a vulnerabilidade natural dos materiais correspondentes (consulte o mapa de vulnerabilidade)			
Quaternário		Sedimentos de fundo de vale	-	-	-				Extrema	Extrema: Vulnerável à maioria dos poluentes de rápido impacto na água. Aplicável em inúmeros cenários de poluição. Imprescindível à realização de estudos qualitativos e quantitativos de detalhe (ensaios laboratoriais e geofísicos) para todas as instalações de empreendimentos potenciais à poluição do solo e da água.	
Cenozóico		Sedimentos correlatos à Formação Botucatu	Sedimentos arenosos médio a muito fino, amarelado a alaranjado.	Grãos arredondados a angulosos, esféricos a subesféricos, hialino a alaranjado, moderada a má seleção, quartzo e magnetita.	Quartzo, hematita (magnetita), caolinita, gibsita montmorilonita.	Menor capacidade de retenção e maior grau de cristalinidade.	Cobertura Cenozóica	Granular livre	Extrema		
Mesozóico		Eocretáceo	Formação Adamantina, Grupo Bauru	Solo silto-arenoso residual, vermelho a verm. alaranjado	Grãos angulares a subangulares, subesféricos, hialino a avermelhado, moderada seleção, quartzo e magnetita polidas.	Quartzo; hematita (magnetita); caolinita e gibsita.	Menor grau de cristalinidade e maior capacidade de atenuação de fluídos.	Bauru	Granular livre	Moderada a baixa	Moderada: Vulnerável para alguns poluentes. Apresenta capacidade atenuadora mais eficaz que as classes alta e extrema. Resíduos e/ou efluentes resultam em risco de contaminação quando são continuamente descartados ou em situação de vazamento. Necessário realizar estudos de detalhe qualitativos e específicos para cada tipo de empreendimento. Baixa: Somente vulnerável para poluentes conservatórios (baixa mobilidade), quando continuamente e largamente descartados ou em situação de vazamento. Necessários estudos de detalhe qualitativos para cada tipo de empreendimento.
		Eojurássico a Neocretáceo	Formação Serra Geral, Grupo São Bento.	Basalto toleítico fraturado, cor cinza esverdeado.	Grãos grossos a muito finos, angulares a subangulares, subesféricos a subelongados, hialino e avermelhado, má seleção, quartzo e magnetita (abundante).	-		Serra Geral	Fissurado, livre a semiconfinado.	Alta	Alta: Vulnerável a vários poluentes (exceção para os fortemente absorvidos) em muitos cenários de poluição. Necessário realizar estudos qualitativos e quantitativos (geofísicos) que identifiquem as condições hidrogeológicas locais.
		Eojurássico	Formação Botucatu, Grupo São Bento.	Sedimentos arenosos finos a muito finos, alaranjados com estratificações cruzadas.	Grãos finos a muito finos, arredondados a subarredondados, esféricos a subesféricos, hialino e alaranjado, boa seleção, quartzo (magnetita).	Quartzo; caolinita; goethita; hematita (magnetita).	Grau de cristalinidade e capacidade de atenuação de fluídos intermediários.	Botucatu-Guarani	Granular livre	Alta	

Quadro 17 – Síntese das principais informações sobre o conhecimento geológico e hidrogeológico da área de Araraquara (SP).

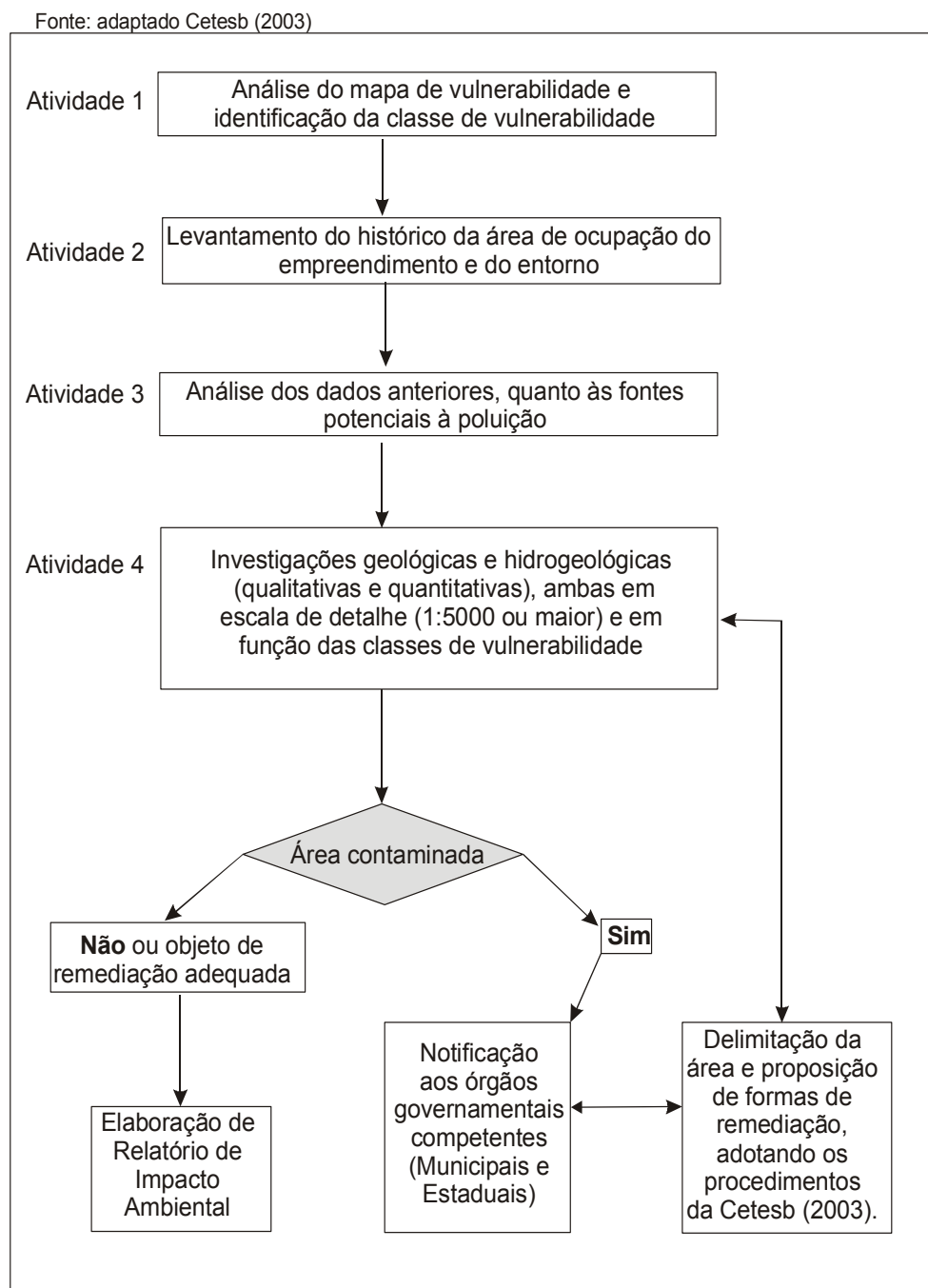


Figura 25 - Fluxograma para avaliação do ensaio de aplicação do mapa de vulnerabilidade natural.

Atividades	Descrição das atividades
Atividade 1	Escolha preliminar da área do empreendimento numa classe de vulnerabilidade baixa com profundidade do nível d'água superior a 20m, sedimentos silto argilosos e aquífero confinado.
Atividade 2	Levantamento de campo por meio de entrevistas com moradores circunvizinhos a área do empreendimento e consulta prévia nos órgãos governamentais competentes.
Atividade 3	Análises dos dados anteriores e proposição de áreas alternativas para instalação do empreendimento, sob o ponto de vista ambiental e econômico.
Atividade 4	Escolha final da área do empreendimento, contemplando a caracterização do meio físico em escala de detalhe (1:5000 ou maior). Neste caso depende do porte e grau de periculosidade que o empreendimento pode proporcionar. Recomenda-se a utilizar a legislação vigente.
ÁREA CONTAMINADA?	
NÃO.	
ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL	

Quadro 18 – Simulação do modelo de ensaio de aplicação do mapa de vulnerabilidade natural.

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSÕES

A partir do desenvolvimento da pesquisa buscou-se levantar, reunir, integrar e interpretar os dados referentes à geologia, hidrogeologia e as fontes potenciais de poluição da área de Araraquara (SP).

Durante o cumprimento das etapas de trabalho e do método científico de pesquisa adotado, surgiram inúmeras dificuldades operacionais e funcionais para conduzir e alcançar o objetivo proposto, porém todas essas dificuldades foram superadas e vieram a contribuir para a reavaliação da proposta inicial do plano de pesquisa.

Fundamentado no objetivo fixado na etapa inicial da pesquisa, pode-se constatar que foi possível atingir com êxito a elaboração do documento cartográfico temático, ou seja, o mapa de vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos da área de Araraquara (SP).

Com base nos resultados obtidos ao longo do desenvolvimento da pesquisa, conclui-se que:

⇒ O método aplicado para o desenvolvimento do plano de pesquisa favorece a construção de uma sequência lógica na organização das idéias relacionadas ao tema pesquisado.

⇒ O método e técnicas de estudo colaboram para elaboração de sínteses das publicações pertinentes a investigação.

⇒ O método de mapeamento da vulnerabilidade natural de aquíferos mostrou-se eficaz para a área estudada e pode ser perfeitamente aplicado em outras áreas que

mantenham as semelhanças geológicas e hidrogeológicas. Trata-se de uma ferramenta de análise qualitativa: de baixo custo operacional, caráter preventivo e orientativo e pode subsidiar as tomadas de decisões no planejamento de uso e ocupação do solo.

⇒ A subdivisão das etapas de trabalho (revisão bibliográfica; trabalhos de campo; trabalho laboratorial; integração dos dados) permite que a investigação respeite o princípio da repetitividade científica.

⇒ A revisão bibliográfica acerca do tema foi de suma importância para a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento da pesquisa e por apresentar tópicos relevantes sobre a dinâmica da água no meio físico sob o ponto de vista da poluição dos recursos hídricos.

⇒ O cumprimento das etapas de campo proporciona uma nova e atual configuração do conhecimento das características do meio físico na área de Araraquara (SP), norteada por critérios expeditos de campo adotados para separação dos tipos de coberturas (Quadro 9).

⇒ O mapeamento dos tipos de coberturas recentes, dentro do contexto de sedimentos autóctones e alóctones, permitiu reconhecer sedimentos anteriormente interpretados como pertencentes a outras formações geológicas. Com isso, a avaliação dos índices de vulnerabilidade natural pode ser adequada para o conhecimento geológico atual da área de estudo.

⇒ As informações hidrogeológicas contribuem para o reconhecimento de estruturas geológicas (falhas normais) anteriormente desconhecidas, alterando o modelo prospectivo da água subterrânea.

⇒ As análises químicas e físicas das águas (superficiais e subterrâneas) apresentam valores dentro dos padrões de potabilidade da legislação vigente, indicando a ausência de contaminação nos recursos hídricos subterrâneos na escala 1:50000. Vale ressaltar que estudos hidrogeológicos de detalhe podem constatar alterações no padrão estabelecido.

⇒ O mapa de superfície de tendência do nível d'água do aquífero livre (1:50000, Anexo 4) pode ser utilizado na previsão da profundidade do nível d'água para a captação da água subterrânea através de poços escavados; a instalação adequada de novos empreendimentos e/ou atividades potencialmente poluidoras; adequar a tipologia das obras de engenharia; reduzir e/ou evitar a implantação de situações de risco associadas à erosão hídrica do solo e conseqüente assoreamento das drenagens a jusante; orientar estudos geofísicos de detalhe; subsidiar a elaboração do mapa de vulnerabilidade, entre outras aplicações.

⇒ O levantamento das fontes potencialmente poluidoras, juntamente com o mapa de vulnerabilidade, permite a confecção do mapa de risco à poluição do solo e da água.

⇒ As análises de difração de raios-X, ainda que preliminarmente, podem ser implantadas como ferramenta complementar ao método GOD (FOSTER et al., 2002),

pois os resultados obtidos nesta pesquisa permitem inferir quantitativamente o grau de cristalinidade e a capacidade de atenuação de fluídos dos materiais geológicos.

⇒ Os sedimentos correlatos à Formação Botucatu (vulnerabilidade extrema) requerem a implantação de medidas e ações que assegurem a implantação de atividades potencialmente não poluidoras, referente ao vetor de crescimento do município, no tocante ao planejamento do uso e ocupação do solo e da água, pois são áreas naturalmente sensíveis e estão associadas as principais fontes de abastecimento de água superficial (cabeceiras de drenagens) do município de Araraquara (SP).

⇒ O mapa de vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos da área de Araraquara (SP) é o documento cartográfico que reúne um conjunto de informações capazes de subsidiar todo tipo de intervenção antrópica no meio físico, contribuindo para as tomadas de decisões governamentais e para a elaboração de programas de políticas públicas ambientais. O ensaio de aplicação do mapa de vulnerabilidade natural (Figura 25) exhibe a seqüência lógica para a utilização do documento cartográfico desenvolvido e o Quadro 18 exemplifica a simulação do modelo de ensaio de aplicação do mapa.

A partir das conclusões apresentadas constata-se a validade da hipótese formulada, ou seja, a integração dos resultados do mapeamento geológico, do levantamento de feições estruturais e informações hidrogeológicas, permite a elaboração do mapa de vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos (Anexo 5).

Com base nas informações apresentadas na presente dissertação de mestrado, torna-se possível minimizar os impactos ambientais decorrentes de intervenções antrópicas inadequadas no meio físico, resultando numa melhora na qualidade de vida da população da cidade enfocada.

CAPÍTULO 5

5 REFERÊNCIAS

ALBINET, M. e MARGAT, J. **Cartographie de la vulnérabilité a la pollution des nappes d'eau souterraine**. Bulletin BRGM ZME 2nd Series v. 3, n°4, p. 13-22, 1970.

ALLER, L.; BENNETT, T.; LEHR, J.H.; PETTY, R.J.; HACKETT, G. **DRASTIC: A standardized system for evaluating groundwater pollution potencial using hydrogeologic settings**. Washington: Environmental Protection Agency Report 600/2-87-035, 1987.

ALMEIDA, F.F.M. Síntese sobre a tectônica da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 03. 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBG, 1981. v.1, p. 1-20.

ANDERSEN, L.J. e GOSK, J. Applicability of vulnerability maps. **TNO Committee for Hydrological Research: Proceeding and Information**. The Netherlands. 1987, v 38, p. 321-332.

ANDREW, C.O. e HILDEBRAND, P.E. Planning and conduting applied agricultural research. Westview: Boulder, 94p.

ARARAQUARA. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico. **Araraquara em Dados: Anuário Araraquara**. Araraquara, 1999.

ARAUJO, L.M.; FRANÇA, A.B.; POTTER, P.E. **Aqüífero gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai**: mapas hidrogeológicos das formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Tacuarembó. Curitiba: Universidade Federal do Paraná e Petrobrás, 1995. 8 mapas.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. **Geologia de Engenharia**. São Paulo, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação – referências e elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

BERNER, E.K.; BERNER, R.A. **Global environment**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996. p.3.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CERRI, L.E.S. **Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta metodológica para prevenção de acidentes.** 1993. 193f. Tese (doutoramento em Geociências) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

CERRI, L.E.S.; ZAINE, J.E.; BRAGA, A. C.O. **Plano Diretor de Águas Municipal:** diretrizes para elaboração a partir da atuação em Geociências. GEOCIÊNCIAS v.18, nº 2, 327-344, 1999.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 1997.** São Paulo: 1998. 2v.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 2001.** São Paulo: 2002. 2v.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relação de áreas contaminadas no Estado de São Paulo:** Outubro de 2003. Pesquisado na Internet: www.cetesb.sp.gov.br/, em 27/11/2003.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ÁGUAS E ESGOTO. **Relatório das Atividades de Dezembro.** Araraquara, 2001. v.1. Relatório Técnico.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Estudo de águas subterrâneas:** Região administrativa 6: Ribeirão Preto. São Paulo, 1974. 4v.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Estudo de águas subterrâneas:** Regiões administrativas 7, 8 e 9: Bauru, São José do Rio Preto, Araçatuba. Resumo. São Paulo, 1976. 2v.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Estudo de águas subterrâneas:** Regiões administrativas 10 e 11: Presidente Prudente e Marília. São Paulo, 1979. 3v.

DIAS-BRITO, D. **A obra de Dimas Dias-Brito:** sistematização crítica pelo próprio autor. 2001. 82f. Tese (Livre-Docência, Disciplina: Paleoecologia)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

DIAS-BRITO, D.; MUSACCHIO, E.A; MARANHÃO, M.S.A.S.; CASTRO, J.C.; SUAREZ, J.M.; RODRIGUES, R. Cretaceous non marine calcareous microfossils from the Adamantina Formation (Bauru Group) western São Paulo, Brazil. Asociación Paleontológica Del Golfo San Jorge, Boletín 2 (Edición Especial). Año I. p. 8-10, 1998.

ESTRELA, C. **Metodologia científica.** São Paulo: Artes Médicas, 2001.

FOSTER, S.; VENTURA, M.; HIRATA, R. **Contaminacion de las aguas subterraneas: un enfoque ejecutivo de la situación en América Latina y el Caribe en relación con el suministro de agua potable**. Lima: OMS; OPS-HPE; CEPIS, 1987.

FOSTER, S.S.D.; HIRATA, R.C.A. **Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data**. Lima: World Health Organization, Pan American Health Organization, Centre for Sanitary Engineering and Environmental Sciences, 1988. Technical Report.

FOSTER, S.S.D.; HIRATA, R.C.A.; GOMES, D.; D'ELIA, M. PARIS, M. **Groundwater quality protection: a guide for water utilities, municipal authorities and environment agencies**. Washington: The World Bank, 2002.

FULFARO, V.J. e PERINOTTO, J.A. DE J. BARCELOS, J.H. **A margem goiana do Grupo Bauru: implicações na litoestratigrafia e paleografia**. SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 03. 1994, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: SBP, 1994. p. 81-84.

FULFARO, V.J. e PERINOTTO, J.A. DE J. **A Bacia Bauru: estado da arte**. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 04. 1996, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBP, 1996. p. 297-303.

FULFARO, V.J.; SAAD, A.R.; SANTOS, M.V.; VIANNA, R.B. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **REVISTA BRASILEIRA DE GEOLOGIA**, v.12, p. 590-611, 1982.

GONÇALVES, A.R.L. **Geologia ambiental da área de São Carlos**. 150f. Tese (doutoramento em Geotecnia) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

GORELICK, S.M.; FREEZE, R.A.; DONOHUE, D.; KEELY, J.F. **Groundwater contamination: optimal capture and containment**. Washington: Lewis Publishers, 1993.

GOWLER, A. Underground purification capacity. **IAHS Publishers**, v.2, n.142, p.1063 – 1072, 1983.

HADDAD, A. **Lista telefônica da comunidade de Araraquara e região**. Araraquara: Pesquisa e Indústria, 2001.

HEARTLE, A. **Toxic organic chemicals: destruction and waste treatment**. Poll Tech Review. v.1, p 40-317, 1983.

HIRATA, R.C.A. Os recursos hídricos subterrâneos e as novas exigências ambientais. REVISTA INSTITUTO GEOLÓGICO, v.14, nº2, p.39-62, 1993.

HIRATA, R.C.A.; BASTOS, C.; ROCHA, G. Mapa de vulnerabilidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo: I.G., Cetesb, DAEE. 1997. 2v.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base topográfica do mapa geológico da porção noroeste da folha Araraquara (SF-22-X-D-VI-4):** região Sudeste do Brasil. Rio de Janeiro, 1988. 1 mapa Escala: 1:50.000.

_____ **Base topográfica do mapa geológico da porção sudoeste da folha Rincão (SF-22-X-D-VI-2):** região Sudeste do Brasil. Rio de Janeiro, 1988. 1 mapa Escala: 1:50.000.

_____ **Censo demográfico.** Rio de Janeiro, 2000.

_____ **Perfil dos municípios brasileiros – gestão pública 2001.** Capturado na internet: www.ibge.gov.br, em 27/11/2003.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do plano da Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré.** São Paulo, 2000. 2v.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1981. 2v. (Série Monografias, 5).

INSTITUTO GEOLÓGICO; COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL; DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo.** São Paulo. 1997. 2v.

KARMANN, I. Águas subterrâneas. In: TEIXEIRA, W.; MOTTA DE TOLEDO, M.C.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. (Ed.). **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 113-138.

LOPES, M.F.C. Água subterrânea no Estado de São Paulo: síntese das condições de ocorrência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3., 1984, Fortaleza. **Anais...** São Paulo: ABAS, 1984. v.1, p. 305-317.

MANNING, J. C. **Applied principles of hydrology.** 3rd ed. Toronto: Prentice Hall. 1997.

MARTIN, P.J.; GOMES, D.C.; IRITANI, M. and GUIGUER, N. An integrated groundwater management using modeling and GIS. In: PROCEEDINGS OF THE GROUNDWATER IN A WATERSHED CONTEXT SYMPOSIUM, 3, 1998, Burlington. **Annals...** Burlington: Canada Centre for Inland Waters, 1998, v.3, p. 137-145.

MEAULO, F. Diagnóstico preliminar da deflagração de processos erosivos no município de Araraquara – SP: caso do Jardim Cruzeiro do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41. 2002, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBG, 2002. v.1, p. 137.

MEAULO, F. Estudo preliminar da vulnerabilidade à contaminação dos recursos hídricos subterrâneos da região de Araraquara-SP. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 09. 2003a, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: SBG, 2003. v.1, p. 4-5.

MEAULO, F. Contribuição à geologia da porção noroeste da Folha Araraquara (SF.22.X.D.VI, 1:50.000). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 08. 2003, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBG, 2003b. v.1, p.72.

MILANI, E.J. Intraplate tectonics and the evolution of the Paraná Basin, SE Brazil. In: **Inversion Tectonics of the Cape Fold Belt, Karoo and Cretaceous Basins of Southern África**. Wite e Ransorne , p. 101-108, 1992.

MONKHOUSE, R.A. Vulnerability of aquifers and groundwater quality in the United Kingdom. Nottingham: Institute of Geological Sciences Report. 1983.

NARDY, A.J.R. **Geologia e petrologia do vulcanismo mesozóico da região central da Bacia do Paraná**. 1995. 300f. Tese (Doutorado em Geologia Regional)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

NÉRICI, I.M. **Didática de ensino superior**. São Paulo: IBRASA, 1993.

NISHIMURA, L.; ZUQUETTE, L.V. Importância da cartografia geotécnica para a caracterização de áreas de vulnerabilidade de aquíferos livres: exemplo do Aquífero Botucatu na quadrícula de São Carlos, SP. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.13, n.2, p. 345-357, 1994.

ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS. Evaluación general de los recursos de água dulce del Mundo. Washington: PNUD; PNUMA; FAO; UNESCO; OMM; Banco Mundial; OMS; ONUDI, 1997.

OLIVEIRA, J.B. **Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999.

PEJON, O.J. **Estudos geológicos-geotécnicos da região urbana de Araraquara-SP.** 1987. 2v. Dissertação (Mestrado em Geotecnia), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

PETRI, S. e FULFARO, V.J. **Geologia do Brasil:** Fanerozóico. São Paulo, Edusp. 631p, 1983

REBOUÇAS, A.C. **Recursos hídricos subterrâneos da Bacia do Paraná:** análise de pré-viabilidade. 1976. 143f. Tese (Livre docência em Hidrogeologia) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

REBOUÇAS, A.C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. da C. (Ed) **Águas doces no Brasil.** São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo. 1999.

SKINNER B.J. e PORTER, S.C. **Physical geology.** Toronto: John Wiley & Sons, 1987.

SOARES, P.C. **Elementos estruturais da parte NE da Bacia do Paraná:** classificação e gênese. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1974. Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: SBG, 1974. v.1, p.710-712.

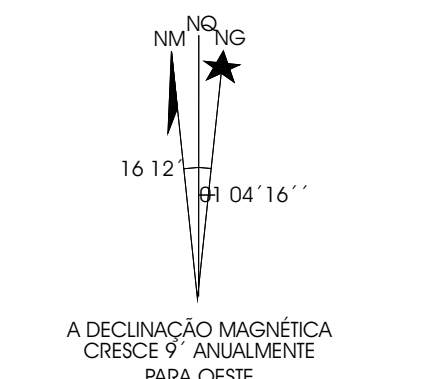
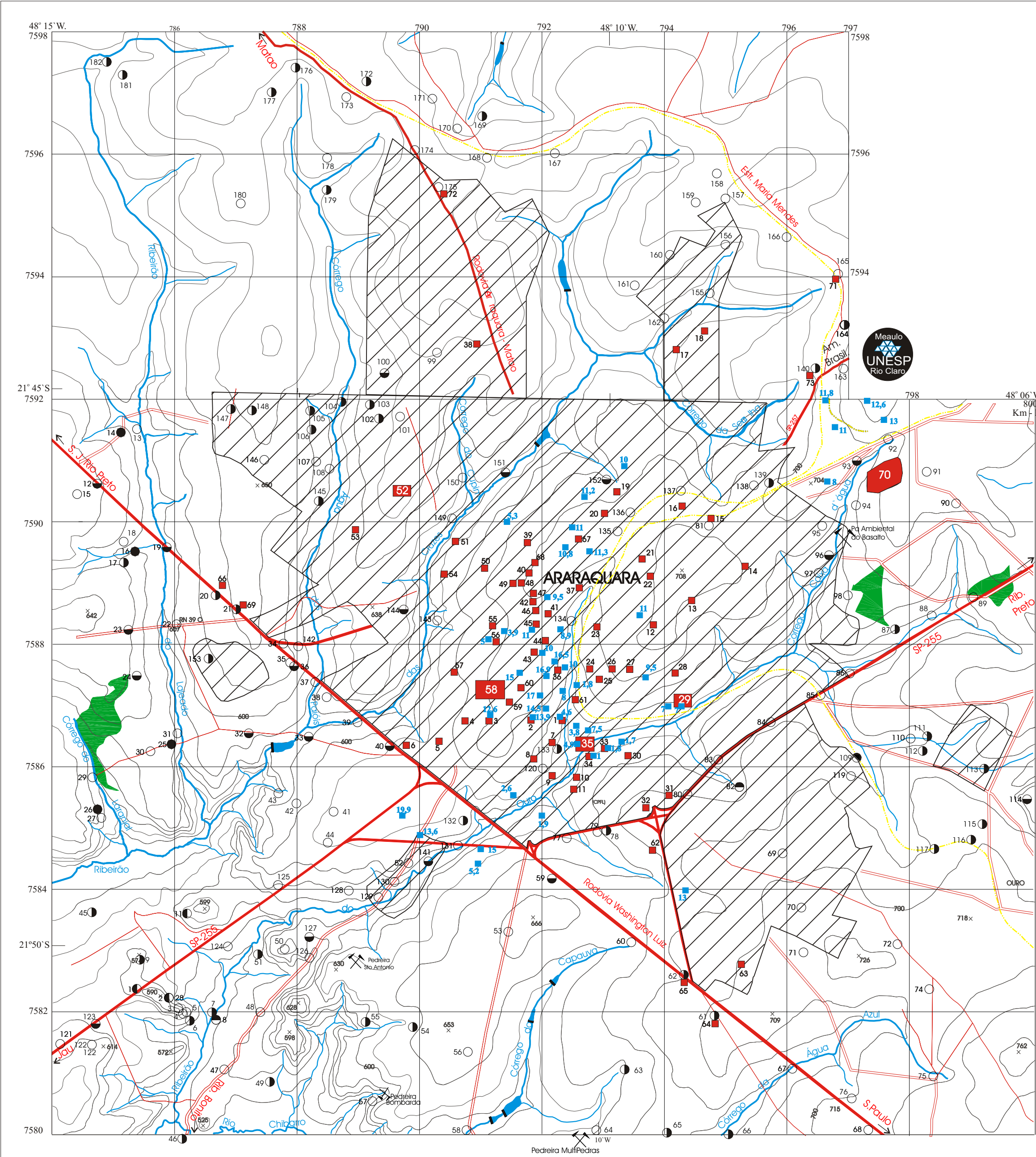
SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FULFARO, V.J.; SOBREIRO NETO, A.F. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências,** São Paulo. v.10, n. 3, p.177-185, 1980.

VRBA, J. e ZAPOROZEC, A. Guidebook on mapping groundwater vulnerability. International Association of Hydrogeologists. International Contributions to Hydrogeology, 16, 1994.

WATSON, I.; BURNETT, A. D. **Hydrology:** An environmental approach. Washington: Lewis Publishers, 1995.

ZAINE, J.E. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo:** ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro – SP. 2000. 149f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, I.S.; APPI, V.T.; ZANOTTO, O.A. Bacia do Paraná. In: RAJA-GABAGLIA, G.P. E MILANI, E.J. (Coord.) Origem e Evolução de Bacias Sedimentares. **Boletim Técnico Petrobrás.**415p. 1990.



Articulação das Folhas

MATÃO MI-2671-1	RINCÃO MI-2671-2	PORTO PULADOR MI-2672-1
BOA ESPERANÇA DO SUL MI-2671-3	Área de Estudo ARARAQUARA MI-2671-4	IBATÉ MI-2672-3
DOURADO MI-2705-1	RIBEIRÃO BONITO MI2705-2	SÃO CARLOS MI-2706-1

- CONVENÇÕES**
- Ponto estudado
 - Ponto estudado e amostrado
 - Ponto estudado e fotografado
 - Ponto estudado e poço
 - Ponto estudado, amostrado e fotografado
 - Ponto estudado, fotografado e poço
 - Ponto estudado, fotografado, amostrado e poço
 - Sondagem de simples reconhecimento e profundidade do nível d' água, (Pejon, 1987)
 - 14 ■ Ponto com fonte contaminante potencial
 - ✕ Pedreira em atividade e/ou recuperação ambiental
 - ✕ Pedreira desativada
 - ▨ Área Urbanizada de Araraquara
- VIAS DE CIRCULAÇÃO**
- Rodovias Estaduais
 - Estradas Secundárias
 - Estradas em Terra
 - Ferrovia
- ELEMENTOS ALTIMÉTRICOS**
- × RN Referência de Nível
 - × 600 Cota comprovada
 - Curvas de Nível: 20 metros
- ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA E VEGETAÇÃO**
- Cursos d' água
 - Lago/lagoo artificial
 - Barragens
 - Mata

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Julio de Mesquita Filho"
Câmpus de Rio Claro
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Curso de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**VULNERABILIDADE NATURAL À POLUIÇÃO
DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS
DA ÁREA DE ARARAQUARA (SP)**

Mestre: Geol. FÁBIO JOSÉ MEAULO
Orientador: Prof. Dr. Leandro E. S. Cerri

ANEXO 01

**MAPA DE DOCUMENTAÇÃO DAS PORÇÕES NOROESTE DA
FOLHA ARARAQUARA E SUDOESTE DA FOLHA RINCÃO**

ESCALA 1:50.000

0 1 2 3 4 Km

Rio Claro
2004

UNESP

ANEXO 2 – DESCRIÇÕES DOS AFLORAMENTOS (13 páginas)

A segunda etapa do trabalho de campo realizado entre os dias 21 e 31/10/2002 e contou com o apoio do doutorando em geologia Fabiano Cabañas Navarro. O objetivo desta etapa de campo constou da elaboração do mapa geológico (1:50000) no município de Araraquara – SP, abrangendo a zona urbana e parte da zona rural, incluindo o cadastramento de poços escavados de captação de água subterrânea. Os produtos finais desta etapa encontram-se no corpo do texto da dissertação (Capítulo 4) e no mapa de vulnerabilidade à poluição dos recursos hídricos subterrâneos da área de Araraquara-SP.

Ponto	Coordenadas			Local	Descrição do Ponto
	Km E	Km N	Cota m		
01	785,362	7582,403	574	SP- 255, 500m à SW do Sítio Laranjal, Morro Cortado.	Neste ponto observou-se o nítido contato entre o basalto fraturado e alterado sotoposto com o arenito silicificado e exibindo estratificações cruzadas de pequeno a grande porte, ambos pertencentes a Formação Serra Geral. O basalto exhibe padrão de fraturamento vertical à subvertical que corresponde as famílias de maior persistência, localmente desenha feições de disjunção colunar. Estratigraficamente o arenito ocorre entre duas camadas (Sills) de basalto, todavia geneticamente entendido como arenitos intertrapianos.
02	785,885	7882,261	544	Sítio Laranjal, continuação do Morro Cortado, ao lado do estaleiro de laranja.	Observou-se uma variação da granulação do basalto, gradando para um gabro. Este ponto desenha o contato entre o basalto e o arenito silicificado de coloração alaranjada. A partir de exame de concentração do solo obteve-se as seguintes características: quartzo, subordinado por magnetita, predominantemente alaranjados, subordinados por hialinos e esbranquiçados, subesféricos a esféricos, arredondados a bem arredondados, granulometria fina a muito fina. Foram observados raros agregados arenosos com cimentação por óxido de ferro.
03	786,038	7582,090	575	Sítio Laranjal, continuação do Morro Cortado.	A litologia observada é um basalto que exhibe granulação fina e estrutura compacta e parcialmente alterado, apresentando coloração ocre.
04	786,114	7582,000	560	Morro Cortado, Sítio Laranjal.	A litologia observada é um basalto que exhibe granulação fina e estrutura compacta e parcialmente alterado, apresentando coloração ocre na porção externa da rocha e coloração cinza esverdeado em seu interior.
05	786,167	7582,030	520	Morro Cortado, Sítio Picapau Amarelo, Rodovia Vicinal Abílio A. Côrrea.	O basalto exhibe granulação fina, pouco alterado e padrão intenso de acebolamento com fraturas verticais a subverticais. Corresponde ao horizonte pedológico C/R.
06	786,227	7581,884	509	Sítio Picapau Amarelo, Rodovia Vicinal Abílio A. Côrrea.	Exame em concentrado de solo mostrou correlação direta com as características descritas no ponto 2. Portanto o solo é proveniente da alteração do arenito silicificado da Formação Botucatu. Vale ressaltar que não foi encontrada diferença acentuada entre o arenito intertrapiano e os grãos dos solos arenosos de coloração vermelho alaranjados.
07	786,589	7582,022	495	Rodovia Vicinal Abílio A. Côrrea, Sítio Picapau Amarelo, Ribeirão do Ouro.	Solo arenoso de coloração vermelho alaranjado oriundo da alteração <i>in situ</i> da Formação Botucatu.
08	786,652	7581,896	501	Sítio Chaparral, 400m à W da Rodovia Vicinal Abílio A. Côrrea.	Solo arenoso de coloração vermelho alaranjado oriundo da alteração <i>in situ</i> da Formação Botucatu.
09	785,408	7582,881	540	Fazenda Fittipaldi 2, SP-255, Rodovia João R. de Barros.	Contato inferido entre as formações Serra Geral (topo) e Botucatu (base) apoiado na nítida diferença de coloração e características entre os solos de ambas as formações. A primeira exhibe coloração vermelha, composição silto-arenoso e abundante matriz argilosa e, a segunda coloração vermelha alaranjada, composição arenosa e pouca matriz argilosa. Notou-se que a vegetação se desenvolve melhor no solo de alteração do basalto, uma vez que, ambos os solos são irrigados.

Ponto	Coordenadas			Local	Descrição do Ponto
	Km E	Km N	Cota m		
10	785,100	7582,693	548	Divisa entre as propriedades da Faz. Fittipaldi 2 e o Sítio Laranjal.	Solo arenoso de coloração vermelho alaranjado oriundo da alteração <i>in situ</i> da Formação Botucatu.
11	786,182	7583,633	584	Topo do morro do Cantagalo, acesso ao Estação de Tratamento de Efluentes – DAAE.	Contato entre litologias, ambas pertencentes a Formação Serra Geral. Este afloramento desenha o mesmo cenário apresentado no ponto 1. Estratigraficamente o arenito ocorre na base do <i>sill</i> de basalto, confirmando a idéia dos arenitos intertrapianos e descrita também na literatura. O basalto é de coloração ocre a rosado, parcialmente alterado, granulação fina e fraturamento intenso vertical a subvertical. O arenito é alaranjado a avermelhado, silicificado com estratificações centimétricas a métricas. A medidas de acamamento são 340/26°; 335/25°; 100/28°.
12	784,713	7590,654	641	Rodovia W. Luiz, SP-310, trevo de acesso à Furnas.	Os afloramentos são do tipo talude (corte de estrada) com aproximadamente 5m de altura. O solo vermelho estruturado exibe ao longo do perfil, do topo para a base, estrutura prismática a blocosa, seguido de uma estrutura tipicamente prismática. O exame de concentrado de solo apresentou: quartzo e magnetita, ausência de agregados de grãos de quartzo com cimentação por óxido de ferro. Os grãos são avermelhados, subordinados por hialinos, granulometria fina a média, matriz argilosa, angulares a subangulares, moderadamente selecionados. As magnetitas apresentam formas subangulares, levemente polidas, granulometria fina a média e compõem menos que 3% do total do solo.
13	785,362	7591,545	598	Sítio Santo Antonio do Lajeado, Várzea do Ribeirão do Lajeado.	Na margem direita do Ribeirão do Lajeado ocorrem feições de erosão acentuadas de dimensões métricas. O horizonte onde ocorre tal feição apresenta coloração cinza a cinza escuro, rico em matéria orgânica, correspondente a várzea da drenagem e classificado como solo hidromórfico.
14	785,102	7591,491	612	Sítio Santo Antonio do Lajeado	Solo de coloração vermelha, textura silto-arenoso, matriz argilosa, oriundo da alteração residual dos sedimentos da Formação Adamantina. Observou-se também as amostras de basalto (calha) do poço semi-artesiano perfurado no dia 07/10/02. Demais informações sobre o poço, vide anexo sobre o assunto.
15	784,384	7590,484	662	Chácara Nossa Senhora da Aparecida, acesso em terra para Furnas.	Solo de coloração vermelha, textura silto-arenoso, matriz argilosa, oriundo da alteração dos sedimentos da Formação Adamantina. Próximo a área de preservação de mata nativa.
16	785,331	7589,547	604	Residencial de Chácara Portal das Laranjeiras	Solo de coloração vermelha, textura silto-arenoso, matriz argilosa, oriundo da alteração dos sedimentos da Formação Adamantina. Informações sobre o poço, vide anexo.
17	785,145	7589,363	621	Residencial de Chácara Portal das Laranjeiras, Sta Terezinha	Solo de coloração vermelha, textura silto-arenoso, matriz argilosa, oriundo da alteração dos sedimentos da Formação Adamantina. Informações sobre o poço, vide anexo.
18	785,751	7589,707	594	SP-310, Ponte sobre o Ribeirão do Lajeado.	Trecho do Ribeirão do lajeado parcialmente assoreado, possivelmente resultado das obras de aterramento das laterais da ponte da SP-310. Solo de coloração vermelha, textura silto-arenoso, matriz argilosa, oriundo da alteração dos sedimentos da Formação Adamantina.
19	785,850	7589,616	599	SP-310, 250m à SE do Ribeirão do Lajeado.	Solo de coloração vermelha, textura silto-arenoso, matriz argilosa, exibe textura prismática bem desenvolvida, oriundo da alteração dos sedimentos da Formação Adamantina. Ravinamento de dimensões métricas com 300m de comprimento e 3m de profundidade, resultando em pequenos danos materiais. Descrição do perfil de solo do topo para a base: vegetação rasteira do tipo pastagem e solo de coloração ocre e muitas raízes; solo vermelho, estrutura prismática com seixos de quartzo grossos envoltos por matriz silto-arenosa, mal selecionada. Localmente há maior concentração de seixos de quartzo e esporadicamente basalto; horizonte laterítico, fragmentos de arenito cimentados por laterita envoltos por matriz areno-argilosa mal selecionada e seixos de quartzito de até 10cm; horizonte argiloso, solo vermelho escuro, textura

					silito-argilosa. O exame de concentrado de solo mostrou: quartzo hialinos e com película de óxido de ferro e magnetita, granulometria variando de muito fina a muito grossa, com predomínio da fração fina a muito fina, os grãos são angulares (grosseiros) e subarredondados (finos), subesféricos a esféricos, alongados a subalongados (grosseiros). A magnetita varia de fina a muito fina e brilho fosco.
20	786,649	7588,829	642	SP-310, Randon Caminhões, Bairro Pau Seco.	Solo de coloração vermelha, textura silito-arenoso, matriz argilosa, oriundo da alteração dos sedimentos da Formação Adamantina. Esta empresa possui poço tubular profundo.
21	786,982	7588,601	659	SP-310, Posto de Abastecimento Pau Seco.	Solo de coloração vermelha, textura silito-arenoso, matriz argilosa, oriundo da alteração dos sedimentos da Formação Adamantina. Esta empresa possui poço tubular profundo.
22	786,008	7588,359	628	Rodovia Vicinal Araraquara/Gavião Peixoto, Chácara São Lucas	Solo de coloração vermelha, textura argilo-arenoso, predominando a matriz argilosa, oriundo da alteração dos sedimentos da Formação Adamantina.
23	785,219	7588,267	634	Rodovia Vicinal Araraquara/Gavião Peixoto, 400m sentido Gavião após a ponte do Ribeirão do Lajeado	Solo de coloração vermelha, textura silito-arenoso, matriz argilosa, oriundo da alteração dos sedimentos da Formação Adamantina.
24	785,359	7587,517	627	Estrada em terra que liga a Rod Araraquara/ Gavião Peixoto	Solo de coloração vermelha, textura silito-arenoso, matriz argilosa, oriundo da alteração dos sedimentos da Formação Adamantina. Solo recentemente arado para o plantio de cana de açúcar.
25	785,926	7586,400	595	Fazenda São Lourenço, 3 Km do trevo da Fábrica de Meias Lupo.	Solo de coloração vermelha, textura silito-arenoso, matriz argilosa, oriundo da alteração dos sedimentos da Formação Adamantina. As informações sobre o poço, vide anexo.
26	784,719	7585,338	569	Sítio Rancho Maria, antiga Faz. Palmeiras	Afloramento de basalto parcialmente alterado, intensamente fraturado, coloração ocre externamente e cinza esverdeado internamente. Exibe textura fanerítica, estrutura compacta e granulação fina.
27	784,776	7585,197	561	Sítio Rancho Maria, antiga Faz. Palmeiras	Afloramento de arenito alaranjado, silicificado, com estratificações cruzadas de pequeno porte, acamamento 140/20°, 130/18°, correlacionável ao cenário do ponto 11. O arenito intertrapiano, ocorre entre dois <i>sills</i> de basalto.
28	785,885	7882,261	544	Leito do Córrego do Laranjal, Sítio Rancho Maria, antiga Faz. Palmeiras	Afloramento de basalto de granulação fina, fortemente fraturado (85/85°, 115/87°, 55/70°, 298/80°), coloração cinza esverdeado. Topograficamente e estratigraficamente acima, ocorre um nível de conglomerado limonítico (60cm), composto por seixos de quartzitos, nódulos de goethita de coloração preto a ocre, ambos envoltos por matriz argilo-arenosa. Integrando as informações litológicas dos dois pontos de observação anteriores (descendo na topografia) temos: basalto; arenito; nível de conglomerado limonítico, basalto.
29	784,636	7585,860	552 m	Estrada de acesso ao Sítio Rancho Mariana com a ponte sobre o Córrego do Laranjal.	Afloramento de basalto de granulação fina, coloração cinza esverdeado no leito do Córrego do Laranjal.
30	785,584	7586,285	600	Estrada de acesso ao Sítio Rancho Mariana	Solo de coloração vermelha, textura silito-arenoso, matriz argilosa, oriundo da alteração dos sedimentos da Formação Adamantina.
31	786,023	7586,359	572	Fazenda São Lourenço, Leito do Ribeirão do Lajeado.	Afloramento de basalto cinza escuro, sã, textura fanerítica e estrutura compacta.
32	787,186	7586,577	600	800m à NE do Leito do Ribeirão do Lajeado, Fazenda São Lourenço.	Exame de concentrado de solo argiloso de coloração vermelho escuro e textura migalhosa. Fração argilosa facilmente lavada e grande concentração de magnetita de granulometria muito fina com formas angulares a arredondadas. O quartzo apresenta formas angulares, granulometria fina a grosseira, predominantemente hialinos. Conclui-se que o solo é proveniente da alteração <i>in situ</i> do basalto da Formação Serra

					Geral. Próximo a Usina Hidrelétrica Salto Grande.
33	788,170	7586,523	570	300m à N da Usina Hidrelétrica Salto Grande	O solo é proveniente da alteração <i>in situ</i> do basalto da Formação Serra Geral, são as mesmas características do ponto anterior.
34	787,754	7588,043	632	Av. 36, trevo de acesso à SP-310	Exame de concentrado de solo vermelho: quartzo e magnetita, ambos com granulometria fina a grossa e predominância da fração fina. O quartzo exibe forma arredondada a subarredondada, esférico a subesférico, coloração alaranjada, subordinados por hialinos e esbranquiçados.
35	787,864	7587,734	637	SP-310, 500 m do trevo da Fab. De Meias Lupo, sentido SE.	Solo vermelho de alteração da Formação Adamantina, nota-se uma variação granulométrica nos diferentes horizontes do solo, sendo que a fração argilosa concentra-se na porção basal do perfil.
36	787,932	7587,673	633	SP-310, 50m à SE do ponto 35.	O afloramento do tipo corte de estrada exibe o seguinte cenário, do topo para a base (leito da SP-310): 4m de solo vermelho exibe estrutura blocosa a prismática e oriunda da alteração residual da Formação Adamantina com variação granulométrica ao longo do perfil, de grosseiro para fino. Contato abrupto entre o solo e o nível de conglomerático de dimensões centimétricas de espessura (10 a 40cm) e 300m de comprimento, até ser truncado pelas vertentes do Córrego Águas dos Paióis e Ribeirão das Cruzes. Este mesmo nível ocorre novamente a 2,3Km nesta mesma rodovia. O basalto aflora na base do perfil, parcialmente alterado, fraturado (220/88°, 195/85°, 32/88°, 145/40°, 15/80°, 170/82°).
37	788,274	7587,414	588	Ponte da SP-310 sobre o Córrego Águas dos Paióis.	Basalto parcialmente alterado de coloração ocre a rosado.
38	788,457	7587,167	608	SP-310, Interflúvio entre as drenagens Águas dos Paióis e Ribeirão das Cruzes	Interflúvio entre as drenagens Águas dos Paióis e Ribeirão das Cruzes, horizonte C/R, saprolito de basalto.
39	788,960	7586,754	590	Ponte da SP-310 sobre o Ribeirão das Cruzes.	Basalto parcialmente alterado de coloração ocre a rosado e nível de conglomerado.
40	789,488	7586,368	620	SP-310, Posto da Polícia Rodoviária de Araraquara.	Solo vermelho com estruturas prismática da Formação Adamantina. Estratigraficamente abaixo, ocorre o saprolito do basalto. Observado na calha de escoamento entre as duas pistas da SP-310. Este ponto repete o cenário observado nos pontos 35, 36 e 28.
41	788,570	7585,300	635	100 m à Sul da estrada de acesso, Hotel Fazenda Salto Grande.	Solo vermelho de alteração residual dos sedimentos da Formação Adamantina.
42	787,971	7585,436	590	Nascente Afluente do Ribeirão das Cruzes, 100m à Leste da linha de transmissão, Fazenda Salto Grande.	Solo vermelho de alteração residual dos sedimentos da Formação Adamantina.
43	787,670	7585,601	567	Interflúvio entre dois afluentes do Ribeirão das Cruzes.	Afloramento de basalto com diferentes intensidades de alteração e fraturamento intenso. Neste ponto ao longo do curso dos afluentes ocorre vegetação nativa exuberante.
44	788,474	7584,792	640	300 m à Oeste do trevo da SP-255	Solo vermelho de alteração residual dos sedimentos da Formação Adamantina.
45	784,628	7583,651	530	Estação de Tratamento de Esgoto de Araraquara – DAEE.	Solo arenoso alaranjado, pouca matriz, facilmente lavável, proveniente da alteração autóctone da Formação Botucatu. Neste local foram perfurados dois poços tubulares profundos, sendo o primeiro a montante com 102m de profundidade e o segundo a jusante com 80m.
46	785,750	7579,681	503	Rodovia Vicinal Abílio A. Corrêa (Araraquara/ Guarapiranga), 300m à SW do Rio Chibarro	Solo arenoso alaranjado, pouca matriz, facilmente lavável, proveniente da alteração autóctone da Formação Botucatu.
47	786,788	7581,091	530	Rodovia Vicinal Abílio A. Corrêa (Araraquara/ Guarapiranga), 1500m à NE do Rio Chibarro	Exame de concentrado de solo arenoso alaranjado, facilmente desagregado, não estruturado. Composto por quartzo de granulometria fina a muito fina, raramente média, arredondado a bem arredondado, esférico, bem selecionado. Solo de alteração autóctone da Formação Botucatu.

48	787,380	7582,029	543	Rodovia Vicinal Abílio A. Corrêa (Araraquara/ Guarapiranga), 500m à Oeste da Sede da Faz. São Jerônimo.	Solo arenoso alaranjado, composto predominantemente por quartzo de granulometria fina a muito fina e raramente magnetita.
49	787,533	7580,885	518	Rodovia Vicinal Abílio A. Corrêa (Araraquara/ Guarapiranga), Faz. São Benedito.	Solo arenoso alaranjado, composto predominantemente por quartzo de granulometria fina a muito fina e raramente magnetita. Poço do tipo caipira perfurado (recentemente limpo) até o topo do arenito silicificado de coloração laranja avermelho com profundidade de 8m.
50	787,774	7583,056	584	Rodovia Vicinal Abílio A. Corrêa (Araraquara/ Guarapiranga), Faz. Ouro Fino.	Afloramento de basalto circundando todo o morro. Nesta porção da área de estudo, nos relevos dissecados geralmente aflora o basalto e nos relevos mais suaves ocorre o solo arenoso alaranjado de alteração da Formação Botucatu.
51	787,340	7582,970	518	Dependências da Faz. Ouro Fino.	
52	789,796	7584,462	600	Rodovia Vicinal Abílio A. Corrêa (Araraquara/ Guarapiranga), Bairro dos Machados, 200m da SP-255	Solo arenoso alaranjado oriundo da alteração da Formação Botucatu. Este ponto corresponde ao contato entre o basalto da Formação Serra Geral e o solo da Formação Botucatu. A informação do poço, vide anexo.
53	791,430	7583,340	665	Rodovia Vicinal Francisco J. Zanin (Araraquara/Usina Zanin), entrada para as Faz. Tanquinho e Itacoara.	Solo vermelho, textura silto-arenosa, matriz argilosa, oriundo da alteração residual dos sedimentos da Formação Adamantina.
54	789,869	7581,783	635	Fazenda Tanquinho, 1500m à Oeste da Rodovia de acesso.	Solo vermelho, textura silto-arenosa, matriz argilosa, oriundo da alteração residual dos sedimentos da Formação Adamantina.
55	789,096	7581,865	590	Fazenda Itacoara, 1800m à Oeste da Rodovia de acesso.	Afloramento de basalto alterado de coloração ocre a cinza.
56	790,762	7581,378	653	Rodovia Vicinal Francisco J. Zanin (Araraquara/Usina Zanin), entrada para as Faz. Morro Alto.	Solo vermelho da Formação Adamantina. Exame de concentrado de solo mostra: quartzo subordinado por magnetita, granulometria muito fina a média, predomínio da fração fina, grãos subarredondados a arredondados, subesféricos, moderada seleção.
57	789,207	7580,572	570	Rodovia Vicinal Francisco J. Zanin (Araraquara/Usina Zanin), entrada para a antiga Pedreira Bombarda.	Afloramento de basalto cinza esverdeado de granulação fina, antiga cava da pedreira Bombarda. Local com vegetação parcialmente reconstituída.
58	790,739	7580,099	579	Rodovia Vicinal Francisco J. Zanin, Usina Zanin.	Solo vermelho de textura silto-arenosa, matriz argilosa, resultante da alteração dos sedimentos da Formação Adamantina. Infelizmente as informações sobre os poços tubulares profundos da empresa, foram negadas pelo gerente geral da área.
59	792,141	7584,206	663	SP-310, km 271, em frente da Cervejaria Kaiser.	Solo vermelho oriundo da alteração dos sedimentos silto-arenosos da Formação Adamantina. Neste ponto observou um aumento relativo no teor das magnetitas, quando comparado aos outros pontos estudados. As magnetitas são finas a muito finas e apresentam brilho fosco.
60	793,428	7583,168	660	SP-310, km 269, nascente do Córrego Capauva.	Solo vermelho oriundo da alteração dos sedimentos silto-arenosos da Formação Adamantina.
61	794,793	7581,969	714	SP-310, Km 267, Posto de Abastecimento Bambina.	Solo vermelho de alteração da Fm. Adamantina, Grupo Bauru. As informações obtidas são provenientes da descrição da perfuração do poço tubular profundo. Do topo para a base temos: 18m de arenito vermelho esbranquiçado, fino a médio, argiloso, friável – Gr. Bauru. De 18 a 55m uma basalto alterado de coloração rosada, saprolito, gradando para um basalto castanho esverdeado, rocha sã – Formação Serra Geral. De 55 a 121m, profundidade final do poço, arenito vermelho claro, muito fino a fino, pouco argiloso, subarredondado, bem

					selecionado, friável, quartzoso.
62	794,296	7582,634	692	SP-310, Km 268, Posto de Abastecimento Morada do Sol.	Solo vermelho de alteração dos sedimentos da Fm Adamantina.
63	793,327	7581,090	635	Sítio Barreiro, antiga Faz. Água Branca.	Solo vermelho de alteração dos sedimentos da Fm Adamantina.
64	792,849	7578,830	655	Pedreira Multi Pedras, Grupo Leão-Leão, antiga Faz. Americana.	Afloramento de basalto na cava da pedreira, sendo recoberto pelo solo vermelho de alteração residual da Fm. Adamantina. Ausência de nível de conglomerado. Neste local foi realizado o levantamento estrutural que possui um tópico específico para o assunto.
65	794,000	7578,960	657	Sítio Água Azul, antiga Faz. Americana	Solo vermelho de alteração dos sedimentos da Fm. Adamantina.
66	795,021	7580,034	660	Sítio Jardim, 50m do leito do Córrego Água Azul.	Solo vermelho de alteração dos sedimentos da Fm. Adamantina.
67	796,072	7581,105	674	SP-310, ponte sobre o Córrego Água Azul.	Solo vermelho de alteração dos sedimentos da Fm. Adamantina.
68	797,300	7580,100	720	SP-310, trevo de acesso à Usina Tamoio	Solo vermelho alaranjado, estrutura blocosa a migalho, arenoso fino a muito fino, subordinados por grãos médios, bem arredondados a arredondados, esféricos, alaranjados, subordinados por hialinos. As magnetitas são arredondadas e demonstram ser retrabalhadas. Solo de cobertura residual alóctone e correlacionável com o solo de alteração autóctone da Formação Botucatu, aflorante na porção SW da área de estudo.
69	795,901	7584,616	695	Jd. Ieda, 200m da via de acesso à estação do Ouro.	Local pobre em afloramento. Geomorfologicamente a área é um platô recoberto por solo arenoso de coloração alaranjada oriundo da alteração residual da Fm. Botucatu. Exame de concentrado de solo mostrou as seguintes características: quartzo e magnetitas, grãos alaranjados, subordinados hialinos, granulometria muito fina a média, com predominância da fração fina, arredondados, esféricos e pouca matriz argilosa, facilmente lavável e suscetível à erosão.
70	796,209	7583,729	719	Bairro Victório de Santi, Rua Manoel Fernandes Cadina, 861.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu.
71	796,242	7583,002	725	Bairro Victório de Santi 2, limite sudoeste do núcleo urbano de Araraquara	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu.
72	797,778	7583,133	720	Poço tubular profundo Dr. Aldo Lupo – DAAE.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu.
73	798,140	7583,164	720	Fazenda Capão Seco, 200 m à leste do ponto 72.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu.
74	798,298	7582,401	718	Estrada em terra que liga a Faz. Capão Seco à Faz. Capão Quente.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu.
75	798,360	7580,978	729	Faz. Capão Quente, 1500 m à Norte da SP-310.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu. Nascente do Córrego Água Azul, água límpida, incolor, inodora. Utilizada para abastecimento dos moradores da fazenda.
76	797,030	7580,615	710	Drenagem afluente do Córrego Água Azul, 300 m à NE da SP-310.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu.
77	792,379	7584,866	630	SP-255, trevo de acesso à Cervejaria Kaiser.	Solo vermelho, silto-arenoso, estrutura blocosa a prismática e presença de grânulos de quartzo sem sinais de retrabalhamento. Solo de alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina.
78	793,000	7584,960	643	Sítio Guiuzepp, SP-255, Km 82.	Solo vermelho, silto-arenoso, estrutura blocosa a prismática, oriundo da alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina.
79	792,962	7585,000	656	SP-255, 500m à NE do trevo de acesso à Cervejaria Kaiser.	Afloramento do tipo corte de estrada, perfil de solo vermelho silto-arenoso com matriz argilosa (Fm. Adamantina), de aproximadamente 6m de altura. Observado um nível conglomerático de 10 a 40cm de espessura e 30m de comprimento, composto por seixos de quartzito de tamalhos e formas variadas, fragmentos de basalto. Este nível situa-se 40cm acima do leito da rodovia. A montante do ponto descrito, aflora

					na base do nível de conglomerado, fragmentos de basalto, correlacionável ao cenário estudado no ponto 40. O basalto exibe coloração ocre e extremamente alterado.
80	794,345	7585,583	661	Trevo de acesso para o Bairro Cruzeiro do Sul com SP-255.	Solo vermelho estruturado, silto-arenoso, matriz argilosa, corresponde à alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina.
81	794,693	7585,961	638	SP-255, ponte sobre o Ribeirão do Ouro, cabeceira de drenagem.	Sedimentos inconsolidados da várzea do afluente do Ribeirão do Ouro.
82	795,200	7585,700	650	Jardim Cruzeiro do Sul, antiga ravina de grande porte.	Solo vermelho de alteração da Fm. Adamantina. Para maiores informações sobre a deflagração do processo erosivo, vide Meaulo (2002).
83	794,846	7586,147	653	Viaduto de acesso ao Aeroporto Bartolomeu de Gusmão, SP-255.	O afloramento do tipo corte de estrada possui três níveis distintos, do topo pra a base. 1-Solo vermelho, estrutura prismática, silto-arenoso, matriz argilosa; 2-Nível conglomerático, 20cm de espessura e 250m de comprimento, aflorante em ambos os lados da rodovia; 3-Basalto, saprolito de coloração ocre a rosado, amigdaloidal (branco), estruturado/fraturado e baixa densidade.
84	795,710	7586,756	670	SP-255, entrada para o Bairro Jd. Das Hortências, cabeceira da pista do Aeroporto B. Gusmão.	Exame de concentrado de solo: quartzo e magnetita, granulometria muito fina a média, predominantemente muito fina a fina, subordinado pela fração média, subarredondado a arredondado, subordinados por grãos angulares a subangulares (médios), esféricos a subesféricos, moderada seleção. As magnetitas são finas a muito finas e não apresentam sinais de retrabalhamento. Solo de alteração dos sedimentos da Fm. Adamantina.
85	796,520	7587,200	640	SP-255, entrada para o Bairro do Ouro.	Solo de alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina.
86	797,001	7587,553	650	SP-255, 200m à NE do trevo para o Bairro do Ouro.	Solo de alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina.
87	797,744	7588,275	680	SP-255, Km 76, Sítio Pinheirinho.	Solo de alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina. A partir da informação do poço semi-artesiano a espessura do solo é de 35m.
88	798,337	7588,498	676	Poço tubular profundo – DAAE, 400m à NW da SP-255.	Solo de alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina.
89	799,016	7588,800	698	SP-255, 700m do trevo de acesso para o Bairro Pinheirinho e Américo Brasiliense.	A quebra de relevo indica mudança na coloração do solo que reflete uma variação da área fonte dos horizontes pedológicos. O solo exibe uma coloração vermelho alaranjado, estrutura blocosa, pouca matriz e facilmente lavável.
90	798,730	7590,330	725	Rodovia Vicinal que liga Bairro Pinheirinho à SP-255.	Solo arenoso alaranjado correlacionável ao ponto 69 e 89.
91	798,255	7590,844	730	Rodovia Vicinal que liga Bairro Pinheirinho à SP-255, 300m do trevo de acesso ao Aterro Sanitário de Araraquara.	Solo vermelho alaranjado, estrutura blocosa a migalho, arenoso fino a muito fino, subordinados por grãos médios, bem arredondados a arredondados, esféricos, alaranjados, subordinados por hialinos. As magnetitas são arredondadas e demonstram ser retrabalhadas. Solo de cobertura residual alóctone da Formação Botucatu.
92	797,625	7591,379	706	Nascente do Córrego da Caixa D'Água, área de lazer do Pinheirinho.	Solo hidromórfico de coloração cinza escuro, material arenoso de granulometria variando entre fina a grossa.
93	797,123	7591,024	715	Área de lazer do Pinheirinho, Centro de Controle Ambiental - Zoonoses.	Solo arenoso alaranjado de cobertura alóctone da Formação Botucatu.
94	797,100	7590,300	704	Poço tubular profundo – DAAE, área de lazer do Pinheirinho.	Solo arenoso alaranjado de cobertura alóctone da Formação Botucatu.
95	796,552	7589,964	690	Jd. Pinheirinho II, limite Oeste da Faz. Pinheirinho.	Solo arenoso alaranjado de cobertura alóctone da Formação Botucatu. Contato com o solo vermelho de alteração da Fm. Adamantina.
96	796,665	7589,483	673	Parque Ecológico do Basalto, antiga pedreira Manoel Rodrigues – Uniara/Pref. Municipal.	Afloramento de basalto na antiga cava da pedreira. Ver tópico específico sobre levantamento das medidas estruturais.
97	796,494	7589,198	659	200m à NE da ponte	Solo vermelho, estrutura prismática, granulometria silto-arenosa

				que liga Jd. Brasil com Pq. Res. São Paulo.	com matriz argilosa, dificilmente lavável na análise do concentrado de solo. Solo de alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina.
98	796,971	7588,828	668	Pq. Residencial São Paulo, Av. Central.	Solo vermelho, estrutura prismática, granulometria silto-arenosa com matriz argilosa, dificilmente lavável na análise do concentrado de solo. Solo de alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina.
99	790,145	7592,890	690	Jd. Maria Luiza, Av. 3 com Rua Olavo Pereira Decordis.	Solo vermelho, areno-siltoso com matriz argilosa, subordinado por grânulos, grãos subarredondados, angulosos a subesféricos, mal selecionados. Solo de alteração dos sedimentos da Fm. Adamantina.
100	789,455	7592,449	663	Estrada em terra que liga o Jd Maria Luiza e Jd. Águas dos Paióis.	Solo vermelho, areno-siltoso com matriz argilosa, grãos subarredondados, angulosos a subesféricos, mal selecionados. Solo de alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina.
101	789,656	7591,747	667	Estrada em terra que liga o Jd Maria Luiza e Jd. Águas dos Paióis.	Solo vermelho, areno-siltoso com matriz argilosa, grãos subarredondados, angulosos a subesféricos, mal selecionados. Solo de alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina.
102	789,313	7591,714	660	Chácara Peroni, nº 110, Pq. Residencial Gramado.	Solo vermelho, areno-siltoso com matriz argilosa, grãos subarredondados, angulosos a subesféricos, mal selecionados. Solo de alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina. A partir da informação do poço semi-artesiano, o topo do basalto da Fm. Serra Geral está a 34m de profundidade (cota topográfica 626m).
103	789,168	7591,941	656	Chácara Primeira, Av. Thirso Alves Corrêa.	Solo vermelho, areno-siltoso com matriz argilosa, grãos subarredondados, angulosos a subesféricos, mal selecionados. Solo de alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina.
104	788,700	7591,990	620	Estância Caiocá, Av. Thirso Alves Corrêa.	Solo vermelho, areno-siltoso com matriz argilosa, grãos subarredondados, angulosos a subesféricos, mal selecionados. Solo de alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina.
105	788,191	7591,841	643	Av. Thirso Alves Corrêa X Rua Dr. Arani Murad, Pq. Tropical.	Solo vermelho, areno siltoso, menor porcentagem relativa de matriz argilosa. Composto por quartzo e raramente magnetita, grãos predominantemente alaranjados, subordinados por hialinos, granulometria muito fina a média, fração fina predominante, subarredondados a angulares, subesféricos a esféricos, moderada seleção. As magnetitas não exibem sinais de retrabalhamento, são finas a muito finas. Solo ligeiramente diferente do classificado como oriundo da Fm. Adamantina, porém se enquadra no contexto. Marca o possível contato litológico com os sedimentos alóctone da Formação Botucatu.
106	788,211	7591,536	653	Chácara São Thiago, Rua Dr. Arani Murad.	Solo vermelho, areno-siltoso, menor porcentagem relativa de matriz argilosa. Composto por quartzo e raramente magnetita, grãos predominantemente alaranjados, subordinados por hialinos, granulometria muito fina a média, fração fina predominante, subarredondados a angulares, subesféricos a esféricos, moderada seleção. Marca o possível contato litológico com os sedimentos alóctone da Formação Botucatu.
107	788,285	7591,013	648	500m do limite Oeste do Bairro Águas dos Paióis	Solo vermelho, areno siltoso, menor porcentagem relativa de matriz argilosa. Composto por quartzo e raramente magnetita, grãos predominantemente alaranjados, subordinados por hialinos, granulometria muito fina a média, fração fina predominante, subarredondados a angulares, subesféricos a esféricos, moderada seleção. Marca o possível contato litológico com os sedimentos alóctone da Formação Botucatu.
108	788,501	7590,895	630	150m à Oeste da Estação de Tratamento de Água do Jd. Águas dos Paióis.	Solo vermelho, areno siltoso, menor porcentagem relativa de matriz argilosa. Composto por quartzo e raramente magnetita, grãos predominantemente alaranjados, subordinados por hialinos, granulometria muito fina a média, fração fina predominante, subarredondados a angulares, subesféricos a esféricos, moderada seleção.
109	797,118	7586,179	657	Sítio Castelari, 300m à leste do Jd. Hortências.	Solo de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu. O exame de concentração de solo confirma a afirmação, pois exhibe solo amarelado a creme, composto por quartzo e magnetita (raras). Os grãos são predominantemente hialinos, subordinados por grãos com película de óxido de ferro,

					granulometria média a fina, fração fina predominante, subarredondados a angulosos(médios), subesféricos a esféricos, moderadamente selecionados, pouca matriz argilosa, facilmente lavável e erodido. Ausência de estruturas.
110	797,993	7586,492	655	Sítio São Bento, 50m à Norte da Febem de Araraquara.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu. Trata-se de um solo alóctone.
111	798,270	7586,530	670	Sítio Aracoara, 500m à NE da Febem de Araraquara.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu. Trata-se de um solo alóctone.
112	798,193	7586,289	674	Condomínio de Chácara Satélite, Rua Alcides de Lorenzo.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu. Trata-se de um solo alóctone.
113	799,200	7586,000	672	Chácara Sta. Terezinha do Ouro, 100m da estrada para a Estação do Ouro.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu. Trata-se de um solo alóctone.
114	799,900	7585,500	645	Nascente do Córrego das Furnas.	Afloramento do arenito silificicado de coloração amarela a alaranjada, exibe estruturas centimétricas a métricas do tipo cruzada da Formação Botucatu. A 2Km à leste (fora da área de estudo) localiza-se a Pedreira São Bento, onde podem ser observados diversos tipos de icnofósseis. Nas proximidades foi realizado o levantamento de medidas estruturais, presente em anexo específico.
115	799,168	7585,094	705	Sítio Capão Seco, 300m da estação do Ouro.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu. Trata-se de um solo alóctone.
116	798,987	7584,836	712	Sítio do Lilo, Estação do Ouro.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu. Trata-se de um solo alóctone.
117	798,383	UTM 7584690	698	Fundos da Faz. Capão Seco, ao lado da Via Férrea.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu. Trata-se de um solo alóctone.
118	797,811	7584,736	684	Área de Invasão, junto a Via Férrea, 1000m à SE do Jd. das Hortências.	Solo arenoso cinza a cinza escuro, rico em matéria orgânica. Poço escavado sem revestimento e recém construído, ao lado da via férrea de alto tráfego de cargas perigosas. Área de alta vulnerabilidade natural (solo arenoso) e apresentando risco potencial de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos (poço e possíveis vazamentos).
119	797,019	7585,877	678	Limite Sul do Jd. das Hortências	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu. Trata-se de um solo alóctone.
120	791,988	7586,000	645	Rotatória da Rua Domingos Zanin, Autoara Veículos.	Afloramento do tipo corte de estrada. Solo vermelho, estrutura prismática a blocosa, presença de <i>cutans</i> (translocação de argila). O concentrado do solo: argiloso, dificilmente lavável, concentração residual após lavagem, predominantemente magnetitas, subordinado por quartzo com película ferruginosa. Os grãos de quartzo são finos a muitos finos, subordinados por médios, angulares a subangulares, subesféricos a esféricos, má seleção. Os grãos de magnetitas possuem granulometria e formas variadas, localmente tipo chumbinho. Este solo possui características mistas entre o solo de alteração dos sedimentos da Fm. Adamantina e o solo de alteração do basalto da Fm. Serra Geral.
121	784,103	7581,505	672	SP-255, 1200m à SW do Morro Cortado.	Solo creme amarelado, arenoso, granulometria muito fina a média, fração fina predominante, subordinados por grãos médios, hialinos e alranjados, subarredondados a arredondados, subesféricos, boa seleção. Este tipo de solo ocorre nesta porção da área em relevos suaves. Solo de alteração dos sedimentos autóctone da Fm. Botucatu.
122	784,622	7581,494	601	Faz. dos Coqueiros, 500m à Sul da SP-255	Contato entre o solo arenoso amarelado e o saprolito de basalto da Fm. Serra Geral.
123	784,689	7581,826	559	Entrada da Faz. dos Coqueiros, SP-255.	Perfil de solo arenoso de coloração alaranjada, utilizado como material de empréstimo. Solo de alteração dos sedimentos autóctone da Fm. Botucatu.
124	786,840	7583,100	625	Sítio Santa Adélia, SP-255, trevo de acesso ao ETE – DAAE.	Perfil de solo arenoso de coloração alaranjada, utilizado como material de empréstimo. Solo de alteração dos sedimentos autóctone da Fm. Botucatu.
125	787,663	7584,100	580	SP-255, 1200m à NE do ponto 124.	Afloramento de basalto parcialmente alterado. Corresponde a mudança do padrão de dissecação do relevo, do mais suave para

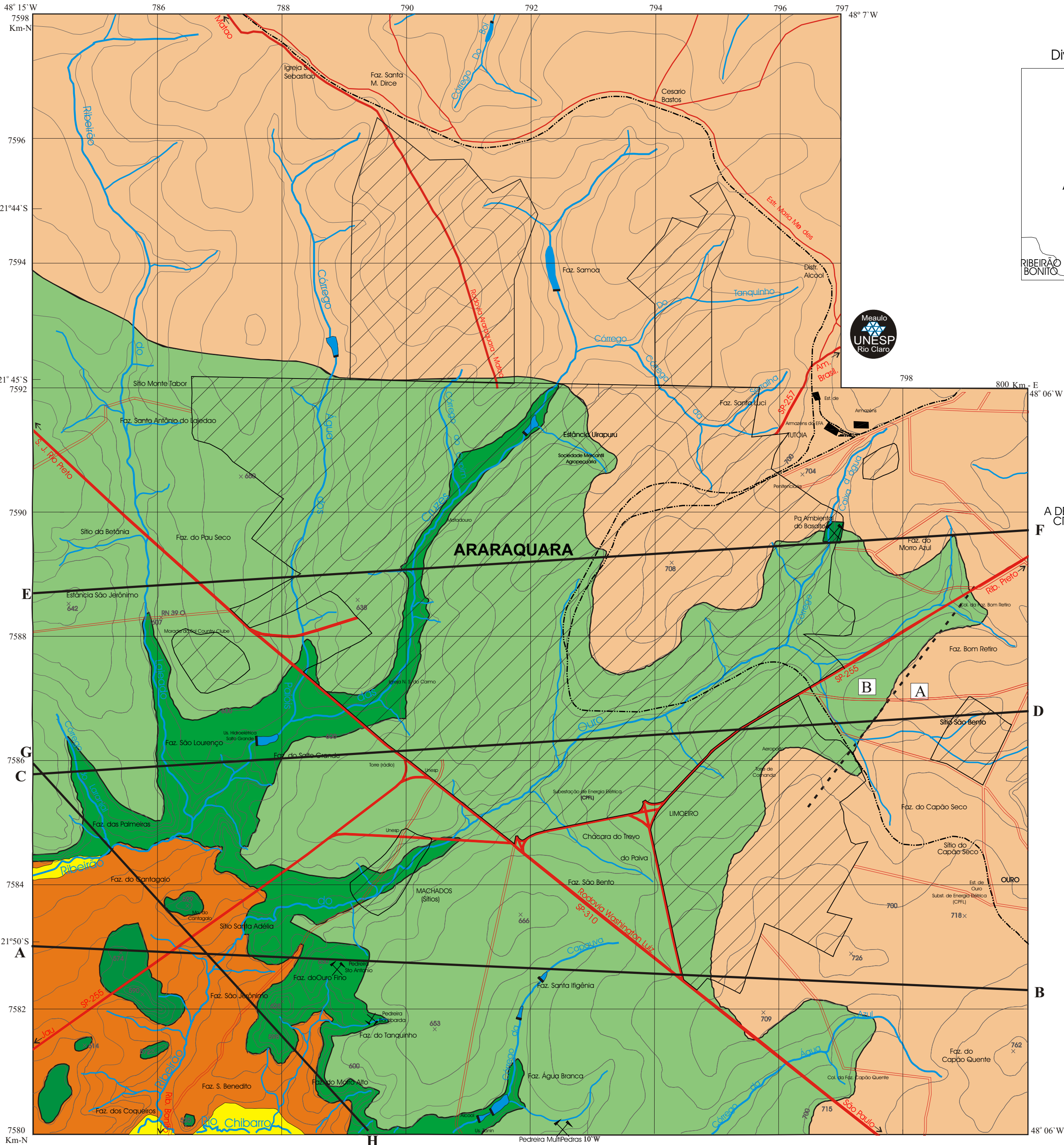
					o íngreme.
126	788,175	7582,913	540	Rod. Vicinal Abílio A. Corrêa, Pedreira Ouro Fino.	Ponto de extração de basalto para brita.
127	788,351	7583,252	560	Rod. Vicinal Abílio A. Corrêa, 500m à NE da entrada da Pedreira Ouro Fino.	Perfil de solo exibindo dois tipos de solos separados por nível arenito laterítico, ambos assentados sobre o arenito da Fm. Botucatu. Do topo para a base temos: 1,5m de solo vermelho, silto-areno e matriz argilosa; 0,20m de fragmentos irregulares de arenito cimentado por óxido de ferro e fragmentos de basalto de coloração ocre na porção exterior e cinza escuro (rocha sã) na porção interior; 1,80m de solo arenoso alaranjados; 1m de arenito creme amarelado a rosado com laminações plano paralelas marcadas pela variação de coloração, granulometria fina a muito fina, raramente média, subarredondado a arredondado, esféricos, boa seleção, friável, estruturas de habitação.
128	788,820	7584,007	580	Bairro dos Machados, Rod. Vicinal Abílio A. Corrêa	Solo vermelho de alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina.
129	789,300	7583,900	550	Rod. Vicinal Abílio A. Corrêa X Ribeirão do Ouro.	Solo vermelho de alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina.
130	789,566	UTM 7584152	578	Sítio Sta. Rita, Rod. Vicinal Abílio A. Corrêa	Afloramento do tipo corte de estrada, exibindo basalto alterado gradando para saprolito.
131	790,602	7584,744	580	Bairro Campus Ville, próximo ao Ribeirão do Ouro.	Solo vermelho de alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina.
132	790,691	7585,152	583	Agriflora Comércio de Mudas, 800m à NW do trevo de acesso a Rua Domingos Zanin.	Solo vermelho de alteração residual dos sedimentos da Fm. Adamantina.
133	792,220	7586,320	620	Av. Sete de Setembro esquina com Rua Pe. Duarte.	Informações fornecidas pelo responsável da obra de engenharia civil. O perfil geológico do terreno caracterizado por três furos de sondagem. Do topo para a base temos: 10m de solo vermelho de alteração dos sedimentos da Fm. Adamantina; 10 a 18m saprolito de basalto de coloração ocre a rosado; Nível D'água a 18m; 18 a 25m basalto de coloração esverdeada.
134	792,454	7588,410	663	Via Expressa, 200m à sul da Arafor.	Nascente do afluente do Ribeirão do Ouro, antiga área de abastecimento de água da população, entretanto atualmente a água não está dentro dos padrões de potabilidade. Nível d'água na cota topográfica 660m.
135	793,209	7589,874	695	Via Expressa, Entrada da Ferroban.	Solo arenoso alaranjado de cobertura residual da Fm. Botucatu. Perfil de solo de aproximadamente de 10m, onde na base localiza-se a via férrea.
136	793,415	7590,183	698	Ponte sobre a Via Férrea com Alameda Paulista.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu.
137	794,244	7590,538	685	Rod. Araraquara/Américo Brasiliense, Motel Aquarius.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu.
138	795,432	7590,626	700	Rod. Araraquara/Américo Brasiliense, Lar Nosso Ninho.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato aos sedimentos da Fm. Botucatu.
139	795,688	7590,663	705	Chácara Atibaia, 150m NW da Penitenciária de Araraquara.	Solo arenoso alaranjado de cobertura da Fm. Botucatu com 18m de espessura e N.A. com 16,5 de profundidade. Informações obtidas a partir do poço caipira.
140	796,400	7592,384	700	Rod. Araraquara/Américo Brasiliense, Posto Podium X Rotatória de acesso ao Jd. São Rafael.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu, com 42m de profundidade. Informações obtidas a partir do poço semi-artesiano.
141	790,122	7584,485	579	Bairro dos Machados, Leito do Ribeirão do Ouro.	Leito do ribeirão, rocha sã, basalto cinza esverdeado de granulação fina, estrutura compacta e extremamente fraturado.
142	787,991	7587,996	608	Av. 36, 500m à Leste do trevo com SP-310.	Afloramento do tipo corte de estrada, onde ocorre o seguinte cenário, da base para o topo: Basalto extremamente alterado,

					saprolito de coloração ocre com máculas esbranquiçadas, ausência de estrutura preservada; Nível conglomerático quartzoso de coloração amarelada e esbranquiçada de dimensões centimétricas. A espessura da rocha varia entre 5 a 15cm e persiste por 60m; Solo vermelho, estrutura blocosa, matriz argilosa, textura silto-arenosa, presença de <i>cutans</i> de argila, granulometria fina a grosseira, fração fina predominante, agular a subangular, subesférico, má seleção e películas de óxido de ferro nos grãos.
143	790,263	7588,419	634	Rua Castro Alves, 3410, Madereira Penna.	Afloramento tipo corte para nivelamento do terreno. Solo vermelho com estrutura prismática, silto-arenoso, matriz argilosa.
144	789,723	7588,598	630	Campus Unip, Av 36.	Afloramento tipo corte para nivelamento do terreno. O talude observado exibe da base para o topo: 4m -Basalto parcialmente alterado de coloração ocre e intenso acebolamento. Na porção sã da rocha, apresenta coloração cinza esverdeado, estrutura compacta e granulação fina; Ausência do nível conglomerático; 2,5m - solo é vermelho, silto-arenoso com matriz argilosa e estrutura primática.
145	788,328	7590,365	621	Sítio Domingos Sorgo, Pq Vale do Sol.	Solo vermelho, silto-arenoso com matriz argilosa e estrutura primática oriundo da alteração residual da Formação Adamantina.
146	787,435	7591,041	655	Estrada em terra que liga o Pq Vale do Sol à Faz. Sto. Antonio do Lajeado.	Solo vermelho, silto-arenoso com matriz argilosa e estrutura primática oriundo da alteração residual da Formação Adamantina.
147	786,894	7591,873	658	Av. Thirso Alves Corrêa, nº 35.	Solo vermelho, silto-arenoso com matriz argilosa e estrutura primática oriundo da alteração residual da Formação Adamantina.
148	787,238	7591,847	675	Rancho WTC, Av. Thirso Alves Corrêa.	Solo vermelho, silto-arenoso com matriz argilosa e estrutura primática oriundo da alteração da Formação Adamantina. Poço semi-artesiano de 42m de profundidade, não atingindo o topo rochoso.
149	790,501	7590,085	600	Ponte sobre o Ribeirão das Cruzes, margem oposta ao Matadouro Municipal.	Solo vermelho, silto-arenoso com matriz argilosa e estrutura primática oriundo da alteração residual da Formação Adamantina.
150	790,677	7590,754	620	Córrego do Cupim, limite Sul do Jd. Botânico.	Solo vermelho, silto-arenoso com matriz argilosa e estrutura primática oriundo da alteração residual da Formação Adamantina.
151	791,383	7590,836	620	Rua Dr. Genaro Granata, Jd. Botânico X Ribeirão das Cruzes	Afloramento do tipo talude. Basalto de coloração ocre e intenso processo de acebolamento em contato abrupto com nível conglomerático quartzoso e no topo o solo vermelho silto-arenoso com matriz argilosa.
152	793,028	7590,717	668	Av. Irmã Antonia A. Camargo X Rua Antonia de C. Abreu, Vila Harmonia.	Este ponto representa o contato pedológico entre os dois predominantes e diferentes tipos de solo observado na área de estudo. O primeiro e com maior frequência de ocorrência é de coloração vermelha, granulação fina a muito fina, subordinada por fração média, composto por quartzo com película de óxido de ferro e subordinado por grãos hialinos, podendo ocorrer magnetitas e grânulos de quartzo, matriz argilosa. O segundo tipo de solo ocorre geralmente em relevos com altitudes superiores a 665m na porção NE e Leste da área. Este solo exibe coloração alaranjado, arenoso, pouca matriz argilosa, facilmente lavável, grãos finos a médios, predominantemente hialinos e alaranjados, raramente possuem magnetita, arredondados a subarredondados, esféricos, boa seleção. Trata-se do solo alóctone correlato à Fm. Botucatu.
153	786,533	7587,800	618	Estrada antiga Araraquara/Gavião Peixoto, loteamento de chácaras Cocisa.	Solo vermelho, silto-arenoso com matriz argilosa e estrutura primática oriundo da alteração residual da Formação Adamantina. Poço escavado com espessura de 18m de profundidade.
154	795,800	7580,500	660	Sítio São Luiz, margem do Córrego Água Azul, 1,5Km à Sul da Rod. W.Luiz (Km 265).	Solo vermelho de alteração residual da Fm. Adamantina. Poço escavado com 7m de profundidade.
155	794,942	7593,777	679	Bairro Selmi Dei, Setor	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.

				2.	
156	795,045	7594,584	697	Escola Judith de Barros Batelli	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.
157	795,049	7595,244	722	Bairro Selmi Dei, Setor 5.	Afloramento do tipo corte de via férrea. Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.
158	794,914	7595,704	719	Bairro Selmi Dei, Setor 5.	Afloramento do tipo corte de via férrea. Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.
159	794,559	7595,124	717	Bairro Selmi Dei, Setor 5.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.
160	794,126	7594,342	701	Jd. Adalberto Roxo, Limite Norte.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.
161	793,621	7593,910	693	Jd. Adalberto Roxo, Limite Sul.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.
162	794,058	7593,329	652	Jd. Adalberto Roxo.	Afloramento as margens do Ribeirão das Cruzes. Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.
163	796,900	7592,500	718	Rod. Araraq./Am. Brasiliense. 800m a Leste do Posto Podium	Afloramento do tipo corte de estrada. Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.
164	796,900	7593,250	710	Estrada Maria Mendes, nº 18	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu. O abastecimento de água da propriedade é efetuado a partir do poço escavado. A profundidade do poço é de 16m, sendo que o N.A. encontra-se a 15,5m.
165	796,800	7594,000	702	Distribuidora de Combustível da Petrobrás – Desativada.	Cabeceira de drenagem do Córrego do Tanquinho. Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.
166	796,000	7594,600	704	Estrada Maria Mendes, 1500m do B. Selmi Dei.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.
167	792,100	7596,000	701	Via Férrea, 1,7m da Represa Particular	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.
168	791,000	7595,980	698	Estrada Maria Mendes.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu. Interflúvio, divisor de águas.
169	790,900	7596,600	675	Sítio do Avestruz, 800m à norte da via férrea	O abastecimento de água da propriedade é efetuado a partir do poço escavado. A profundidade do poço é de 9m, sendo que o N.A. encontra-se a 6m. Foi possível observar o contato geológico, com aproximadamente 3m de prof., entre o solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu e o arenito fino, rosado com mancha amareladas da Formação Botucatu.
170	790,600	7596,500	680	Recinto Rodeio de Amigos.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.
171	790,300	7596,900	700	R. Ferruccio Magnani X Rua Joaquim R. Santos	Ínio da área urbana do município de Araraquara (Residencial de Chácaras). Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.
172	789,200	7597,000	705	Fazenda Santa Maria Dirce.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu. Poço escavado com 23m de profundidade. A base da perfuração do poço atingiu o arenito fino, alaranjado da Formação Botucatu. O contato geológico com o solo correlato a Formação homônima é marcado por um nível de seixos e encontra-se a 19m de prof. O N.A. é coincidente ao contato.
173	788,800	7596,900	705	Rod. Araraq./ Bueno de Andrade, Igreja São Sebastião.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.
174	789,900	7596,000	705	Rod. Araraq./ Bueno de Andrade, próximo ao Motel Mel.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.
175	790,300	7595,400	706	Rod. Araraq./ Bueno de Andrade, Rua J. Barbieri Neto, 4000	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu. Corresponde à área do Cemitério Parque dos Lírios.
176	788,000	7597,250	688	Sítio Olho D'água, Rod. Araraq./Bueno de Andrade	Nascente do Córrego Águas dos Paióis. Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu. Poço escavado com 13m de profundidade, N.A. a 3m. A base do poço está assentada no arenito fino da Formação Botucatu.
177	787,600	7597,000	685	Sítio Olho D'água, Rod. Araraq./Bueno de Andrade.	Nascente do Córrego Águas dos Paióis. Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu. Poço escavado com 14m de profundidade, N.A. a 5m. A base do poço está assentada no arenito fino da Formação Botucatu.
178	788,500	7596,000	678	1Km à SW da Igreja S. Sebastião	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.
179	788,400	7595,250	660	Sítio Santa Carolina.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu. Poço escavado com 5m de profundidade e N.A. a 2m.
180	787,250	7595,100	683	Sítio Santa Carolina.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu.

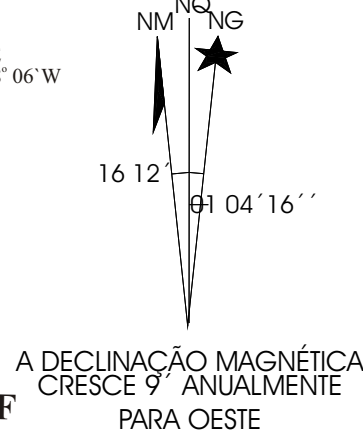
Vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos da área de Araraquara (SP).....Meaulo (2004)

181	785,500	7597,300	675	Fazenda Estrela.	Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu. Poço escavado com 17m de profundidade e N.A. a 15m.
182	785,000	7597,500	658	Sítio Espelho D'água.	Desenvolvimento de atividade pesqueira. Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu. Poço escavado com 12m de profundidade e N.A. a 10m.
183	788,750	7593,000	640	Sítio Arcade II	Represa do Córrego Água dos Paióis. Solo arenoso alaranjado de cobertura correlato à Fm. Botucatu. Possível contato litológico com os sedimentos silto-arenosos da Formação Adamantina.



Articulação da Folha

MATÃO	RINCÃO	PORTO PULADOR
MI-2671-1	MI-2671-2	MI-2672-1
BOA ESPERANÇA DO SUL	Área de Estudo	IBATÉ
MI-2671-3	MI-2671-4	MI-2672-3
DOURADO	RIBEIRÃO BONITO	SÃO CARLOS
MI-2705-1	MI-2705-2	MI-2706-1



- ELEMENTOS GEOLÓGICOS**
- Contato geológico
 - Seção Geológica
 - Falha geológica normal inferida NE/SW
 - Bloco Alto
 - Bloco Baixo
 - Pedreira em atividade e/ou recuperação ambiental
 - Pedreira desativada

- VIAS DE CIRCULAÇÃO**
- Rodovias Estaduais
 - Estradas Secundárias
 - Ferrovia

- ELEMENTOS ALTIMÉTRICOS**
- Referência de Nível
 - Cota comprovada
 - Curvas de Nível: 20 metros

- ELEMENTO URBANO**
- Área Urbanizada de Araraquara

- ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA**
- Cursos d' água
 - Lago/lagoo artificial
 - Barragens

Base de dados: 183 pontos estudados (Anexo 2)

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Julio de Mesquita Filho"
Câmpus de Rio Claro
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Curso de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

VULNERABILIDADE NATURAL À POLUIÇÃO
DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS
DA ÁREA DE ARARAQUARA (SP)

Mestre: Geol. FÁBIO JOSÉ MEAULO
Orientador: Prof. Dr. Leandro E. S. Cerri

ANEXO 03

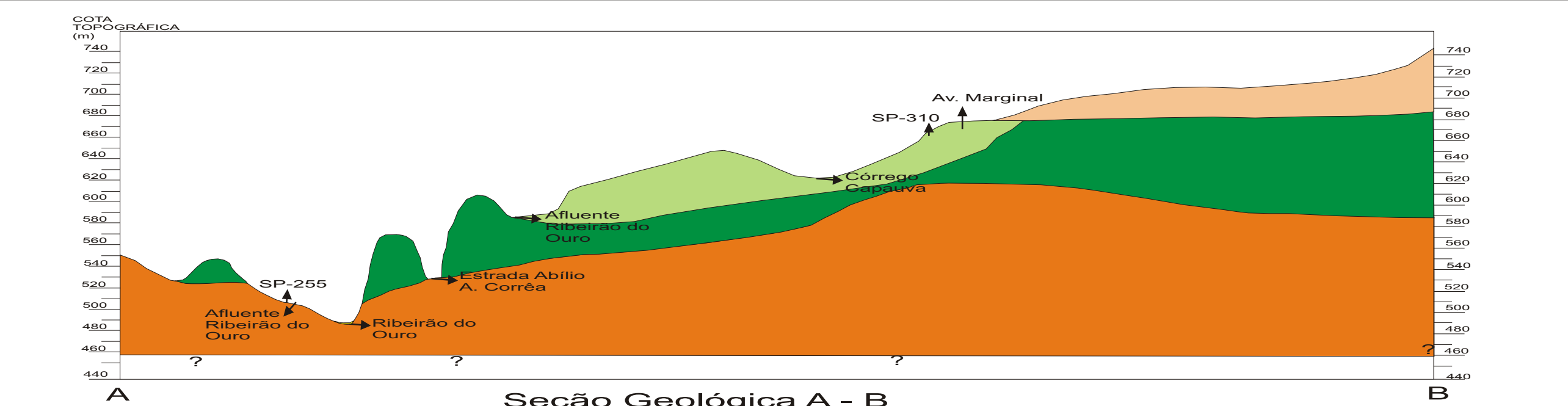
MAPA GEOLÓGICO DAS PORÇÕES NOROESTE DA
FOLHA ARARAQUARA E SUDOESTE DA FOLHA RINCÃO

ESCALA 1:50.000
0 1 2 3 4 Km

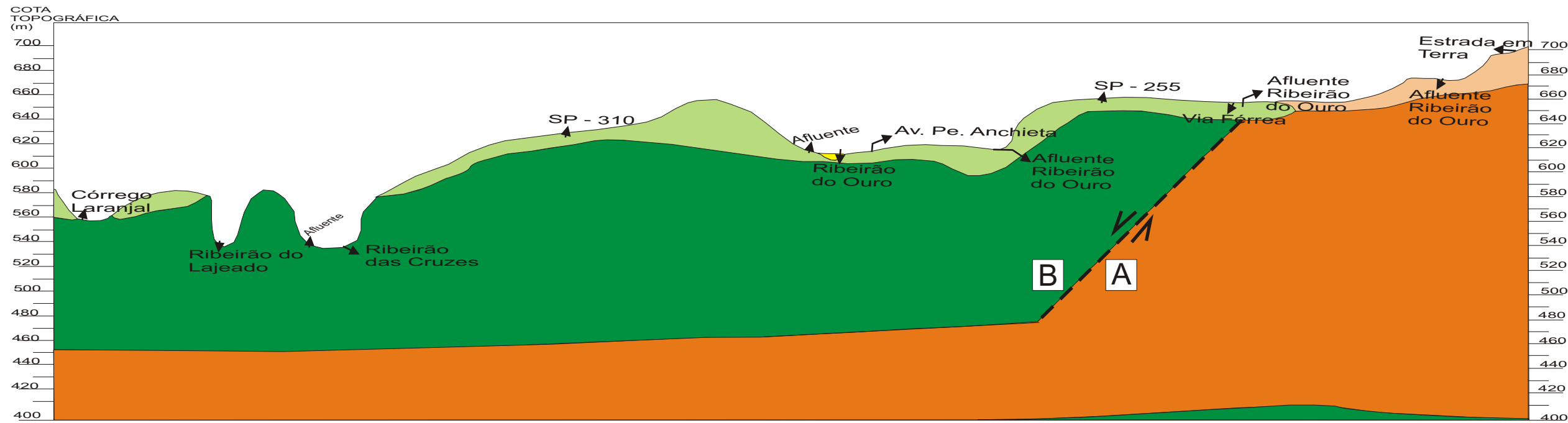
Rio Claro
2004

UNESP

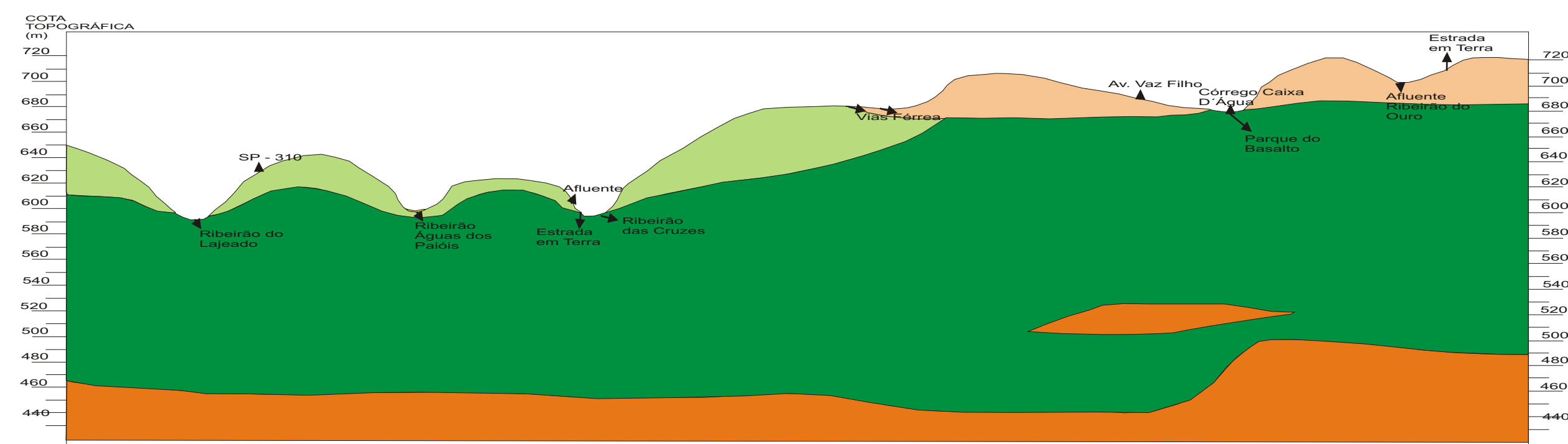
Coluna Litoestratigráfica	
0,75 Sedimentos recentes de fundo de vale.	Sedimentos Recentes - Quaternários
46,0 Sedimento inconsolidado, arenoso, vermelho-amarelo, correlato a Formação Botucatu.	Sedimentos Inconsolidados - Cenozóicos
40,0 Solo silto-arenoso vermelho, de matriz argilosa, residual da alteração dos sedimentos da Formação Adamantina.	Formação Adamantina - Grupo Bauru Cretáceo Superior
6,6 Basalto cinza esverdeado, rosado a ocre, fraturas verticais a subverticais em sistema geológico intertropical.	Formação Serra Geral - Grupo São Bento Triássico Superior/Cretáceo Inferior
6,6 Arenito fino, silicificado, bem selecionado, com estratificações cruzadas e em sistema intertropical. Solo arenoso alaranjado de alteração autóctone.	Formação Botucatu - Grupo São Bento Triássico Superior/Cretáceo Inferior



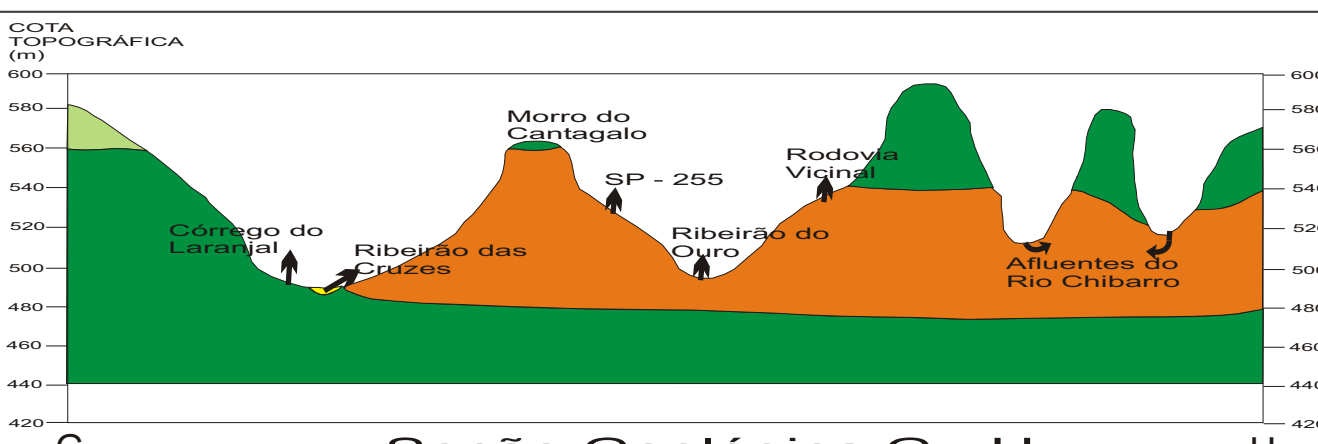
Seção Geológica A - B
Corte E - W



Seção Geológica C - D
Corte E - W



Seção Geológica E - F
Corte E - W



Seção Geológica G - H
Corte NW - SE



Localização da Área de Estudo



Divisão Administrativa



LEGENDA

- Contato Geológico
- Falha Normal Inferida
- Norte
- Limite Inferido
- Bloco Alto
- Bloco Baixo

Coluna Litoestratigráfica

- Sedimentos recentes de fundo de vale. Sedimentos Quaternários
- Solo silto-arenoso de matriz argilosa, vermelho de alteração dos sedimentos da Formação Adamantina. Grupo Bauru - Cretáceo Superior
- Basalto cinza esverdeado, rosado a ocre, fraturas verticais a subverticais Formação Serra Geral - Grupo São Bento - Triássico Superior/Cretáceo Inferior
- Arenito fino, silicificado, bem selecionado, com estratificações cruzadas e intertrapiano. Solo arenoso alaranjado de alteração do arenito descrito. Formação Botucatu - Grupo São Bento - Triássico Superior/Cretáceo Inferior

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Julio de Mesquita Filho"
Câmpus de Rio Claro
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Curso de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente

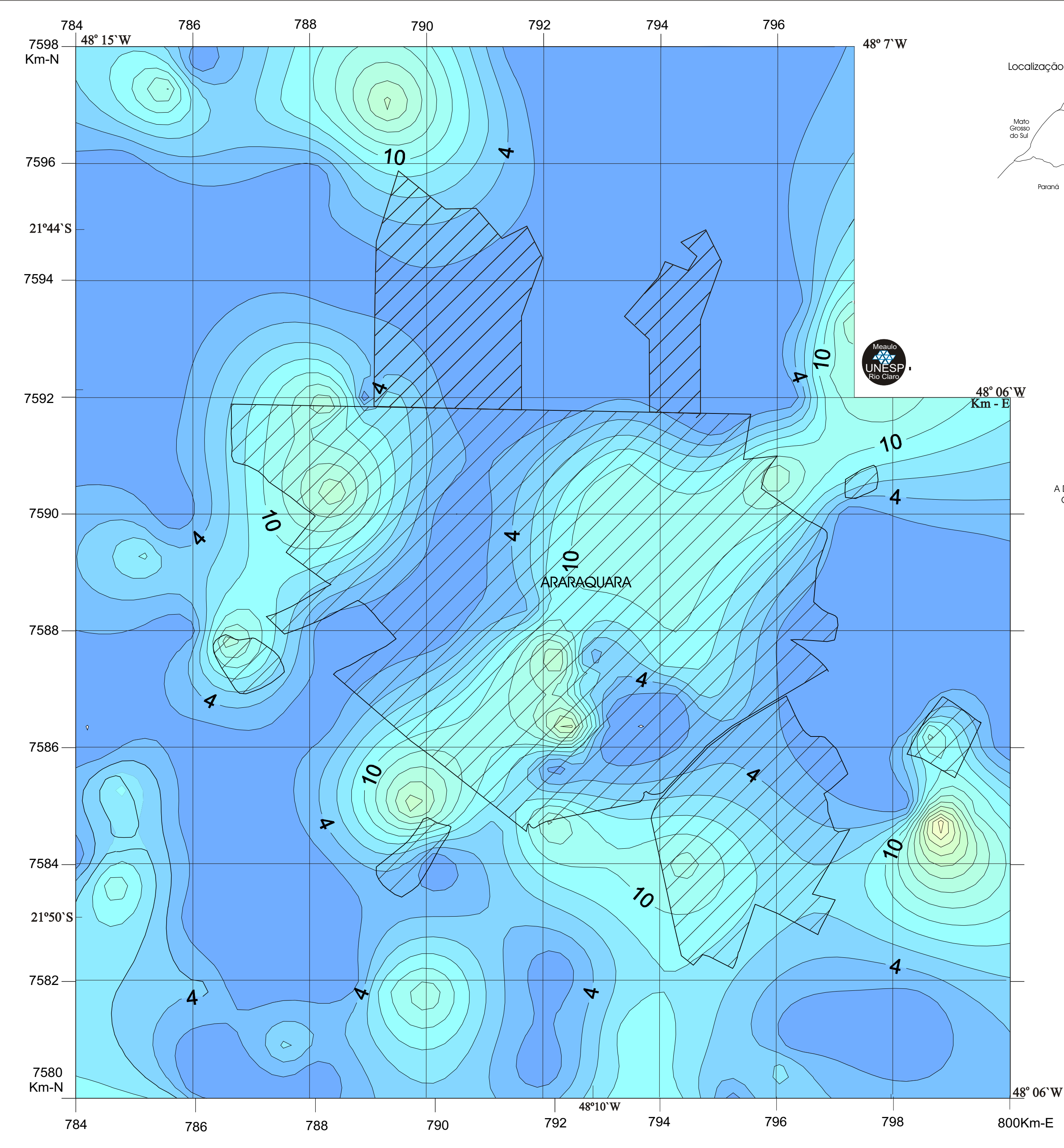
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
VULNERABILIDADE NATURAL À POLUIÇÃO
DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS
DA ÁREA DE ARARAQUARA (SP)

Mestre: Geol. FÁBIO JOSÉ MEAULO
Orientador: Prof. Dr. Leandro E. S. Cerri

ANEXO 03
SEÇÕES GEOLÓGICAS DA ÁREA DE ARARAQUARA (SP)

Rio Claro
2004

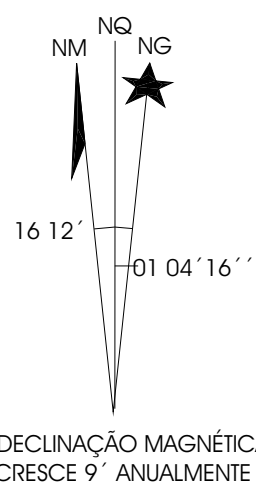




Localização da Área de Estudo



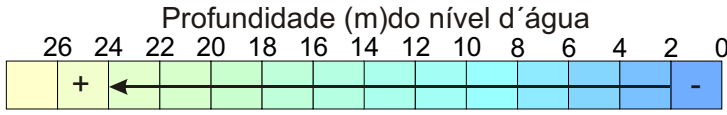
Divisão Administrativa



Articulação da Folha

MATÃO MI-2671-1	RINCÃO MI-2671-2	PORTO PULADOR MI-2672-1
BOA ESPERANÇA DO SUL MI-2671-3	ARARAQUARA MI-2671-4	IBATÉ MI-2672-3
DOURADO MI-2705-1	RIBEIRÃO BONITO MI-2705-2	SÃO CARLOS MI-2706-1

CONVENÇÕES



- Linhas de isovalores da profundidade do nível d'água
- Área urbanizada de Araraquara-SP

Base de dados: 37 poços escavados e 47 sondagens

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Julio de Mesquita Filho"
Câmpus de Rio Claro
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Curso de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
**VULNERABILIDADE NATURAL À POLUIÇÃO
DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS
DA ÁREA DE ARARAQUARA (SP)**

Mestre: Geol. FÁBIO JOSÉ MEAULO
Orientador: Prof. Dr. Leandro E. S. Cerri

ANEXO 04
**MAPA DE SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA DO NÍVEL D'ÁGUA
DO AQUIFERO LIVRE, NOROESTE DA FOLHA
ARARAQUARA E SUDOESTE DA FOLHA RINCÃO.**

ESCALA 1:50.000
0 1 2 3 4

Rio Claro
2004
 UNESP

