UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA REGIÃO
CÁRSTICA DE SETE LAGOAS-MG:
POTENCIALIDADES E RISCOS**

Paulo Fernando Pereira Pessoa

Orientador: Prof. Dr. Uriel Duarte

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia

SÃO PAULO
1996

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA REGIÃO
CÁRSTICA DE SETE LAGOAS-MG:
POTENCIALIDADES E RISCOS**

Paulo Fernando Pereira Pessoa

Orientador: Prof. Dr. Uriel Duarte

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO JULGADORA

nome
Presidente: Uriel Duarte

Examinadores: Ivo Karmann

Annkarin Aurelia Kimmelman e Silva

ass.

The block contains three handwritten signatures in blue ink. The first signature is at the top, corresponding to the President, Uriel Duarte. The second and third signatures are below it, corresponding to the examiners, Ivo Karmann and Annkarin Aurelia Kimmelman e Silva. The signatures are written over horizontal lines.

SÃO PAULO
1996

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC

30900009834

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA REGIÃO
CÁRSTICA DE SETE LAGOAS-MG:
POTENCIALIDADES E RISCOS**

Paulo Fernando Pereira Pessoa

Orientador: Prof. Dr. Uriel Duarte

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia

**SÃO PAULO
1996**

Dedicatória

*Dedico este estudo aos meus pais, à minha esposa, ao meu irmão e família e à nova luz da minha
vida:
- minha filha Gabriela.*

Agradecimentos

Inicialmente, gostaria de manifestar meus sinceros agradecimentos ao meu orientador, Dr. Uriel Duarte, pelo apoio e estímulo prestados em todas as fases do estudo, e a CAPES, pela bolsa de estudos.

A minha esposa Carla, pela dedicação, paciência e habilidade com os desenhos e correção do texto.

Aos amigos Augusto Auler e Maria Antonieta Mourão, pela leitura, críticas construtivas e sugestões.

Ao caro colega, Dr. Noce, pelo auxílio com o resumo em inglês.

Aos amigos André Klumb e Fabinho pela enorme colaboração quanto aos perfis dos poços tubulares cedidos.

Aos colegas Décio Beato e Milene Berbert-Born pelos incansáveis papos hidrogeológicos construtivos e elucidativos ao longo da jornada de trabalho.

Ao pessoal da CEMA- Consult. e Eng. do Meio Ambiente, em nome de Marco A. Pessoa, e em especial, aos digitadores Arnaldo e Carla.

A CPRM-Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais, em nome do Sr. Fernando A. Oliveira, por ter confiado na proposta de trabalho e ter criado condições que facilitaram sua execução.

Enfim, gostaria de externar aos meus pais, meu sentimento de grande estima e consideração pela constante ajuda em todos os momentos importantes de minha vida.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE TABELAS	IV
ÍNDICE DE ANEXOS	V
RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	VIII
I - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	1
I.1 - Localização da Área.....	3
I.2 - Aspectos Sócio- Econômicos.....	3
I.2.1 - Abastecimento e Demanda	5
I.2.2 - Uso da Água.....	6
I.3 - Aspectos Fisiográficos	7
I.3.1 - Pluviometria.....	7
I.3.2 - Formas de Relevo	9
I.3.3 - Rede Hidrográfica.....	10
I.3.4 - Cobertura Vegetacional e Uso da Terra.....	12
I.4 - Metodologia Adotada.....	14
II.- BALANÇO HÍDRICO.....	17
II.1 - Precipitação.....	19
II.2 - Evapotranspiração Potencial Real	19
II.3 - Água Armazenada no Solo	22
II.3.1 - Permeabilidade do Solo	22
II.3.2 - Cobertura Vegetacional	22
II.4 - Deficiência Hídrica	25
II.5 - Excedente Hídrico	25
III - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL E LOCAL	28
III.1 - Quadro Geotectônico	30
III.2 - Aspectos Litoestratigráficos e Estruturais.....	33

III.2.1 - Complexo Gnáissico-Migmatítico ou Embasamento Cristalino.....	33
III.2.2 - Grupo Bambuí.....	34
III.2.3 - Coberturas Superficiais.....	37
III.3 - Geologia Estrutural.....	39
IV - HIDROGEOLOGIA.....	47
IV.1 - Unidades Aquíferas.....	51
IV.1.1 - Unidade Aquífera Bambuí.....	53
IV.1.2 - Unidade Aquífera Cristalina.....	61
IV.1.3 - Unidade Aquífera das Coberturas Inconsolidadas.....	63
IV.2 - Características Hidráulicas e Dimensionais.....	64
IV.3 - Condicionamento Hidroquímico.....	74
IV.3.1 - Qualidade das Águas Subterrâneas.....	80
V - POTENCIALIDADES AQUÍFERAS.....	83
VI - VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS.....	88
VII - CONCLUSÕES.....	92
VIII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

I.1 - Localização da área de estudo	4
I.2 - Distribuição da precipitação média mensal	8
I.3 - Distribuição da frequência dos dias de chuva.....	8
I.4 - Mapa de distribuição da rede de drenagem.....	11
I.5 - Mapa de distribuição das classes de uso de terra.....	13
I.6 - Organograma geral de atividades.....	16

CAPÍTULO II

II.1 - Balanço Hídrico para a região de Sete Lagoas	21
II.2 - Mapa de distribuição das classes de permeabilidade dos terrenos.....	23
II.3 - Hidrograma das vazões médias mensais do ribeirão Jequitibá	26

CAPÍTULO III

III.1 - Arcabouço tectônico da porção sul do Cráton do São Francisco.....	31
III.2 - Distribuição dos domínios estruturais na área do Projeto VIDA.....	32
III.3 - Mapa Geológico.....	35
III.4 - Influência do paleo-relevo na sedimentação e estilos de deformação	40
III.5 - Diagramas de direção de fraturas na área do projeto VIDA	40
III.6 - Diagramas de direção de fraturas - Sete Lagoas	42
III.7 - Mapa de distribuição de fraturas.....	43

CAPÍTULO IV

IV.1 - Histogramas das características fundamentais dos aquíferos.....	49
IV.2 - Mapa Piezométrico	52
IV.3 - Curvas de recuperação - aquífero Cristalino	68
IV.4 - Curvas de recuperação - aquífero Sete Lagoas	69
IV.5 - Curvas de recuperação - aquífero Santa Helena	71
IV.6 - Diagrama de Piper	75
IV.7 - Mapa Hidroquímico	78

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I

I.1 - Distribuição da população em Sete Lagoas.....	3
I.2 - Relação entre os principais usos da água e as formas de captação.....	6
I.3 - Classes de uso da terra.....	12

CAPÍTULO II

II.1 - Parâmetros físico-climáticos.....	18
II.2 - Componentes do balanço hídrico mensal.....	20
II.3 - Classes de permeabilidade dos materiais inconsolidados.....	22
II.4 - Distribuição das classes de Uso da Terra.....	24
II.5 - Associação dos parâmetros para determinação da capacidade de retenção de água.....	24
II.6 - Características dimensionais dos componentes hidrológicos.....	27

CAPÍTULO III

III.1 - Síntese das principais colunas estratigráficas	29
III.2 - Coluna estratigráfica da região de Sete Lagoas.....	38

CAPÍTULO IV

IV.1- Características fundamentais dos aquíferos.....	48
IV.2 - Dados de rebaixamento residual dos ensaios de recuperação dos aquíferos.....	66
IV.3 - Resultados dos parâmetros hidráulicos.....	67
IV.4 - Resultados globais dos elementos químicos analisados.....	74
IV.5 - Características composicionais dos aquíferos.....	76
IV.6 - Teores dos parâmetros medidos “in loco”.....	77
IV.7 - Distribuição iônica média percentual - Aquífero Cárstico.....	77
IV.8 - Distribuição iônica média percentual - Aquífero Cristalino.....	79
IV.9 - Distribuição iônica média percentual - Aquífero Santa Helena	79
IV.10 - Limites de Potabilidade	82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 - Fichas de cadastramento SIAS

Anexo 2 - Inventário dos pontos d'água do município de Sete Lagoas

Anexo 3 - Inventário complementar dos pontos d'água de Sete Lagoas

Anexo 4 - Resultados das análises físico-químicas dos pontos d'água de Sete Lagoas

Anexo 5 - Mapa de Potencialidades Aquíferas e de Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos

RESUMO

A cidade de Sete Lagoas situada ao norte de Belo Horizonte representa um importante centro industrial metalúrgico, exercendo considerável influência sobre os municípios vizinhos. A avançada urbanização e crescimento de atividades potencialmente prejudiciais à qualidade de vida da população implicaram na necessidade de se avaliar as características hidrogeológicas locais, uma vez que os recursos hídricos subterrâneos representam 100% da demanda do consumo público.

As investigações de campo foram executadas simultaneamente à execução do projeto VIDA (Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental), desenvolvido pela CPRM (Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais), através da integração de informações multidisciplinares visando a conciliação do desenvolvimento sócio-econômico e preservação do meio ambiente.

A caracterização hidrogeológica da região cárstica de Sete Lagoas visa contribuir para o planejamento da ocupação urbana e industrial do referido município. Foram realizados estudos hidrológicos, a partir da elaboração do balanço hídrico, estimando-se as reservas permanentes e reguladoras em $1,85 \times 10^8 \text{ m}^3$ e $8,89 \times 10^7 \text{ m}^3$, respectivamente.

Os estudos hidrogeológicos basearam-se no levantamento de campo, que consistiu no cadastramento de 294 pontos d'água, entre poços tubulares, poços escavados e nascentes. Os perfis construtivo-estratigráficos de 102 poços tubulares foram analisados, permitindo uma visualização do condicionamento hidrogeológico em termos de fluxo e armazenamento. Os dados levantados nos perfis dos poços tubulares balizaram a configuração topográfica do embasamento cristalino, espessura e tipo do material sobrejacente, sendo traçados os principais fatores responsáveis pelo potencial aquífero e pelo grau de vulnerabilidade natural dos mesmos.

Interpretações de testes de bombeamento foram realizadas contribuindo para identificação das características hidráulicas de cada unidade aquífera, sendo corroboradas tais diferenciações através de 63 análises físico-químicas em poços tubulares e nascentes selecionadas.

Valendo-se destas análises, foram priorizados os aquíferos cársticos, os quais se mostraram como a principal fonte de abastecimento público e industrial, correspondendo a aproximadamente 80% da exploração da água subterrânea na área. O levantamento das principais atividades existentes e suas localizações forneceram subsídios para o reconhecimento de medidas preventivas contra o processo de contaminação dos aquíferos.

ABSTRACT

Sete Lagoas city, situated 68 km north of Belo Horizonte, is an important industrial center. Urbanization and the increase of potentially hazardous economic activities in adjacent areas to the city have put at risk the population quality of living. As a consequence, evaluations of hidrogeological parameters have become quite important considering that groundwater makes up 100% of available potable water.

Field studies were performed as part of an environmental research project (Projeto VIDA -Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental). This project was carried out by the CPRM and aimed to conciliate social and economical development and environment protection.

Hidrogeological characterization of karst terrains intends to be useful for industrial and urban occupation planning. Water balance for the Jequitibá basin lead to an estimation of $1,85 \times 10^8 \text{ m}^3$ and $8,8 \times 10^7 \text{ m}^3$ for permanent and regulatory aquifers reserves.

Data for hidrogeological studies came from 294 groundwater exploitation sites. Available 102 stratigraphic well-logs were analysed in order to determine aquifers properties, flow-types and reserves. Topography of the gneissic basement and its relation to aquifers potentialities were also determined. The fundamental aspects of natural (intrinsic) vulnerability of the aquifers arose from structural data and the study of hydraulic properties of the saturated and non-saturated zones. Description and location of antropogenic activities were used to make plans to provide against aquifers contamination.

The identification of hydraulic parameters of each aquifer unity was made through pumping tests data interpretation. Water from 63 wells and springs were analysed and the results were coherent with the separation of the aquifers into different unities. Based on these analyses karstic aquifers were selected due to its capability to supply urban and industrial areas of fresh water. It contains more than 80% of exploitable groundwater.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os estudos sobre hidrogeologia de terrenos cársticos brasileiros são pouco numerosos e grande parte trata essencialmente os fenômenos envolvidos na gênese e evolução de tais ambientes. Carecem estudos hidrogeológicos aplicados ao planejamento da ocupação dos espaços urbano e rural, principalmente em zonas cársticas cuja população depende exclusivamente da água subterrânea.

A existência de estudos hidrogeológicos em terrenos cársticos do território mineiro, é também pequena, o que implica na necessidade de se pesquisar outros trabalhos em áreas congêneres. Nos últimos 12 anos correspondentes aos últimos 6 Congressos Brasileiros de Água Subterrânea, apenas 9 trabalhos foram publicados abordando temas em áreas cársticas, dentro de um total de 299 estudos.

A seguir, são comentados alguns trabalhos técnicos, cuja relevância dos conteúdos discorridos apresenta interesse na aplicação direta ou indireta dentro do escopo do referido estudo.

Soares & Fiori (1976) abordaram a utilização das fotografias aéreas na “aplicação à pesquisa dos recursos hídricos e estruturais das camadas, definindo zonas favoráveis à recarga (permeabilidade) e estruturas favoráveis à captação (bacias, zonas de faturamento, etc.)”. Utilizou para definição destas zonas “homólogas”, informações a partir das texturas de drenagem e relevo.

Duarte (1980), em sua Tese de Doutorado, fez uma análise dos principais fatores envolvidos no processo de degradação do meio ambiente, enfocando, dentre os diversos agentes que interagem no meio geológico, o vetor águas subterrâneas como forma de execução aos planejamentos para o uso e ocupação dos solos. Delimitou ainda zonas de vulnerabilidade à contaminação dos mananciais hídricos subterrâneos.

Silva *et al.* (1981), através de um trabalho amplo com duração de cinco anos, investigou uma extensa área em terrenos cársticos, ao norte do estado de Minas Gerais, aplicando diversas técnicas para caracterização do sistema hidráulico daquele ambiente. Baseou-se principalmente, na comparação de técnicas de prospecção e avaliação de águas subterrâneas utilizando sensoriamento remoto, e procurando definir o que melhor se adaptava às condições de prospecção de aquífero em regiões cársticas. Valeu-se ainda de recursos como levantamento geofísico, perfilagem com geo-sensores traçadores isotópicos e traçadores químicos, além de análises isotópicas de águas subterrâneas e superficiais.

Silva (1984), aplicando técnicas de análise morfoestrutural no estudo dos aquíferos cársticos do Jaíba, procurou detectar os principais fraturamentos responsáveis pela ocorrência da água subterrânea. A metodologia empregada baseou-se na extração de elementos morfoestruturais (dolinas e fraturas) e posteriormente um tratamento estatístico da distribuição espacial de tais elementos, envolvendo análises de superfícies de tendências pela variação de suas densidades de ocorrências. Em seus aspectos conclusivos, coube ressaltar a verificação da não correlação, em determinadas partes da área, entre, por exemplo, a associação de fraturas e dolinas, e também, existirem dolinas que não estavam condicionadas às fraturas.

O mesmo autor (1984) propôs a aplicação de técnicas geomatemáticas para definição de um modelo de funcionamento de um aquífero cárstico. Para tanto, valeu-se das análises multivariantes (fatorial e agrupamento) com dados hidrogeológicos básicos, relacionados às características físicas do aquífero. Estes parâmetros permitiram definir e em alguns casos prever o funcionamento ou resposta do aquífero frente a determinadas ações exteriores (exploração por poço, infiltração, etc.). Os dados hidrogeológicos utilizados nas análises foram a espessura saturada, transmissividade, armazenamento, capacidade específica e a razão da capacidade específica pela espessura saturada.

Silva (1986) procurou estabelecer uma concepção regional do comportamento hidráulico das águas subterrâneas a partir do entendimento do modelo geológico e estrutural e da evolução cárstica do aquífero, (Grupo Bambuí, norte do estado de Minas Gerais). Os fatores responsáveis pelas características diferenciadas de carstificação foram reconhecidos tanto em nível regional quanto local. Dentro desse contexto, o estudo apresenta aspectos físico-hidrogeológicos do aquífero cárstico de maneira “a facilitar a prospecção e exploração das águas subterrâneas”.

Guerra & Mello (1986) discorreram sobre as influências marcantes dos fatores estruturais e/ou feições cársticas nas locações de poços tubulares, na região do Grupo Bambuí, Irecê-BA. Verificou-se que, mesmo poços locados em áreas onde a carstificação apresentava-se superficialmente ausente, podiam produzir boas vazões. Em geral as rochas calcárias nesta região encontram-se dobradas, sendo que os maiores volumes de água produzida correspondem às zonas afastadas dos eixos dos anticlinais, e que as estruturas transversais, associadas ou não às feições cársticas, são mais produtivas.

Guerra (1986) estudou em sua Tese de Doutorado o funcionamento hidrológico dos carstes da Chapada de Irecê, através do entendimento dos processos de carstificação. Os estudos abrangeram monitoramento de rede de poços para medição das variações do nível da água e amostras para análise química, além da coleta de amostras de rocha para avaliar as relações com os processos de carstificação. Dentre outros aspectos, concluiu que o carste da área é pouco desenvolvido em toda porção norte, encontrando-se em uma fase evolutiva juvenil gradativamente em direção ao sul. Nos locais onde há maior precipitação (Iraquara), já ocorre em fase madura, o mesmo acontecendo na borda oriental, devido à contribuição dos quartzitos Chapada Diamantina.

Costa (1990) fez um estudo dos principais fatores que influenciam na quantidade e qualidade das águas subterrâneas captadas nos aquíferos fissurais do Rio Grande do Norte. Utilizou os dados dos poços tubulares perfurados em rochas cristalinas entre 1981 e 1985, com vazões superiores a 200 l/h, num total de 443. Os fatores intrínsecos e extrínsecos relacionados entre os parâmetros dos poços foram vazão específica e resíduo seco, tentando-se as correlações com litologia, fratura, entrada d'água, profundidade, manto de cobertura, relevo/hidrografia e precipitação pluviométrica.

Andrade & Cascaes (1990) traçaram as principais características hidrogeológicas do Grupo Bambuí na região oeste do Estado da Bahia, abrangendo vários aspectos qualitativos e quantitativos com base na produção dos poços tubulares. Foram analisados 624 poços, com dados de profundidade, vazão, entradas d'água, resíduo total e dureza.

Meneses & Mello (1990) estudaram a "Integração de Dados de Sensoriamento Remoto para a Pesquisa Hidrogeológica em Áreas Cársticas", desenvolvendo mapas de feições lineares com individualização de feixes de fraturas, marcando zonas homólogas fortemente estruturadas, as quais pudessem determinar com maior facilidade o fluxo de água subterrânea. A utilização desta ferramenta na região da Serra do IuIu, vale do rio São Francisco, Bahia, permitiu a identificação de 16 áreas ordenadas em prioridades dentro de 3 classes. "As áreas selecionadas foram cruzadas com mapas de fluxos de água subterrânea, tipos de ambientes cársticos e mapa geológico, delimitando-se as áreas favoráveis à pesquisa hidrogeológica".

Fraga (1994) analisou a hidrogeologia do “Karst” paranaense dividindo em oito subcompartimentos, em termos de geoestruturas e fisiografia, o aquífero “Karst”. Utilizou dados hidroquímicos e hidrodinâmicos para caracterização dos domínios aquíferos, tecendo também considerações a respeito da recarga efetiva deste aquífero, que em termos gerais, é assegurada pela precipitação média anual superior a 1.500 mm.

Auler (1994) estudou a região cárstica de Matozinhos - Pedro Leopoldo - MG através de investigações hidrogeológicas e hidroquímicas. Utilizou técnicas de traçadores corantes para definição de fluxos subterrâneos e zonas de recarga, e em conjunto com os resultados de análises químicas e investigações de campo, verificou que a maior parte da água subterrânea que flui para o nível de base regional (rio das velhas) é autogênica.

I - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Aproximadamente 12% da superfície da Terra está coberta por rochas carbonáticas, e 25% da população mundial depende dos recursos hídricos subterrâneos explorados a partir de aquíferos cársticos (Ford & Williams 1992). Em quase todos os continentes, tem-se observado a crescente demanda de estudos aplicados ao maior conhecimento, e conseqüentemente, a um melhor entendimento da dinâmica hídrica subterrânea em ambientes cársticos.

Estes terrenos, por suas formas conspícuas de armazenamento e circulação da água subterrânea, têm requerido cada vez mais a atenção dos próprios habitantes, estes representados por chefes de governo, entidades preservacionistas, empresas ligadas aos setores afins, etc.

A gestão dos recursos hídricos subterrâneos, através de um plano de desenvolvimento sustentável, procura garantir o atendimento às necessidades do presente, sem contudo, comprometer as futuras gerações (Rebouças 1994). Não há uma forma padronizada ou modelos, através dos quais se possa proceder quanto ao controle das ações que condicionam o grau de interferência do homem no meio físico. Isto implica no fato de que o homem está sempre buscando medidas corretivas e/ou curativas, na maior parte das vezes, para resolver problemas inesperados, oriundos da falta de planejamento.

Em 1991, a CPRM (Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais) iniciou o projeto VIDA (Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental), objetivando o levantamento de informações básicas para a elaboração de um estudo multidisciplinar, que pudesse formular as metas para a expansão territorial e o crescimento ordenado das atividades de importância econômica regional (indústrias, agropecuárias, etc.). A perspectiva de um trabalho amplo, que possibilitasse a integração de diversos temas em benefício direto da população, se fez crescente, considerando o uso atual e a ocupação inadequada em terrenos de rochas calcárias, confrotando-se não só sua aptidão à exploração mineral, como também a vocação para atividades ligadas aos campos científico, cultural e de lazer.

Os estudos abrangeram uma área de 1890 km², constituída por oito municípios localizados ao norte da capital mineira (Figura I.1). Tendo o autor participado dos levantamentos hidrogeológicos da referida área, selecionou para esta dissertação o município de Sete Lagoas, devido ao seu estágio avançado de crescimento econômico e industrial, e também, pelo maior número de informações disponíveis a cerca dos inúmeros poços tubulares cadastrados, os quais representam a única fonte de abastecimento local.

De acordo com as características hidrogeológicas locais, entende-se que o estudo torna-se-á mais consistente, caso apresente uma abordagem integrada das diversas variáveis envolvidas nos processos que condicionam o comportamento da água subterrânea, suas formas de armazenamento e de fluxo, no espaço e no tempo. Desta forma, deve se consolidar através dos cruzamentos dos temas pesquisados, culminando na elaboração de documentos capazes de identificar as áreas potencialmente favoráveis à exploração dos aquíferos. Paralelamente, direcionará, de forma ordenada, a expansão urbana e o crescimento populacional, no sentido de se planejar a ocupação do espaço físico, dentro de um contexto puramente hidrogeológico.

Com vistas a esta integração, devem-se constar as áreas vulneráveis à contaminação dos aquíferos, resultantes da correlação entre as informações de caráter intrínseco do meio físico e aquelas oriundas de impactos diversos causados pela interferência antrópica, possibilitando o reconhecimento de áreas cujos riscos de contaminação podem ser interpretados.

Considerando-se que 97% da população sobrevive em uma área que representa apenas 7,3% da área do município, cabe salientar os domínios de rochas calcárias, sobre os quais está instalado o complexo urbano. O desenvolvimento sócio-econômico aliado à expansão urbana e industrial são fatores que podem comprometer a qualidade de vida da população, pois a demanda de água crescente no centro urbano tem exigido mais poços perfurados, com bombeamento de grandes vazões. A prevenção e controle de sua qualidade e quantidade implicam a necessidade de se criar um conjunto de medidas dirigidas a evitar ou reduzir os impactos causados pela ação antrópica. A ocorrência de abatimentos dos terrenos cársticos pode ser uma evidência da grande concentração de poços com vazões elevadas na área urbana.

Assim, de acordo com o referido contexto, cabe a tomada de providências, devendo a abordagem aqui apresentada contribuir de alguma forma no processo de racionalização das atividades de exploração dos recursos hídricos subterrâneos deste município, e talvez, de outras localidades, cuja metodologia for apropriada.

I.1 - Localização da Área

O município de Sete Lagoas localiza-se 68 km ao norte de Belo Horizonte sendo o acesso feito pela rodovia BR-040, que liga a capital mineira ao Distrito Federal, e também pela rodovia MG-424, passando pelos municípios de Vespasiano, Pedro Leopoldo, Matozinhos e Prudente de Moraes (Figura I.1).

Abrange uma área de 519 km² (IBGE 1991), situada altimetricamente numa cota média de 762 m (N.M), sendo as cotas inferior e superior, respectivamente, 650 m e 1276 m. A posição da sede está determinada pelas coordenadas geográficas de 19°27'33"S e 44°15'08" W (SEPLAN 1990).

I.2 - Aspectos Sócio-Econômicos

O município de Sete Lagoas está localizado na Zona Geográfica Metalúrgica, fazendo parte da Microrregião Calcários de Sete Lagoas, integrante da Macrorregião Metalúrgica e Campo das Vertentes. Exerce considerável influência sobre os municípios vizinhos devido a sua boa infra-estrutura urbana e seu comércio diversificado.

Segundo o Censo Demográfico realizado pelo IBGE (1991) foi observada uma densidade demográfica de 277,48 hab./km², contrapondo-se à de 50 hab./km² no período 1950 - 1990. Esta densidade é uma média relativa, já que o crescimento da população total e urbana é constante e a população rural diminui, no mesmo período, evidenciando um acentuado êxodo rural. A Tabela I.1 apresenta a evolução e distribuição da população urbana e rural.

TABELA I.1 - Distribuição da População em Sete Lagoas

ANO	POPULAÇÃO				
	TOTAL	URBANA		RURAL	
		Nº ABSOLUTO	%	Nº ABSOLUTO	%
1950	24.868	18.729	75,3	6.139	24,7
1960	41.656	36.482	87,6	5.174	12,4
1970	66.585	61.152	91,8	5.443	8,2
1980	102.628	96.604	94,1	6.024	5,9
1991	144.014	140.125	97,3	3.889	2,7

Fonte: FIBGE - Censos Demográficos (1991)

FIGURA 1.1 — LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A população considerada economicamente ativa é de apenas 35,2% do total, sendo que, deste percentual, as ocupações nos setores econômicos são:

- agropecuária, 5,5%;
- comércio, 11,5%;
- indústrias, mineração, construção e serviços industriais de utilidade pública, 37,4%;
- serviços, transporte, comunicação, administração pública e prestação de serviços, 45,6%.

I.2.1 - Abastecimento e Demanda

O sistema de abastecimento de água de Sete Lagoas fica a cargo do SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto, cujos dados em 1988, eram de 26.742 ligações de água e 18.182 ligações de esgoto, o que demonstra uma defasagem de cerca de 8.500 pontos sem atendimento de rede de esgoto.

Devido ao fato dos cursos d'água locais serem contaminados pelo despejo de esgotos domésticos, e também, o município não contar com uma malha de drenagem capaz de suprir a demanda, em termos de volume, o SAAE utiliza o sistema de captação de águas subterrâneas através de 65 poços tubulares profundos (1993), sendo a água tratada apenas à base de cloração. A vazão média extraída desses poços é da ordem de 10,2 l/s, sendo a demanda calculada a seguir.

Observando que esta vazão média é a obtida nos testes de bombeamento, para efeito de cálculo considera-se um valor 20% menor, aproximando-se da real vazão de funcionamento dos poços, incluindo-se perdas por vazamentos na rede, etc.

Assim, $d = \frac{p \times q \times k}{t}$, onde:

d = demanda de água em l/s;

p = população abastecida em n° de habitantes;

q = consumo médio = 200 l/hab. x dia;

k = C¹⁰ do dia de maior consumo = 1,2;

t = tempo de bombeamento, T1 = 16 h e T2 = 24 h.

Considerando que 140.000 habitantes eram abastecidos em 1991, teríamos em 1993, uma população de 151.356 habitantes, logo:

$$p/T1, d1 = \frac{151.356 \times 200 \times 1,2}{57.600} \Rightarrow d1 = 630,65 \text{ l/s}$$

$$p/T2, d2 = \frac{151.356 \times 200 \times 1,2}{86.400} \Rightarrow d2 = 420,44 \text{ l/s}$$

Considerando a vazão média de produção ($q = 8,0 \text{ l/s}$), tem-se:

$Q_t = \text{vazão total de produção} = q \times n^\circ \text{ de poços ativos.}$

Logo, $Q_t = 8,0 \times 65 \Rightarrow Q_t = 520 \text{ l/s}$

Conforme os cálculos acima, tem-se uma defasagem de 110 l/s para o tempo de bombeamento dos poços igual a 16 h, e um excedente de 100 l/s para 24 h de bombeamento.

Diante deste exemplo, ocorre uma escala de revezamento entre poços que produzam vazões acima da média, e aqueles que operam com valores inferiores à média. Considerando-se o total de horas de bombeamento de cada poço, mantém-se uma produção condizente com a demanda.

I.2.2 - Uso da Água

De acordo com o inventário dos pontos d'água, existem em Sete Lagoas 202 poços tubulares (anexo 2), os quais são responsáveis por mais de 98% do abastecimento da população, sendo os 2% restantes, referentes ao consumo por poços escavados e nascentes. A tabela I.2 apresenta a relação dos principais usos da água, em termos percentuais e absolutos.

TABELA I.2 - Relação entre os Principais Usos da Água e as Formas de Captação

FORMA DE CAPTAÇÃO	PRINCIPAIS USOS						TOTAL	
	PÚBLICO		INDUSTRIAL		RURAL		Nº DE PONTOS	%
	Nº DE PONTOS	%	Nº DE PONTOS	%	Nº DE PONTOS	%		
Poços Tubulares	89	44,0	70	34,7	43	21,3	202	69,2
Poços Escavados	07	12,5	04	7,1	45	80,4	56	19,2
Nascentes	02	5,6	03	8,3	31	86,1	36	11,6
Total	98	33,3	77	26,2	119	40,5	294	100

A distribuição dos pontos d'água, de acordo com suas utilizações predominantes, seguiu o seguinte critério:

- Uso público : poços do SAAE, que estejam localizados em área urbana ou rural, para abastecimento doméstico, postos de gasolina, clubes, cemitérios, postos policiais, órgãos municipais, Exército, escolas e hospitais;
- Uso industrial: siderúrgicas, indústrias de laticínios, curtumes, frigoríficos, têxtil e minerações;
- Uso rural: fazendas, sítios, chácaras, granjas e empresas rurais.

I.3 - Aspectos Fisiográficos

O conhecimento das características fisiográficas e climáticas da região são de importância fundamental no estudo do comportamento dos aquíferos, principalmente dos aquíferos cársticos. Portanto, foram levantados os principais fatores que interagem na caracterização do sistema hidrogeológico em questão, com vistas ao entendimento de sua dinâmica e à compreensão dos mecanismos de controle da recarga.

I.3.1 - Pluviometria

Consideradas como um dos principais elementos responsáveis pela formação de ambientes cársticos (Ford & Williams 1992), as águas meteóricas, direta ou indiretamente, atuam em conjunto a outros elementos, os quais diferenciam estágios na evolução destes ambientes.

As descargas pluviais na região de Sete Lagoas oscilam entre 1300 e 1500 mm anuais, sendo bem marcadas as estações secas (abril - setembro) e as úmidas (outubro - março). As Figuras I.2 e I.3 apresentam respectivamente, a distribuição dos totais pluviométricos médios mensais (período 1942 - 1993) e o número de dias de chuva para a estação de Sete Lagoas (período 1961 - 1990).

FIGURA 1.2 - Distribuição da Precipitação Média Mensal **FIGURA 1.3 - Distribuição da Frequência dos Dias de Chuva**

I.3.2 - Formas de Relevo

De acordo com os estudos executados por Pedrosa (1994) distinguem-se quatro compartimentos de relevo no município de Sete Lagoas:

- Superfície Rebaixada de Lagoa Santa - Sete Lagoas;
- Planalto Dissecado de Santa Helena;
- Planalto Dissecado do rio das Velhas;
- Planalto Dissecado do ribeirão da Mata.

A Superfície Rebaixada de Lagoa Santa - Sete Lagoas corresponde a uma extensa superfície ondulada e localmente aplainada, com altitudes próximas a 700 m, desenvolvidas ao longo dos principais rios, e elaboradas por processos de sedimentação pós-terciários. Constitui um segmento de Pediplano Pleistocênio, desenvolvido no interior da “Depressão Sanfranciscana” (Silva 1981, 1983), cujos depósitos de cobertura são predominantemente argilosos.

Os Planaltos Dissecados estão representados por áreas de topografia acidentada, atingindo cotas superiores a 900 m de altitude, relacionados ao entalhamento dos cursos d’água, onde predominam colinas de topos arredondados com vertentes convexas e vales encaixados.

O Planalto Dissecado de Santa Helena situa-se na porção centro noroeste do município, apresentando-se fortemente dissecado, com depósitos de cobertura parcialmente removidos. Este compartimento funciona como divisor de águas das bacias dos rios das Velhas e Paraopeba.

O Planalto Dissecado do rio das Velhas é encontrado apenas através de pequenos fragmentos ao norte, e no limite nordeste com o município de Funilândia, onde está bordejando o vale do ribeirão Jequitibá.

O Planalto Dissecado do ribeirão da Mata encontra-se ao sul do município e está estruturado por rochas do embasamento cristalino. Os processos de dissecação fluvial nestes ambientes originaram um relevo de colinas com vales amplos e vertentes baixas, predominantemente côncavas, de perfil suavizado por inúmeras rampas de colúvio. Ocorrem ainda, alinhamentos de cristas retilíneas associadas à intrusões de diques básicos, com direção NW-SE.

I.3.3 - Rede Hidrográfica

O município de Sete Lagoas contém parte de três sub-bacias hidrográficas, sendo o interflúvio mais importante representado pelo conjunto serrano Santa Helena - Tombador. A maior e mais importante é formada pelo ribeirão Jequitibá e seus afluentes, cujas cabeceiras encontram-se nas cotas mais altas do município, a cerca de 1270 metros do nível do mar. Parte dessas nascentes está situada nos terrenos gnaisse-magmatíticos. Outros afluentes têm suas cabeceiras nos municípios vizinhos de Prudente de Moraes, Capim Branco e Funilândia, conforme mostra a Figura I.4. Em seu médio-baixo curso, percorre os terrenos cársticos e pelito-carbonáticos do centro-norte de Sete Lagoas, onde recebe as denominações de córrego Diogo e Matadouro, localmente. Despeja suas águas na margem esquerda do rio das Velhas, na cidade de Jequitibá.

A outra sub-bacia é constituída pelos ribeirões São João e Inhaúma e pelo córrego Lontra, sendo que parte dos afluentes do ribeirão São João têm suas cabeceiras no município de Inhaúma. Seu percurso tem direção E-W, desaguando na margem direita do rio Paraopeba, no município homônimo. Toda a sub-bacia do ribeirão São João está inserida no domínio das rochas pelito-carbonáticas do Grupo Bambuí, cujas cabeceiras situadas na vertente oeste do interflúvio supracitado, têm seus caudais aumentados pela contribuição de surgências cársticas que fluem no sopé da referida encosta.

Em termos de volume, os cursos d'água supracitados são pouco expressivos, tendo parte de suas cabeceiras em regime intermitente nos períodos de estiagem. A maior parte desses volumes superficiais, cerca de 90%, depende da sub-bacia do ribeirão Jequitibá.

Uma pequena porção ao sul do município, cerca de 9,0 km², pertence à bacia do ribeirão da Mata, que drena a porção centro-sul da área do projeto VIDA.

As lagoas, presentes em grande número, aparentam estar em alguns casos interligadas ao regime dos aquíferos livres de ambientes pelito-carbonáticos, como é o caso das lagoas dos Remédios, Capivara, Feia e dos Porcos. As lagoas Paulino, Boa Vista, José Félix e Vapabuçu, situadas na sede municipal, não apresentam qualquer forma de ligação com os aquíferos (Mapa I).

FIGURA I.4 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DA REDE DE DRENAGEM

LEGENDA

- DRENAGEM
- LAGOA
- INTERFLÚVIO

I.3.4 - Cobertura Vegetacional e Uso da Terra

Conforme o levantamento efetuado por Pedralli *et al.* (1994), foram caracterizados os diversos tipos de ocupação e formas de utilização da terra, visando o conhecimento, em nível de município, da sua distribuição geográfica, dimensão e percentual de áreas ocupadas.

Notou-se um processo avançado de exploração e uso da terra, em decorrência da diversificada e intensa atividade econômica (siderurgias, minerações, indústrias, etc.), ocasionando a devastação indiscriminada da vegetação nativa e por consequência o surgimento de impactos negativos sobre o meio ambiente.

A Tabela I.3 apresenta a relação das classes de uso da terra para o município de Sete Lagoas, em termos percentuais e absolutos, e a Figura I.5 mostra sua distribuição geográfica.

TABELA I.3 - Classes de Uso da Terra

CLASSES	DISTRIBUIÇÃO %	DISTRIBUIÇÃO km²
Cerrado	8.67	45.02
Campo Cerrado	2.01	10.42
Mata Seca	7.61	39.47
Mata Galeria	1.40	7.24
Mata Pluvial	0.47	2.45
Pasto	54.02	26.483
Área de Cultura	3.02	15.65
Floresta Eucalipto	1.2	6.24
Afloramento Rochoso	0.01	0.05
Área Urbanizada	7.31	37.92
Área Industrial	1.2	6.19
Curso D'água	3.45	18.12

FIGURA I.5 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE USO DA TERRA

LEGENDA

- ÁREAS OCUPADAS POR PASTAGENS E CULTURAS
- ÁREAS URBANAS, INDUSTRIAIS E DE MINERAÇÕES
- ÁREAS OCUPADAS POR MATAS, FLORESTAS DE EUCALIPTO E CERRADO

I.4 - Metodologia Adotada

De acordo com as metas a serem alcançadas neste estudo, recorreu-se à caracterização hidrogeológica local a partir de um roteiro de atividades em sequência, distinguindo-se três etapas, conforme descrição abaixo. Um organograma geral dos serviços levantados foi executado a fim de possibilitar a identificação dos meios de obtenção dos produtos numa forma de expressão mais simples e objetiva (Figura I.6).

PRIMEIRA ETAPA: Caracterizou-se sobretudo, pela aquisição de dados básicos para preparação das atividades iniciais de campo, como levantamento do material bibliográfico disponível, de ordem regional e local, e cartografia necessária para plotagem da área na escala de trabalho (1/50.000). Foram utilizados as seguintes bases cartográficas:

- Folhas de Sete Lagoas, Cachoeira dos Macacos e Pedro Leopoldo (IBGE 1976), atualizadas e digitalizadas pela EMBRAFOTO (1994), para composição da carta do município de Sete Lagoas (1/50.000);
- Ortofocartas em escala 1/10.000, CEMIG (1989), para deslocamento no campo.

Concomitantemente, foi executado o primeiro esboço fotointerpretativo da área do município, utilizando-se fotos aéreas em escala 1/60.000 (USAF 1964).

Em segundo plano, estabeleceu-se um quadro evolutivo sobre os conhecimentos geológicos em nível regional e local, principalmente os aspectos geológico-estruturais de interesse na caracterização hídrica subterrânea.

SEGUNDA ETAPA: foram desenvolvidas as seguintes atividades de campo:

- Inventário dos pontos d'água (poços tubulares, poços escavados e nascentes) destinado à coleta dos dados dinâmicos dos referidos pontos, conforme preenchimento dos formulários SIAS-Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (CPRM 1991, ANEXO 1);
- Seleção de 63 pontos d'água para amostragem da qualidade físico-química da água subterrânea, a partir de 10 parâmetros, em laboratório, e medições em campo para todos os pontos, dos parâmetros pH, condutividade elétrica e temperatura;

- nivelamento altimétrico/barométrico para confecção do mapa piezométrico, envolvendo a bacia do ribeirão Jequitibá, coletora dos caudais que extrapolam o limite municipal.

Seguindo-se as finalidades desta etapa, a análise de 102 perfis estratigráficos-construtivos dos poços inventariados possibilitou a identificação das profundidades das camadas potencialmente aquíferas, através das entradas d'água, tipos litológicos distintos e mantos de intemperismo. Estas informações foram utilizadas também para elaboração das seções geológicas, principalmente no balanceamento estrutural das camadas. Paralelamente, fez-se a interpretação de ensaios de bombeamento para determinação das características hidráulicas dos aquíferos.

A partir do mapa geológico e das informações agrupadas dos poços tubulares, gerou-se a carta hidrogeológica preliminar e de unidades aquíferas, visando a extração de elementos para definição dos produtos finais, e a superposição com a carta de distribuição de classes de permeabilidade dos solos permitiu a configuração global dos principais atributos a serem avaliados.

TERCEIRA ETAPA: De posse das informações condensadas na carta de unidades aquíferas, estabeleceu-se a extração de dados pertinentes a individualização de áreas com potencialidades distintas a exploração das águas subterrâneas (Mapa I) e de domínios de vulnerabilidade natural dos aquíferos (Mapa II).

FIGURA I.6 - ORGANOGRAMA GERAL DE ATIVIDADES

II - BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico pode ser considerado como o equacionamento das entradas e saídas de água dentro de uma unidade hidrográfica durante um determinado intervalo de tempo. As entradas compreendem a precipitação, águas superficiais e subterrâneas que chegam à região. As saídas incluem a evapotranspiração e o escoamento superficial e subterrâneo que deixam a mesma.

Em vista da escassez de dados existentes sobre balanço hídrico em zonas cársticas, optou-se, desde que se dispunha de informações adequadas para sua execução, pela representação combinada entre o próprio balanço e os volumes encontrados através do hidrograma para a bacia do ribeirão Jequitibá, a qual abrange grande parte do município de Sete Lagoas. Este recurso foi utilizado para se obter a evapotranspiração real, e também, o excedente hídrico, imprescindíveis na contabilização das taxas de infiltração (recarga).

Inicialmente, como forma de se certificar dos seus limites quanto ao fluxo da água subterrânea, elaborou-se o mapa piezométrico para a referida bacia, incluindo parte de outros municípios vizinhos (Jequitibá, Funilândia, Prudente de Moraes e Capim Branco). A definição das isopiezas mostrou-se melhor caracterizada nas imediações da área urbana de Sete Lagoas, devido ao número de dados disponíveis.

Considerando a divisão da área estudada em três unidades hidrogeologicamente homogêneas (Capítulo IV), e a localização da concentração populacional na área urbana, de domínio cárstico, extraiu-se as informações contidas nas curvas de recessão do ribeirão Jequitibá, o qual representa, para o período de recorrência de 1976 - 1990, a restituição das águas subterrâneas explotadas desses aquíferos, uma vez que as descargas de base desse curso d'água é sustentada pelo volume que drena dos aquíferos cársticos, essencialmente. Além disso, parcela substancial da descarga superficial, o esgotamento doméstico-urbano é de contribuição desse aquífero.

O principal interesse na elaboração dos estudos quantitativos sobre a hidrogeologia cárstica recai na necessidade de se conhecer as reservas potencialmente explotáveis, e ainda procurar avaliar sua relação com fenômenos de abatimentos, já ocorridos nestes ambientes. A caracterização dimensional destes aquíferos assume também a importância de se direcionar o crescimento populacional para outras áreas, diminuindo a exploração concentrada no meio urbano.

Os dados utilizados tanto na execução do balanço hídrico quanto os extraídos no posto fluviométrico de Fazenda Contagem (Tabela II.1) apresentam consistência considerável (1976 - 1990).

TABELA II.1 - Parâmetros Físico-Climáticos(Período 1976 - 1990)

MESES	ESTAÇÃO CLIMÁTICA INMET - EMBRAPA SETE LAGOAS		POSTO FLUVIOMÉTRICO FAZENDA CONTAGEM - JEQUITIBÁ
	TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS MÉDIOS MENSAIS (mm)	TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS (°C)	DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS (m³/s)
JAN.	293.68	23.69	13.39
FEV.	211.10	24.21	13.03
MAR.	159.80	23.72	10.04
ABR.	59.42	22.31	7.05
MAI.	31.89	20.86	4.68
JUN.	13.30	18.74	3.92
JUL.	17.88	18.62	3.23
AGO.	14.47	20.28	2.78
SET.	43.26	21.99	2.70
OUT.	92.54	23.31	3.02
NOV.	223.60	23.13	6.05
DEZ.	262.75	23.26	10.87
MÉDIA ANUAL	118.64	22.01	6.75

A elaboração do balanço hídrico permite a caracterização de importantes parâmetros que participam ativamente no processo de infiltração e escoamento superficial, e associados às propriedades intrínsecas do meio físico, fornecem elementos essenciais para quantificação das taxas de recarga efetiva dos aquíferos.

O balanço hídrico no solo pode ser estabelecido segundo a determinação de 6 fatores: precipitação, evapotranspiração potencial, evapotranspiração real, água armazenada no solo, excedente e deficiência hídrica.

A técnica do balanço da água tem sido aplicada na investigação de alguns problemas (agricultura, enchentes etc.), sendo aplicada neste estudo como ferramenta adicional à integração dos dados pertinentes à utilização dos recursos hídricos subterrâneos.

Desta forma, os fatores supracitados são abordados de acordo com o contexto a que estão relacionados, cabendo uma ponderação quanto aos resultados obtidos, devido às imprecisões do método.

II.1 - Precipitação

As águas meteóricas correspondem ao principal meio de recarga dos aquíferos, sendo observada na estação climatológica do INMET - EMBRAPA, em Sete Lagoas, uma média anual de cerca de 1424 mm (Tabela II.2). Verifica-se que a distribuição dos índices pluviométricos é bem marcada, havendo um período úmido, de outubro a março, e um período seco, de abril a setembro. As precipitações pluviais representam o fornecimento de umidade ao solo, enquanto a evapotranspiração corresponde a fase oposta, ou seja, o retorno da água do solo para a atmosfera.

II.2 - Evapotranspiração Potencial e Real

O termo evapotranspiração refere-se a perda de água ocorrida tanto pela superfície do solo (evaporação), quanto pelas plantas (transpiração). A evapotranspiração real não depende somente dos fatores meteorológicos, mas também das propriedades físicas do solo e dos aspectos vegetacionais (Mota 1986).

O solo saturado de umidade representa a manutenção da evapotranspiração na razão potencial, sendo determinada pelas condições climáticas predominantes. Com o decréscimo da umidade, o solo começará a secar e a evapotranspiração real será menor que a potencial (deficiência). Os resultados obtidos são apresentados na primeira coluna do balanço hídrico escrito, sendo os valores das temperaturas médias mensais utilizadas no cálculo, mostradas na Tabela II.1.

Thornthwaite (1948, *in* Mota 1986) desenvolveu uma fórmula para estimar a evapotranspiração potencial:

- $E = 1,6 (10 T/I)^a$, onde:

- E = evapotranspiração potencial, em cm;
- T = temperatura média mensal, em °C;
- a é uma constante que varia com o lugar;
- I = índice térmico anual definido como a soma dos índices i mensais:
- $i = (t/5)^{1,514}$

O cálculo de a é feito com base na seguinte expressão:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 17,92 \times 10^{-3} I + 0,49239$$

A Tabela II.2 apresenta a forma escrita do balanço e a Figura II.1 os cursos anuais da precipitação, evapotranspiração potencial real, e disponibilidades normais de água no solo, segundo o método do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather 1955.

TABELA II.2 - Componentes do Balanço Hídrico Mensal * - Sete Lagoas (mm)

Estação Inmet - Embrapa

Altitude : 732,00 m

Latitude : 1.928,00 m

Longitude : 4.415,00 m

MÊS	Ep (1)	P (2)	P-Ep (3)	NEG ACUM (4)	ARM (5)	ALT (6)	ER (7)	DEF (8)	EXC (9)
JAN.	103.0	293.7	190.7	0	225	0	103.0	0	190.7
FEV.	108.4	211.1	102.7	0	225	0	108.4	0	102.7
MAR.	103.4	159.8	56.4	0	225	0	103.4	0	56.4
ABR.	88.9	59.4	- 29.5	- 29.5	195.5	- 29.5	88.9	0	0
MAI.	74.9	31.9	- 43.0	- 72.5	154.3	- 41.2	73.1	1.8	0
JUN.	56.8	13.3	- 43.5	- 116.0	128.8	- 25.5	38.8	18.0	0
JUL.	55.9	17.9	- 38.0	- 154.0	109.2	- 19.6	37.5	18.4	0
AGO.	69.8	14.5	- 55.3	- 209.3	83.4	- 25.8	40.3	29.5	0
SET.	85.6	43.3	- 42.3	- 251.6	65.2	- 18.2	61.5	24.1	0
OUT.	98.9	92.5	- 6.4	- 258.0	62.6	- 2.6	95.1	3.8	0
NOV.	97.2	223.6	126.4	- 25.8	189.0	126.4	97.2	0	0
DEZ.	98.4	262.7	164.3	0	225	36.0	98.4	0	128.3
ANO	1041.2	1423.7	382.5			0	945.6	95.6	478.1

* Thornthwaite & Mather (1955)

FIGURA II.1 - **BALANÇO HÍDRICO PARA A REGIÃO DE SETE LAGOAS**

CAPACIDADE DE CAMPO ADOTADA : 225 mm

————— P
 - - - - - EP
 ER

PRECIPITAÇÃO ANUAL : 1423,70 mm
 EVAPO. POTÊNC. ANUAL : 1041,20 mm
 EXCEDENTE ANUAL : 478,10 mm
 DEFICIÊNCIA ANUAL : 95,60 mm

II.3 - Água Armazenada no Solo

O máximo volume de água retido no solo, depois que o excesso tenha sido drenado, é denominado capacidade de campo. Este parâmetro corresponde à quinta coluna do balanço hídrico e é calculado com base na integração de diversos fatores que influenciam na sua determinação. Os fatores utilizados para definição de um valor que seja plausível às condições da área de estudo, foram investigados a partir dos seguintes parâmetros :

II.3.1 - Permeabilidade do Solo: As características do solo, relevantes no processo de retenção de água, correspondem ao valor da permeabilidade dos mesmos, ou seja, solos argilosos, notadamente menos permeáveis, representam condições melhores de armazenamento, o que evidencia uma maior capacidade de campo (capacidade de campo -c.c.- = capacidade de armazenamento ou retenção). Ao contrário, solos arenosos mostram permeabilidade elevada e retêm menos água, conferindo uma menor capacidade de campo.

De acordo com a evolução dos processos de intemperismo atuantes nos litótipos da área, associados às transformações de caráter pedogenético e morfogenético, identificam-se unidades geotécnicas inconsolidadas (Cabral 1995), apresentadas de forma agrupada neste estudo, conforme os valores de permeabilidade dos materiais de alteração correspondentes (Tabela II.3). Estes valores foram coletados a partir de furos a trado em diversos pontos do município, e também, do estudo de perfis litológicos em taludes de corte e aterro de estradas locais, e de sondagens diversas (SPT e Poços Tubulares).

A Figura II.2 apresenta o mapa de distribuição das classes de permeabilidade dessas unidades inconsolidadas, conforme mostrado na Tabela II.3.

TABELA II.3 - Classes de Permeabilidade dos Materiais Inconsolidados

Classes de Permeabilidade	Material Inconsolidado	Distribuição	
		%	Km ²
Alta $10^{-2} < K < 10^{-1}$	complexo de sedimentos fluviais rampas de colúvio	11,13	57,77
Média $10^{-4} < K < 10^{-2}$	complexo coluvial	41,61	215,94
Baixa $K \leq 10^{-4}$	material residual dos metacalcissiltitos material residual dos metacalcarenitos material residual dos metapelitos	47,26	245,29
Total		100,00	519,00

Adaptado e modificado de Cabral (1995).

FIGURA II.2 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES
DE PERMEABILIDADE DOS TERRENOS

LEGENDA (cm / s)

- PERMEABILIDADE BAIXA - $K \leq 10^{-4}$
- PERMEABILIDADE MÉDIA - $10^{-4} < K < 10^{-2}$
- PERMEABILIDADE ALTA - $10^{-2} \leq K \leq 10^{-1}$

TABELA II.4 - Distribuição das Classes de Uso da Terra

Classes de Uso da Terra	Distribuição Percentual (%)	Cobertura (Km²)
1 - Cerrado + Mato + Floresta de Eucalipto	24,34	126,35
2 - Pastagens + Culturas	67,32	330,16
3 - Área Urbana + Indústrias	8,34	43,28
Total	100,00	499,79

Adaptado e modificado de Pedralli (1992).

II.3.2 - Cobertura Vegetacional: A Figura I.5 apresenta a distribuição das principais classes de uso da terra e a Tabela II.4 relaciona os percentuais mapeados às formas de ocupação. De acordo com Mota (1986), a determinação da capacidade de retenção de água no solo depende da combinação entre a permeabilidade do mesmo e o tipo de cobertura vegetal. Para efeito de balanço hídrico, pode-se considerar que a capacidade final de armazenamento de água é a mesma para solos argilosos e arenosos, pois o sistema radicular das plantas é capaz de explorar camadas mais espessas em solos arenosos, compensando a maior retenção dos solos argilosos.

Utilizando-se os valores apresentados nas tabelas supracitadas, encontra-se o resultado aproximado de 225 mm para a capacidade de retenção de água destes terrenos. Este resultado foi obtido, tomando-se o valor percentual das classes principais de coberturas vegetacionais (Tabela II.4) e os valores referentes às combinações verificadas na Tabela II.5, pertinentes às ocorrências da área. Considerou-se ainda, que do total da área urbana, 30% apresentam a combinação de solos com média permeabilidade e vegetação rala.

TABELA II.5 - Associação dos Parâmetros para Determinação da Capacidade máxima de retenção de água - aproximada para diferentes combinações de solo e vegetação.

Cobertura Vegetal	Tipo de Solo	C.C. Básica	Área (%)	C.C. Final
Pastagens + Cultura	Franco Limoso	250	45	75,74
Pastagens + Cultura	Franco Arenoso Fino	150	50	50,49
Pastagens + Cultura	Franco Fino	100	5	3,37
Cerrado + Mata + Floresta de Eucalipto	Franco Limoso	400	88	85,68
Cerrado + Mata + Floresta de Eucalipto	Franco Arenoso Fino	300	10	7,30
Cerrado + Mata + Floresta de Eucalipto	Arenoso Fino	250	2	1,22
Área Urbana	Franco Arenoso Fino	50	100	1,70
Total				225,50

Adaptado e modificado de Mota (1986).

II.4.-Deficiência Hídrica

A deficiência hídrica é representada pelo período em que a evapotranspiração potencial é maior do que a evapotranspiração real, conforme mostrado na Figura II.1, e equivale aos meses de maio a outubro.

Considerando-se então um valor de 225 mm para a retenção de umidade, significa que só após serem esgotados um total equivalente pela evapotranspiração, ocorrerá deficiência, cujo valor corresponde a um total de 95,6 mm distribuídos pelos meses de maio a outubro. Verifica-se ainda, um equilíbrio para os meses de abril e novembro, sem deficiência e sem excedente de água.

II.5 - Excedente Hídrico

Ao final dos cálculos do balanço hídrico, computa-se os valores de pluviosidade que excedem a capacidade de armazenagem de umidade, o que corresponde na área a um valor de 478.1 mm de excedente hídrico, para os meses de dezembro a março (Figura II.1 e Tabela II.2).

Na realidade, o escoamento de superfície e a percolação profunda (recarga dos aquíferos) são agrupados neste excedente. A obtenção destes valores só pode ser determinada mediante a separação no hidrograma das curvas de escoamento superficial e subterrâneo (através da recessão das vazões).

O hidrograma das vazões médias mensais do rio Jequitibá apresentado na Figura II.3, representa a relação de descarga da bacia do referido curso d'água próximo de sua confluência com o rio das Velhas, para o período de recorrência de 15 anos (1976 - 1990). Esta bacia abrange uma área de 564 km², dos quais 356,5 km² (63,2%) são pertinentes ao município de Sete Lagoas. O restante, cerca de 207,5 km² (36,8%), estão distribuídos pelos municípios de Prudente de Moraes (53,6 km²-9,5%), Funilândia (89,6 km²-15,9%), Jequitibá (55,8 km²-9,9%) e Capim Branco (8,5 km²-1,5%).

De acordo com os levantamentos executados por Pedralli *et al.* (1992) a respeito da distribuição das classes de uso da terra, considera-se que os valores obtidos para cada classe, nesses municípios, são bastante similares aos percentuais verificados em Sete Lagoas, com mais da metade das respectivas áreas ocupadas por pastagens. O município de Jequitibá, embora não tenha sido caracterizado, também se encaixa nessa distribuição, uma vez ter sido observado através de investigações de campo.

$Q (m^3/s)$

FIGURA II.3 - **HIDROGRAMA DAS VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DO RIBEIRÃO JEQUITIBÁ**
POSTO FLUVIOMÉTRICO DE FAZENDA CONTAGEM (PERÍODO 1976-1990)

Desta forma, os valores apresentados na Tabela II.5 mostram-se representativos para toda área da bacia do ribeirão Jequitibá, tanto para os tipos de solo, como para a cobertura vegetal.

Estas ressalvas são importantes para aferição do cálculo da capacidade de campo (c.c.) ou capacidade de armazenamento de água no solo, conforme item II.3

Considerando-se os dados de descargas médias mensais e o hidrograma das vazões, fez-se a separação das curvas de escoamento superficial e subterrâneo, segundo os métodos clássicos citados por Magalhães (*in* ABRH 1989), cujos resultados são encontrados na Tabela II.6.

TABELA II.6 - Características Dimensionais dos Componentes Hidrológicos

Parâmetros	Total (mm)		Total (m³)		Total (m³/s)	
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%
Precipitação média anual	1423,7	100	$8,03 \times 10^8$	100	25,46	100
Evapotranspiração Real	945,6	66,4	$5,33 \times 10^8$	66,4	16,91	66,4
Excedente hídrico (1 + 2 + 3)	478,1	33,6	$2,69 \times 10^8$	33,6	8,55	33,6
Escoamento Superficial (1)	196,8	13,8	$9,37 \times 10^7$	13,8	2,97	13,8
Captação Subterrânea (3 a)	34,5	2,4	$1,64 \times 10^7$	2,4	0,52	2,4
Escoamento subterrâneo (2)	217,3	15,3	$1,03 \times 10^8$	15,3	3,27	15,3
Perdas (3)	64,0	4,5	$3,04 \times 10^7$	4,5	0,96	4,5
Recarga Efetiva (3-3a)	29,5	2,1	$1,40 \times 10^7$	2,1	0,44	2,1

Os parâmetros calculados acima estão representados para uma área de 476 Km² correspondentes ao posicionamento da estação fluviométrica de Fazenda Contagem, situada no extremo norte da bacia.

A partir da análise do balanço observa-se que o período de deficiência hídrica inicia-se em maio e se estende até outubro. Apesar de sua longa duração, o declínio da temperatura no inverno reduz o processo de evapotranspiração e os estoques de água no solo são utilizados lentamente pela vegetação, de forma que os maiores déficits só vêm a ocorrer a partir de julho. Com o início das chuvas, nos meses de outubro e novembro, ocorre a reposição de água no solo, até que se alcance a capacidade de campo considerada, ou seja, 225mm. O excedente hídrico, bastante significativo, inicia-se em dezembro estendendo-se até março; nesse período, ocorrem as máximas descargas fluviométricas observadas no ano.

III - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL E LOCAL

O primeiro estudo para caracterizar as rochas pelíticas e carbonáticas que ocorrem em ambas as margens do alto São Francisco foi mencionado por Rimann (1917), quando se referiu a tais rochas, como Série Bambuí, correlacionando-as aos Calcários que Derby (1881) teria definido de "Calcáreos São Francisco". Mesmo não tendo sido descrita formalmente, o termo Bambuí passou a ser aceito amplamente.

Entre inúmeros trabalhos posteriores (Branner 1919; Freyberg 1932; Andrade Ramos 1956) surgiu em 1961 a primeira divisão litoestratigráfica para o Grupo Bambuí em três formações, como mostra a Tabela III.1, apresentadas por Branco & Costa (1961) a partir de um breve relato sobre a geologia às margens da rodovia entre Belo Horizonte e Brasília (BR-040).

Barbosa (1963) redividiu a "Série Bambuí", promovendo hierarquicamente os membros descritos por Branco & Costa ao nível de formações e Oliveira (1967) manteve as considerações de Branco & Costa (1961), porém colocando em dúvida a posição do membro Serra da Saudade em relação a Formação Três Marias.

Através de um extenso levantamento numa área de aproximadamente 100.000 km², Braun (1968) definiu uma coluna estratigráfica, suficientemente abrangente em nível regional, para o Grupo Bambuí, adotando e redefinindo os nomes propostos nas divisões anteriores, em três formações: Paranoá, Paraopeba e Três Marias.

Mais tarde, Marchese (1974) apresentou uma separação, em nível de deposição de bacia sedimentar, representando uma área oriental, relativamente mais estável (Minas Gerais) com predominância de rochas pelíticas e calcários homogêneos; e outra ocidental, de maior instabilidade (Goiás), caracterizada pela participação mais ativa de arenitos, pelitos, calcários e dolomitos, silicificação e conglomerados intraformacionais. Essa diferenciação tectossedimentar entre as bordas ocidental e oriental, segundo o autor, conformou um ciclo integral, desenvolvido em uma bacia "intracratônica".

Sintetizando a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil central (Minas Gerais, Goiás, Bahia e Mato Grosso), Dardenne (1978) estabeleceu correlações suficientemente seguras para serem adotadas nestes estados.

Da base para topo, são distinguidas: Formação Jequitai, Formação Sete Lagoas, Formação Serra de Santa Helena, Formação Lagoa do Jacaré, Formação Serra da Saudade e Formação Três Marias.

De acordo com a nomenclatura de Dardenne (1970) e as modificações introduzidas por School (1976, in Tuller *et al.* 1992) e Grossi & Quade (1985) a síntese das colunas estratigráficas principais é apresentada na Tabela III.1.

TABELA III.1 - Síntese das Principais Colunas Estratigráficas formuladas para a Bacia do São Francisco (com base em Dardenne 1978).

Coluna Litoestratigráfica	Branco e Costa (1961)		O. Barbosa (1965)	Oliveira (1967)	Braun (1968)	Scholl (1972, 1973)	Dardenne (1978)	Grossi Sad e Quade (1985)
. Siltitos e folhelhos verdes-carbonáticos	Membro Serra	Formações	Formação Três Marias	Formação Três Marias	Formação Três Marias	Formação Três Marias	Formação Três Marias	Grupos Superiores
. Siltidos verdes	da Saudade						Serra da Saudade	
. Arcóseos avermelhados	Três							
. Lentes de arcóseos escuros	Marias							
. Siltitos e folhelhos cinza-escuros		Rio	Lagoa do Jacaré	Lagoa do Jacaré		Lagoa do Jacaré	Lagoa do Jacaré	
. Calcários e dolomitos	Lagoa							
. Calcários escuros com intraclastos e oólitos	do							
. Siltitos e folhelhos	Jacaré							
. Siltitos e folhelhos	Serra	Paraopeba	Serra de Santa Gineta	Serra De Santa Helena	Paraopeba	Serra de Santa Helena	Serra de Santa Helena	Bambu
. Folhelhos cinza-esverdeados	de							
. Folhelhos com lentes de margas e calcários	Santa Helena							
. Metapelitos escuros								
. Calcários com estromatólitos		Sete Lagoas	Sete Lagoas	Sete Lagoas		Sete Lagoas	Sete Lagoas	"Strictu Sensu"
. Calcários cinza-escuros								
. Calcários finamente laminados								
. Mármore com quartzo e clorita								
. Calcários negros e dolomitos		Carrancas		Jequitai		Macaúbas	Jequitai	Vespasiano
. Mármore e filitos								
. Conglomerados, arcóseos e filitos								
OBS.: Embasamento ou unidades pré Supergupo São Francisco								

III.1 - Quadro Geotectônico

Um dos principais fatores que influenciam no regime de fluxo subterrâneo, principalmente em ambientes de rochas calcárias (carste), é a trama estrutural impressa através dos tempos, pela dinâmica oriunda dos eventos tectônicos pretéritos. Essa estruturação comanda sobremaneira as condições de circulação e armazenamento das águas subterrâneas, exercendo o controle vetorial do sistema de aberturas e/ou juntas de dissolução dos calcários, determinadas de acordo com os esforços de deformação ocorridos em nível regional.

Esse arcabouço tectônico remonta da estruturação brasileira do Cráton do São Francisco e suas faixas marginais (Almeida 1977). Barbosa (1966) designou de Cráton Franciscano à área central do escudo brasileiro correspondente à Bacia do São Francisco. Tendo sido consolidada no Arqueano, esta megaestrutura “teria se comportado como plataforma estável de sedimentação no Pré-cambriano mais recente ou início do Paleozóico”, e posteriormente atingida por uma tectônica com falhamentos e dobramentos nas bordas, originando assim a Faixa de Dobramentos Brasília a oeste, e a Faixa de Dobramentos Araçuaí a leste.

Segundo Alkimim *et al.* (1993), a partir dos limites e estruturação interna do cráton, verifica-se uma compartimentação tectônica caracterizada por traços e feições típicas de uma deformação progressiva, com esforços compressivos. A Figura III.1 apresenta o arcabouço tectônico da porção sul do cráton, cuja deformação de vergência centrípeta individualizou as respectivas faixas deformadas nos extremos, poupando os compartimentos (C_1 e C_2) na parte central.

Considerando a localização do município de Sete Lagoas neste contexto, identifica-se uma situação em que tais rochas apresentam uma deformação de muito baixa a baixa intensidade, de acordo com o movimento de transporte tectônico indicado na Figura III.1 ou seja, com um decréscimo rumo a parte central do cráton (oeste do município). Segundo Danderfer (1994), a área do projeto VIDA pode ser dividida em três domínios distintos. De acordo com a posição e grau de deformação observado (Figura III.2), o município de Sete Lagoas situado a noroeste da referida área, abrange apenas os pulsos mais fracos dos esforços tectônicos.

FIGURA III.1 - **ARCABOUÇO TECTÔNICO DA PORÇÃO SUL DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO**
(Adaptado de Alkimin et al. 1993)

LEGENDA - Traços gerais da deformação das coberturas proterozóicas do Cráton do São Francisco

- 1 - Embasamento
- 2 - Traços estruturais da zona de cobertura deformada, no interior do cráton. As setas indicam o sentido de movimento
- 3 - Zonas de coberturas proterozóicas indeformadas
- 4 - Traços estruturais das faixas marginais. As setas indicam vergência
- 5 - Limites do cráton
- 6 - Compartimentos estruturais da porção sul
- 7 - Cidades : TM. Três Marias; PM. Patos de Minas; SL. Sete Lagoas; BH. Belo Horizonte
- 8 - Zonas indeformadas

FIGURA III.2 – DISTRIBUIÇÃO DOS DOMÍNIOS ESTRUTURAIS
NA ÁREA DO PROJETO VIDA
(SEGUNDO DANDERFER, 1994)

Os pormenores da história da evolução geotectônica da região em questão fogem ao escopo deste estudo, não obstante, as conotações mais importantes que interessam à compreensão das características hidrogeológicas locais sejam tratadas a seguir.

III.2 - Aspectos Litoestratigráficos e Estruturais

O município de Sete Lagoas é constituído essencialmente pelas rochas pelito-carbonáticas do Grupo Bambuí, sobrepostas ao embasamento gnáissico-migmatítico, o qual se apresenta localmente cortado por diques básicos e veios quartzo-feldspáticos de extensão regional (Tuller *et al.* 1992). As coberturas superficiais terciário-quaternárias estão representadas por depósitos detrítico-lateríticos e sedimentos colúvio-aluvionares, geralmente pouco espessos.

De acordo com o mapeamento geológico executado para o projeto VIDA, (Tuller *et al.* 1992) apresenta-se a seguir, as principais características litoestratigráficas, em termos de distribuição, aspectos petrogenéticos e metamórficos e feições estruturais mais proeminentes.

III.2.1 - Complexo Gnáissico Migmatítico ou Embasamento Cristalino

Este domínio abrange cerca de 20% dos litótipos presentes no município, ocorrendo predominantemente na porção sul, onde as exposições são mais frequentes, ou mesmo identificadas pelos processos de intemperismo típicos deste complexo.

Correspondem, em geral, a um agrupamento de rochas gnáissicas em associação a granitóides e zonas migmatizadas, quando aflorantes, ou visualizadas através de pedreiras ativas. Os exemplos mais marcantes ocorrem na borda oeste da serra de Santa Helena, no extremo oeste do município, na confluência dos ribeirões São João e Lontra e próximo à lagoa José Félix, na área urbana.

Este complexo cristalino, quando observadas as condições altimétricas detectadas através dos poços tubulares, apresenta-se bastante escalonado, evidenciando sinais de basculamento em blocos, cujo contato com as rochas supracrustais ocorre de forma discordante e brusca.

As fraturas presentes neste complexo são mais frequentes junto às zonas migmatizadas, ocorrendo preenchidas por calcita ou mesmo veios quartzo-feldspáticos e pegmatóides.

III.2.2 - Grupo Bambuí

Embora sejam encontrados na coluna estratigráfica regional, os conglomerados de Branco & Costa (1961) que seriam a porção basal do Grupo Bambuí (Formação Jequitaiá), não estão presentes na área; ocorrendo a sedimentação da formação Sete Lagoas diretamente sobre o embasamento cristalino.

Neste estudo são adotados as denominações de Dardenne (1978), incluídas as modificações de Grossi & Quade (1985) e Tuller *et al.* (1992), conforme apresentados na Tabela III.1.

III.2.2.1 - Formação Sete Lagoas

De acordo com a escala de trabalho e a área de atuação, Tuller *et al.* (1992) dividiram esta formação em dois membros - um inferior, denominado Membro Pedro Leopoldo, e um superior, denominado Lagoa Santa. A Formação Sete Lagoas representa cerca de 25% das rochas aflorantes no município, sendo mapeada de acordo com a definição dos membros supracitados (Figura III.3).

O membro basal Pedro Leopoldo é constituído por quatro litofácies, caracterizadas de acordo com seu local tipo:

- FÁCIES A (Centro de Sete Lagoas) - Corresponde a um calcário cinza a cinza-claro, em camadas tabulares, delgadas e contínuas, com intercalações delgadas e escuras de metapelitos;
- FÁCIES B (Sudeste de Sete Lagoas) - Trata-se de um calcário cinza a cinza-escuro com intercalações mais escuras de metapelito, e interdigitações de calcário ainda mais escuros, onde se observa deformação branda do tipo interestratal;
- FÁCIES C (Oeste de Sete Lagoas) - Corresponde a um calcário cinza-claro, esverdeado a marrom e creme com intercalações escuras de metapelito, há presença de estratificações cruzadas plano-paralelas;
- FÁCIES D (Sul de Sete Lagoas) - Refere-se a uma margam de cor cinza-clara e rósea, finamente laminada, pouco deformada, intercalada por estratos mais finos (argilosos), com pequenas dobras.

Numa análise global, este membro corresponde a um calcissiltito, podendo ser caracterizado como um calcário cinza muito laminado, apresentando-se invariavelmente com impurezas argilosas e deformação incipiente interestratal.

LEGENDA

COLUNA ESTRATIGRÁFICA DO SUBSTRATO ROCHOSO

GRUPO BAMBUÍ

FORMAÇÃO SERRA DE SANTA HELENA

Sequência metapelítica, composta por metassiltitos, metargilitos e ardósias

FORMAÇÃO SETE LAGOAS

Membro Lagoa Santa, composto predominantemente por calcarenitos, representados por calcários grafitosos, muito puros, coloração cinza escuro a negra

Membro Pedro Leopoldo, composto predominantemente por calcissiltitos, representado por calcários impuros, coloração cinza com intercalações escuras

COMPLEXO GNÁISSICO-MIGMATÍTICO INDIVISO (d - diques básicos)

o POÇOS TUBULARES

O membro Lagoa Santa sobrepõe o membro Pedro Leopoldo, e é composto por duas litofácies, caracterizadas a seguir:

- FÁCIES A (Meio Oeste de Sete Lagoas) - refere-se a um calcário cinza-escuro a preto, com grânulos arredondados, em camadas tabulares contínuas e pouco espessas. Exibem característica peculiar de odor fétido, quando partido. São observadas pequenas falhas assimétricas, com vergência para oeste, e veios de calcita;
- FÁCIES B (Centro Oeste de Sete Lagoas) - caracteriza-se pela presença de calcários estromatolíticos (Marchese 1974), constituindo biolitos de forma alongada, ligeiramente achatados e estirados ao longo do plano de foliação. Esta litofácies apresenta-se localmente, com espessura em torno de 5.0 metros.

O ambiente no qual se depositaram os sedimentos da formação Sete Lagoas, por suas características regionais, corresponde a uma extensa área coberta por um mar epicontinental, com águas muito rasas e circulação restrita, o que provocou sua hipersalinização (Tuller *et al.* 1992). Dois ciclos marcaram o processo de deposição dos sedimentos: o ciclo I, representa a 1ª transgressão marinha, inundando as partes mais baixas do continente e dando origem aos calcários finos e claros do Membro Pedro Leopoldo; o ciclo II representa um ambiente regressivo, concorrendo para sedimentação dos calcários grosseiros e escuros pertencentes ao Membro Lagoa Santa. Posteriormente, uma nova transgressão marinha (ciclo II), cobriria toda a plataforma, com siliciclásticos finos (metassiltitos e metargilitos) que compõem a Formação Serra de Santa Helena.

III.2.2.2 - Formação Serra de Santa Helena

Denominada inicialmente por Branco & Costa (1961) como Membro Santa Helena, integrante da Formação Rio Paraopeba, foi posteriormente redenominada por Barbosa (1965) como Formação Serra Gineta, compreendendo ardósias com intercalações siltosas.

Assume-se a descrição de Dardenne (1978), onde a Formação Serra de Santa Helena ocorre tipicamente na serra homônima, na porção centro meridional do município setelagoano.

Abrange, predominantemente, toda a porção norte, recobrimdo continuamente a formação subjacente Sete Lagoas, nesta porção. Esporadicamente, encontram-se pequenas zonas aflorantes da formação inferior, representando resquícios de uma erosão diferenciada (Tuller *et al.* 1992).

A oeste, encontra-se sobreposta ao embasamento cristalino, através de pequenas faixas com espessuras inferiores a 30 metros. Os contatos com a formação Sete Lagoas podem ser dificilmente observáveis, no caso de calcissiltitos com intercalações argilosas (membro Pedro Leopoldo) com argilitos e siltitos que ocorrem intemperizados ou mesmo decompostos. Este contato ocorre de modo brusco e discordante (discordância angular).

A formação Serra de Santa Helena compreende litótipos de origem siliciclástica com raros sedimentos carbonáticos. São argilitos e siltitos intercalados com lentes esparsas de margas e calcarenitos muito finos, de espessura variada. Em superfície, esses pelitos são encontrados geralmente intemperizados, podendo contudo apresentarem-se maciços, como no caso das pedreiras, onde encontram-se ardósias de tonalidade verde-escura.

O local tipo desta formação, a serra de Santa Helena, é constituída de lentes delgadas de calcário e ardósias esverdeadas calcíferas, sendo as lentes carbonáticas correspondentes a calcarenitos finos de cor escura a preta. Todo o pacote é muito laminado e apresenta grande quantidade de veios de quartzo, segundo a laminação ou acamamento, ou preenchendo fraturas ou zonas de alívio oriundas dos processos tectônicos (Tuller *et al.* 1992).

III.2.3 - Coberturas Superficiais

Os materiais correspondentes às coberturas superficiais constituem-se por depósitos colúvio-aluvionares quaternários, onde os detritos mais recentes são representados pelos aluviões dos leitos atuais dos rios Jequitibá, São João, Lontra e seus tributários.

A composição destes sedimentos varia entre depósitos inconsolidados mal selecionados de cascalho, areia, silte e argila, onde os seixos são essencialmente de rochas pelíticas, carbonáticas e quartzo. As frações de granulação mais fina ocorrem preferencialmente nas zonas aplainadas, situadas nas áreas aluviais sujeitas a inundações periódicas.

A Tabela III.2 apresenta a coluna estratigráfica local adaptada de Tuller *et al.* (1992).

TABELA III.2 - COLUNA ESTRATIGRÁFICA PARA REGIÃO DE SETE LAGOAS

SUPER GRUPO	GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO	IDADE ma	ESPESSURA (m)	LOCAL tipo	COLUNA	LITOLOGIA	AMBIENTE DEPOSICIONAL
					0-40			Aluviões compostos por areias de várias granulometrias e cascalho.	
					0-30			Coberturas detritico-lateríticas com camadas delgadas lateríticas.	
S A O F R A N C I S C O	B A M B U Í	SERRA DE SANTA HELENA		600	200	SERRA DE SANTA HELENA		Metapelitos em camadas tabulares de espessura média a espessa, de cor esverdeada a preta quando são. Marcas onduladas suaves, estruturas de carga e estratificação cruzada. Intercaladas por camadas tabulares delgadas a média de metassiltito calcífero de cor esverdeada a acinzentada.	Transgressão marinha, afogamento plataformar
		S E T E	LAGOA SANTA	800	80	PEDREIRA CARVÃO			Metacalcarenito variando de fino a grosseiro em camadas tabulares de espessura média a espessa, coloração do preto ao cinza. No topo, identificadas bioconcentrações algálicas de cor escura. Estromatólitos do gênero "Gymnosilenida". Posto da Polícia Rodoviária de Sete Lagoas.
		L A G O A S	PEDRO LEOPOLDO		100	PEDREIRAS CANAÃN e ILCON			Gnaisses indiferenciados, migmatitos com estruturas dobradas, nebulítica, dictomítica, schilliren. Estilolítica e surreítica. Porções graníticas com granulações variando de média a grosseira.
		COMPLEXO GNÁISSICO-MIGMATÍTICO						PEDREIRA DA PREFEITURA	

Adaptado e modificado de Tuller *et al.* (1992)

III.3- Geologia Estrutural

Em termos de evolução tectônica, foi verificada para área de estudo (Danderfer 1994) a presença de diversos grupos de estruturas (falhas, dobras, foliações, lineações e fraturas) pertencentes a fases distintas de uma deformação progressiva, que afetou principalmente as rochas do grupo Bambuí. Determinados grupos de estruturas não foram evidenciados nos litótipos do embasamento cristalino, atestando dessa forma sua não participação no processo deformativo.

As rochas do grupo Bambuí mostram-se pouco deformadas. Apenas localmente, encontram-se dobras ou falhas em escala mesoscópica, ocorrendo na maioria dos casos, através de movimentação interestratal e intraestratal do tipo epidérmica (*thin skinned*), conforme postulado por Danderfer (1994).

A estruturação local foi condicionada por um conjunto de esforços com vergência de leste para oeste, derivado do último evento termo-tectônico que afetou tais sedimentos (Ciclo Brasileiro). A baixa intensidade de deformação e de metamorfismo observada nestes litótipos é representada pela própria disposição das camadas, conformadas sub-horizontalmente, com seus limites de contato definidos em superfície por uma tectônica de baixo ângulo, e em profundidade caracterizados por contatos bruscos, como verificado pela análise estratigráfica dos poços tubulares (capítulo IV).

A heterogeneidade litoestratigráfica das formações mapeadas é marcada por uma variação lateral, evidenciada pela alternância de lentes carbonáticas intercaladas com laminações micáceas, as quais conformam finas camadas associadas às zonas de cisalhamento interestratal, que se desenvolveram em virtude do comportamento reológico diferenciado. Essa variação lateral é proveniente não só das mudanças no sistema deposicional pretérito (transgressões e regressões marinhas), mas também do tectonismo impresso nestas rochas. Outros fatores influenciam nos processos de carstificação e consequentemente, na dinâmica de fluxo subterrâneo:

- as condições do paleo-relevo gnáissico - migmatítico pré-deposição Bambuí, erodido e/ou falhado em blocos altos e baixos, proporcionando espessuras diferenciadas dos carbonatos, e
- a estruturação e forma da bacia de sedimentação Bambuí, como meio de absorção dos esforços tectônicos compressivos, sin - e pós-deposicionais, criando zonas que se isentaram da deformação (Figura III.4).

FIGURA III.4 — **INFLUÊNCIA DO PALEO - RELEVO NA SEDIMENTAÇÃO E ESTILOS DE DEFORMAÇÃO**

FIGURA III.5 — **DIAGRAMAS DE FRATURAS (PROJETO VIDA)**

FORMAÇÃO SERRA DE SANTA HELENA

736 medidas
 Direções :
 N80 - 90 W (20%) N20 - 30 E (5%)
 N0 - 10 W (5%)

FORMAÇÃO SETE LAGOAS

92 medidas
 Direções :
 N50 - 60 W (12%) N20 - 30 E (8%)
 N0 - 10 W (6%) N70 - 80 W (11%)

Considerando-se os contatos estabelecidos através do mapeamento geológico das unidades do Grupo Bambuí e do Embasamento Cristalino, distinguem-se características litoestruturais que extrapolam estes limites, e cujos aspectos relativos à deformação tectônica são descontínuos e penetrativos, sendo assim responsáveis pelos principais elos de conexão entre os mesmos (Ladeira 1985). Através da análise fotointerpretativa foi possível identificar tais estruturas, sendo as mais importantes materializadas por feixes e alinhamentos de fraturas. O estudo detalhado de suas formas de distribuição, direção e comprimento auxiliam sobremaneira no entendimento da dinâmica que rege o sistema hídrico subterrâneo.

Danderfer (1994) identificou através da interpretação de imagens de radar e satélites na escala 1/100.000, alguns sistemas de fraturamento rúptil, de significado evolutivo disperso no contexto geotectônico regional. No entanto, estabeleceu alguns possíveis fatores genéticos, conforme direções principais verificadas diante do estado de tensões dos esforços de deformação. Para o Embasamento Cristalino as medidas das fraturas abrangem dois conjuntos de direções. O primeiro, N10-20W, estaria relacionado às fraturas distensivas, e o segundo, N50-60E, associado às direções de cisalhamento. As fraturas da cobertura neoproterozóica-formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena - são mais marcantes na direção E-W, tendo sido classificadas como longitudinais e transversais, em termos descritivos. Evidências de campo possibilitaram a caracterização desse conjunto de fraturas, as quais se exibem com espaçamento que varia de métrico, nas rochas carbonáticas da formação Sete Lagoas, a centimétrico, nos metapelitos da formação Serra de Santa Helena. Outros conjuntos que ocorrem de forma menos expressiva nos diagramas de fraturas (Figura III.5), apresentam direções N50-60W e N20-40E, sendo correlacionadas às fraturas de cisalhamento.

Contudo, os levantamentos aqui efetuados com base nas interpretações de fotografias aéreas em escala 1/60.000 (USAF 1964), permitiram a composição de seis diagramas de roseta, conforme mostrado na Figura III.6. Os elementos que serviram para a referida análise de densidade e comprimento de fraturas, foram extraídos principalmente dos traços de drenagem dispostos de forma alinhada ao longo de uma mesma direção, ou ainda, por longos trechos de vales encaixados que se manifestaram como reais estruturas de significado tectônico, sendo que estes elementos foram interpretados seguindo-se a sistemática de Soares & Fiori (1976). O mapa apresentado na Figura III.7 mostra a distribuição desses elementos.

FIGURA III.6 - DIAGRAMAS DE DIREÇÃO DE FRATURAS - SETE LAGOAS

AQUÍFERO SANTA HELENA

DENSIDADE MÉDIA : 423 m / km

NÚMERO DE MEDIDAS : 291

AQUÍFERO SETE LAGOAS

DENSIDADE MÉDIA : 204

NÚMERO DE MEDIDAS : 57

AQUÍFERO CRISTALINO

DENSIDADE MÉDIA : 593

NÚMERO DE MEDIDAS : 83

COMPRIMENTO ACUMULADO

FREQUÊNCIA ACUMULADA

FIGURA III. 7 — MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DE FRATURAS

LEGENDA

TRAÇOS DE FRATURAS

ALINHAMENTO DE FRATURAS

Em relação às formas originadas por processos de carstificação, pouco se pôde levantar. Embora algumas lagoas possam ter se originado por antigos abatimentos graduais do pacote metapelítico, frente a corrosão das rochas carbonáticas subjacentes (Kohler 1989), torna-se prematura uma avaliação conclusiva neste sentido.

Considerando-se as inúmeras lagoas existentes, alinhadas na mesma direção do principal caminhamento de fluxo, SW-NE, (mapas I e II), pode-se sugerir que neste “trend” esteja contida a zona de maior índice de dissolução da rocha calcária, o que possibilitaria assim, o desenvolvimento dos processos paleocársticos. No entanto, associar tais feições a uma provável superimposição tectônica seria plausível, uma vez que estes alinhamentos correspondem a um grupo expressivo dentre as fraturas detectadas na formação Sete Lagoas, cujo comprimento acumulado sobressai perante os das demais direções. Utilizando-se o levantamento altimétrico dos poços tubulares, em relação às profundidades de entradas d’água, pode-se esboçar a direção preferencial dos condutos de dissolução endocársticos, balizados pela distribuição dos poços de mesma profundidade dessas entradas (capítulo IV).

Os resultados obtidos a partir da confecção dos diagramas da Figura III.6 permitem identificar para cada unidade aquífera as principais direções de fraturas em termos de frequência e comprimento acumulados. De acordo as propriedades físicas das rochas e o estudo do campo de tensões envolvido no processo deformativo, têm-se informações a respeito do tipo de fraturas (aberta ou fechada) e sua direção preferencial. Conforme Costa (1994), se analisarmos a direção principal dos esforços (Sigma 1), variando 10° em torno de E-W, teríamos as direções N50-80W e N50-80E como fraturas de cisalhamento, portanto fechadas; N80-90W e N80-90E como fraturas tracionais abertas. Considerando-se ainda a heterogeneidade do pacote rochoso em termos de competência, a direção de Sigma 1 pode ter variado seu ângulo de refração, possibilitando uma inflexão nas direções das fraturas supracitadas, tanto para NNE-SSW, como NNW-SSE.

A análise do grau de competência das rochas em questão é de extrema importância para a definição da correlação entre quantidade, tipo e orientação das fraturas. Segundo Costa (1994) a relação entre o tipo de rocha e quantidade de água não é casual ou aleatória, pois a intensidade de fraturamento é maior nas rochas de orientação planar (metassiltitos da formação Serra de Santa Helena).

As rochas constituídas por minerais resistentes, não orientados, apresentam geralmente uma baixa frequência de fraturas, embora sejam mais abertas, as originadas por tração paralelas a sigma 1.

Segundo Kohler (1989), os processos de carstificação só se iniciaram no Pleistoceno Médio, após a atuação dos ciclos denudacionais Velhas terem alcançado o nível das rochas carbonáticas, liberando os condutos superiores do endocarste, e marcando o início da carstificação superficial. Portanto, há de se incluir no contexto da abordagem comparativa de Costa (1994) as rochas calcárias não carstificadas, as quais apresentam cristalinidade e massividade para responderem numa faixa de competência entre quartzitos e granitos. No entanto, quando nas outras rochas, o processo de dissecação fluvial começa entalhar seus talvegues nas zonas coincidentes aos traços de fratura, ocorre o início da dissolução dos carbonatos, desenvolvendo-se feições embutidas e mascarando entalhes superficiais. Estes argumentos reforçam a hipótese das lagoas estarem condicionadas aos processos paleocársticos, estando sua gênese ligada ao tectonismo pretérito, impresso em tais rochas. Por conseguinte, o número de fraturas observáveis está limitado a poucas áreas, onde o grau de impureza dos carbonatos é maior (membro Pedro Leopoldo), e o entalhe da drenagem ficou facilitado pela menor chance de infiltração.

Confrontando-se os resultados obtidos por Danderfer (1994) aos interpretados neste estudo, conclui-se que há grande homogeneidade das direções obtidas, porém não concordam em parte, direções atribuídas por ele, como fraturas de cisalhamento-fechadas, às fraturas de direção N10-30E, características dos principais caminhamentos do fluxo subterrâneo, da unidade Bambuí (Capítulo IV).

A formação Serra de Santa Helena caracteriza-se, quanto ao padrão de fraturamentos, com a segunda maior densidade de fraturas, correspondendo a uma média de 432 m/km², contabilizadas 291 medidas. Em grande parte, sobressaem os feixes alinhados paralelamente a direção E-W; os traços maiores (500 a 1.000 m) e esporádicos encaixam-se aos vales dos cursos d'água, predominantemente localizados nas porções de declividade baixa. Os feixes estão essencialmente correlacionados a grupos de muitas fraturas, com comprimentos curtos, geralmente não ultrapassando 250 metros de extensão. Localizam-se essencialmente nas porções de maior declividade da serra de Santa Helena, e se instalam preferencialmente em traços de drenagem intermitente.

Outras direções de expressão significativa correspondem aos alinhamentos N10-40E acumulando cerca de 15% dos elementos observados nesta unidade. Compreendem as direções mais importantes, cujas estruturas tendem a ser mais penetrativas. Com um percentual relativamente baixo de medidas, perfazem mais de 25% do comprimento acumulado nesta direção.

Embora a análise das fraturas indique a maior parte das medidas nas direções N80-90W (70%), estes concentram-se na formação Serra de Santa Helena, nas zonas de espessura elevada, concordando exclusivamente com os altos estruturais da zona de recarga.

O embasamento cristalino é constituído por uma trama de porosidades secundárias impressas nos gnaiss-migmatitos através de fraturas, principalmente pré-brasileanas, cujos alinhamentos e traços podem ser distinguidos claramente dos lineamentos correspondentes aos diques básicos e veios quartzo-feldspáticos de grande extensão. Uma faixa de sedimentos pelito-carbonáticos orientada em NNW sugere uma zona rebaixada estruturalmente (será discutido no capítulo IV), possivelmente devido a falhamento normal que basculou blocos do embasamento, e possibilitou sua deposição. Interessante notar, que a maior densidade de elementos encontra-se no domínio oeste desta faixa, e possivelmente condiciona a movimentação do escoamento subterrâneo para a bacia do córrego São João, pelo menos os fluxos freáticos de sua cobertura. O domínio leste apresenta apenas 25% do total de 83 fraturas medidas, para uma média de comprimento de 593,54 m/km².

Considerando-se, no entanto, a maior importância dos aquíferos cársticos (Formação Sete Lagoas), cabe uma ressalva a respeito da complexidade estrutural destes ambientes, em virtude do fator incremental de dissolução dos condutos calcários, que modifica as condições de fluxo subterrâneo. Ladeira (1985) ressalta os aspectos relativos ao clima tropical brasileiro, em que as condições de intemperismo são mais atuantes, promovendo a decomposição das rochas nas zonas de cisalhamento, o que proporciona um aumento do potencial hidrogeológico, mesmo nestas zonas.

IV - HIDROGEOLOGIA

A avaliação geral das características hidrogeológicas do município de Sete Lagoas baseou-se inicialmente, nos levantamentos de campo destinados ao inventário dos pontos d'água existentes, conforme anexo III. Estes pontos totalizaram 202 poços tubulares, 56 poços escavados e 36 nascentes, dos quais foram coletados "in loco", parâmetros físico-químicos tais como pH, condutividade elétrica e temperatura. Dentre estes dados, reuniu-se 102 perfis construtivo-estratigráficos aproveitáveis, correspondendo a cerca de 50% dos poços tubulares cadastrados, e demais informações coletadas a respeito das condições de captação, regime de bombeamento, armazenamento, etc., conforme verificado no modelo de fichas cadastrais SIAS - Sistema de informações de águas subterrâneas (CPRM 1991), anexo I. O anexo III corresponde ao levantamento complementar de poços tubulares, visando a obtenção dos dados dos níveis estáticos, para configuração do mapa piezométrico da bacia do ribeirão Jequitibá.

Os aquíferos presentes na área correspondem a três classes distintas de rochas, sendo a primeira e mais importante, constituída pelas rochas pelito-carbonáticas do grupo Bambuí, representado, na área pelas formações Sete Lagoas - calcários, e Serra de Santa Helena - pelitos e ardósias. A segunda classe corresponde aos litótipos do embasamento cristalino, representado por gnaisses e migmatitos; e a terceira, refere-se essencialmente aos materiais de alteração das rochas supracitadas, os quais distribuem-se de acordo com a intensidade de transporte - alúvios, colúvios e elúvios.

Considerando-se tais conformações litológicas, encontram-se três tipos de aquíferos na área, caracterizados por suas condições de circulação e armazenamento da água subterrânea:

- aquíferos cársticos, fraturados e granulares.

Os aquíferos cársticos correspondem essencialmente à faixa de rochas calcárias, onde o fluxo e o armazenamento estão condicionados por condutos de fraturas alargadas por dissolução do material carbonático. Compreende a única fonte de abastecimento para consumo humano, perfazendo mais de 80% dos poços tubulares cadastrados. Geograficamente, estão distribuídos por toda área de extensão das rochas da Formação Sete Lagoas, as quais ocupam em torno de 25% do município (130 km²).

Os aquíferos fraturados "stricto sensu" correspondem ao domínio de rochas cristalinas, cuja capacidade de armazenamento e circulação da água subterrânea estão restritas às zonas de interconexão de fraturas. Situam-se na porção sul do município numa área de 80 km² (15,5%).

Enquadram-se neste contexto os aquíferos pelito-carbonáticos, compreendendo cerca de 56% da área do município (290 km²). Abrangem toda a porção centro-norte e caracterizam-se por uma trama estrutural interligada aos aquíferos cársticos sotopostos. Nas faixas de intercalações calcárias podem corresponder a um aquífero cárstico-fissural.

Os aquíferos granulares estão representados por materiais de porosidade primária, derivados dos processos pedogenéticos locais, cuja intensidade determinada pela atuação intempérica nas rochas constituiu espessas zonas de cobertura regolítica com a amplitude das isópacas variando entre 2 e 40 metros. Devido à baixa permeabilidade destes materiais inconsolidados, geralmente atribuída à presença de grande quantidade de argilas, estes aquíferos comportam apenas poços escavados (cisternas) para atender pequenas comunidades. São em geral solos pouco transportados - elúvio-coluvionares, cujo potencial de armazenamento está restrito aos interstícios porosos, na forma de aquíferos freáticos, e de extensão variável. Esta unidade não será abordada em detalhes, sendo descrita apenas como meio de diferenciação entre as características físico-químicas de suas águas, e das demais unidades aquíferas. Em relação aos aluviões, estes ocorrem predominantemente nas calhas dos cursos d'água, com espessura inferior a 12 metros; representam apenas 4% da área exposta, constituindo cerca de 21 km².

Levantamentos estatísticos e histogramas representando um diagnóstico hidrogeológico global da área de estudo identificam as principais características hidrogeológicas dos aquíferos, conforme mostram a Tabela IV.1 e a Figura IV.1.

TABELA IV.1 - Características Fundamentais dos Aquíferos

	Aquífero Sete Lagoas			Aquífero Santa Helena			Aquífero Cristalino		
	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.
Profundidade (m)	218	94,0 (116)	30,0	150	100,6 (18)	78	134,0	81,0 (26)	22,0
Nível Estático (m)	> 100	23,9 (86)	0,0	57,1	11,7 (22)	2,6	10,6	4,5 (17)	0,0
Nível Dinâmico (m)	> 100	36,0 (52)	1,0	37,0	40,0 (8)	5,5	67,0	34,4 (11)	11,9
Rebaixamento (m)	53,6	39,5 (50)	0,4	40,0	17,1 (8)	1,0	68,0	34,0 (10)	7,7
Profundidade de Entradas d'Água (m)	103	46,2 (162)	10,0	52,0	21,1 (11)	9,0	88,0	36,2 (41)	11,80
Vazão (m ³ /h)	200,2	44,4 (90)	0,72	15,8	8,8 (16)	2,3	22,0	7,5 (17)	0,72
Vazão Específica (m ³ /h/m)	140,4	37,6 (42)	0,02	1,8	0,83 (8)	0,058	2,8	0,4 (10)	0,018

() n° de medidas

A análise dos histogramas da Figura IV.1, indicam para as características globais dos poços tubulares a seguinte situação:

- cerca de 55% dos poços têm profundidade entre 60 e 100 metros, com a média estabelecida em 91 metros;
- aproximadamente 40% apresentam seus níveis estáticos acima de 10 metros, outros 40% entre 10 e 30 metros, sendo que 20% estão abaixo de 30 metros de profundidade;
- os níveis dinâmicos apresentam-se muito dispersos, contudo, são nítidos os valores expressivos entre 10 e 20 metros (25%) e também entre 30 e 40 metros (30 %) de profundidade;
- as vazões predominantes ocorrem entre 10 e 40 m³/h (40%), embora apresente grande dispersão de valores com a média de 20 m³/h;
- acima de 40% das vazões específicas de todos os poços encontram-se na faixa menor que 1 m³/h/m, sendo os demais valores dispersos entre 1 e 3 m³/h/m (20%), 3 e 10 m³/h/m (15%) e acima de 10m³/h/m (25%);
- as profundidades de entradas d'água têm seu maior percentual verificado entre 20 e 40 metros (45%), com média global em torno de 35 metros.

O mapa piezométrico apresentado na Figura IV.2 foi construído a partir da interpolação de 77 poços tubulares, medidos os níveis estáticos e cotas altimétricas. De acordo com as necessidades de caracterização de toda a bacia do ribeirão Jequitibá, para efeito das análises quantitativas do balanço hídrico, estabeleceu-se o cadastramento complementar dos pontos d'água que extrapolam o município, conforme apresentado no anexo III.

IV.1 - Unidades Aquíferas

As unidades aquíferas são assim designadas para corresponderem aos domínios hidrolitológicos dentro de seus limites. De acordo com os estudos realizados, principalmente através das informações obtidas pelos poços tubulares, foram reconhecidas três unidades aquíferas: Bambuí, Cristalina e Cobertura Inconsolidada.

FIGURA IV.2 -- MAPA PIEZOMÉTRICO

LEGENDA

- ÁREA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS
- LIMITE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO JEQUITIBÁ
- 780--- ISOPIEZAS (TRACEJADA QUANDO ESTIMADA)
- DIREÇÃO PREFERENCIAL DO FLUXO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA
- POÇOS TUBULARES

IV.1.1 - Unidade Aquífera Bambuí

Esta unidade apresenta-se com características hidrolitológicas distintas, sendo individualizados dois aquíferos, quanto às suas condições de fluxo e armazenamento. Contudo, interligam-se litoestratigraficamente, conformando um único sistema hídrico subterrâneo.

IV.1.1.1 - Aquífero Santa Helena

Este aquífero é constituído por topo-sequências de rochas com composição silto-argilosa, sendo as principais representantes as ardósias, metassiltitos e metargilitos. Podem atingir cerca de 200 metros de espessura, embora tenha-se verificado através dos perfis estratigráficos dos poços tubulares e seções geológicas, uma espessura média em torno de 60 metros. Em sua maior expressão superficial, ocupando toda a porção norte da área, ocorrem solos residuais (elúvios) ou pouco transportados (colúvios) que capeiam cerca de 2 a 40 metros de material pelítico alterado. Em profundidade, encontram-se rochas ardósianas compactas, quase sempre intercaladas com lentes calcárias, ou mesmo filmes calcíferos delgados na forma de laminações plano-paralelas. Na porção centro-norte ocorre invariavelmente, sobrepondo os calcários do aquífero Sete Lagoas, sendo pela descrição dos perfis analisados, dificilmente distinguidos deste aquífero.

Na porção ocidental, onde o topo do embasamento cristalino ocorre em cotas altimétricas mais elevadas, sua espessura diminui, além de assentar-se diretamente em determinados locais, sobre o próprio embasamento.

IV.1.1.1.1 - Recarga

Estes aquíferos assumem importância relevante no processo de infiltração das águas meteóricas, sendo os solos que os capeiam responsáveis pela contribuição de ácidos húmicos que percolam pelas fraturas e se misturam às águas profundas, aumentando sua agressividade e seu poder de dissolução.

Considerando-se seu posicionamento topográfico e estratigráfico, constitui-se como a mais importante camada aquífera, em termos de alimentação de todo o sistema, e também como meio auto-depurador de quaisquer elementos nocivos aos mananciais profundos.

Além de ocupar uma superfície maior do que 50% de toda a área, engloba em sua porção altaneira, de cotas entre 900 e 1070 metros de altitude, o conjunto serrano Santa Helena - Tombador, o qual pode ser identificado como o principal meio coletor da descarga hídrica pluvial que drena para as bacias dos ribeirões São João, a oeste, e Jequitibá, a leste.

Esta zona de recarga, estratigraficamente, é muito bem caracterizada pelos perfis dos poços tubulares perfurados em seus dois flancos, leste e oeste, e também pelas seções geológico-estruturais que a atravessam. Coincide com um alto estrutural, cujas bordas se fazem para ambas as vertentes, determinantes do sentido de fluxo subterrâneo nas duas bacias (mapa I).

O processo de infiltração mais eficaz ocorre ao longo das zonas mais intensamente fraturadas (Figura III.7), em que os metassedimentos encontram-se com espessura em torno de 60 metros. Nas zonas cobertas por espessos mantos de intemperismo a recarga é lenta e só ocorre através de filtrações verticais descendentes, ou ainda em zonas coincidentes aos cursos d'água em que o talvegue corresponde a traços do tipo "riacho-fenda" (Costa 1994).

Contudo, os seus limites carecem de mais informações piezométricas, principalmente na sua porção norte, onde não existem poços tubulares perfurados. A sua forma ficou definida como um extenso alongamento, cujos limites são estabelecidos a partir da isopieza 800 metros, com largura média em torno de 2.000 metros, sendo a porção mais larga de 3.500 metros e a mais estreita em torno de 1.000 metros. Seu comprimento limita-se aos pontos onde se pôde confirmar a interpolação das isopiezas, embora deva ultrapassar o valor medido de 8.000 metros. Esta zona de recarga, mesmo não se mostrando muito significativa em termos dimensionais, coincide estratigraficamente a um pacote metapelítico fraturado sobreposto a uma camada calcárea intensamente carstificada, com cavidades subterrâneas expressivas no contexto espeleológico regional. Desta forma, deve-se salientar a elevada taxa de infiltração, dado o conjunto de aspectos morfoestruturais local.

IV.1.1.1.2 - Condições de Fluxo

Podem ocorrer dois tipos de fluxo, de acordo com as condições litológico-estruturais do pacote que representa o aquífero Santa Helena: o primeiro corresponde a um fluxo laminar-difuso, oriundo da infiltração descendente no meio de porosidade intergranular, representado pelo manto de intemperismo sobrejacente à zona onde ocorre o segundo tipo de fluxo, ou seja, às porções fraturadas das ardósias calcíferas, onde se evidenciam processos incipientes de dissolução do material carbonático intercalado.

Este fluxo ocorre de forma menos difusa que o primeiro, onde intercepta pequenos canais erodidos e dissolvidos pela ação da água, iniciando-se um processo de escoamento mais concentrado. Segundo Quinlan & Ewers (1986, *in* Mull *et al.* 1988) os tipos de fluxos da água subterrânea, num meio de rochas carbonáticas, evoluem de acordo com o grau de dissolução destas rochas, em difusos, mistos¹ e por condutos. Embora a maior parte dos aquíferos carbonáticos seja caracterizada por fluxos difusos e por condutos, geralmente só um tipo de fluxo predomina (Smart & Hobs 1986, *in* Mull *et al.* 1988). Desta maneira, o início do processo de carstificação em subsuperfície ocorre no contato da porção basal do aquífero Santa Helena, em que se interceptam lentes calcárias e ardósias calcíferas, marcando a mudança entre os padrões de fluxo difuso (laminar) e por condutos (turbulento).

Quanto às suas características gerais de escoamento, podem ser avaliados alguns fatores estruturais que determinam as principais zonas de fluxo subterrâneo e suas profundidades. De acordo com a Tabela IV.1, de 11 poços analisados, obteve-se uma média de 21,1 metros de profundidade para as entradas d'água, sendo a máxima de 52 metros e a mínima de 9,0 metros.

Observando-se os perfis estratigráficos dos poços e as seções geológicas, verifica-se que a profundidade média refere-se a entradas d'água oriundas de zonas alteradas (filtros nos poços e vazões baixas); a máxima corresponde, em geral, às porções de contato com lentes calcárias, com a presença de fendas (sem filtros e vazões médias), e a mínima combina com situações de vazões muito baixas, com fendas secas e filtros nos mantos de intemperismo. Na realidade o que determina as melhores condições de fluxo, são as referências das entradas d'água com um datum específico, podendo altimetricamente serem balizadas em termos de direção e quantidade de água. Uma análise expedita dos perfis com cotas altimétricas mostram uma tendência deste aquífero tornar-se mais espesso à medida que se avança em direção a NNE, pois o embasamento cristalino encontra-se em cotas mais baixas, ocorrendo o espessamento das camadas supracrustais do Bambuí.

1- fluxos intermediários entre o laminar e o turbulento

A elaboração do mapa piezométrico indica um regime de fluxo com velocidades homogêneas, verificado pela equidistância entre as isopiezas sendo que o gradiente hidráulico apresenta uma direção convergente dos caminhamentos do fluxo rumo a parte central da bacia (Figura IV.2), coincidente à calha do ribeirão Jequitibá. Contudo, este gradiente oscila em torno de 10 m/km na zona centro-norte do município, atingindo cerca de 2,5 m/km próximo às zonas de descarga em direção ao rio das Velhas, no extremo nordeste.

De acordo com o distanciamento das isopiezas, observa-se uma diferenciação entre os intervalos, indicando conforme Custódio & Llamas (1976), uma quebra na velocidade do fluxo subterrâneo, marcada pelo aumento destas distâncias, à medida que se caminha rumo à direção NNE. Esta variação é melhor observada a partir da cota piezométrica de 720 metros, em que se alargam os intervalos para jusante. Estas características sugerem uma zona de contato lateral entre os aquíferos Santa Helena e Sete Lagoas, devido a três fatores principais:

- a diminuição da velocidade de fluxo subterrâneo, acarretada pela mudança nas características de circulação do meio cárstico (fluxo por condutos em regime turbulento) para o meio pelito-carbonático (fluxo misto a difuso, em regime predominantemente laminar). Todavia, poderá ocorrer fluxo turbulento nas zonas carstificadas de lentes de calcário intercalado do aquífero Santa Helena;
- o decréscimo dos valores de condutividade elétrica da água, gradativamente rumo ao norte e;
- o contato litológico coincidente nesta faixa, entre as formações Serra de Santa Helena e Sete Lagoas, conforme mostra o mapa geológico.

IV.1.1.1.3 - Descarga

As principais formas de descarga d'água compreendem as contribuições aos aquíferos subjacentes, às nascentes perenes e às drenagens superficiais.

Os aquíferos cársticos posicionados abaixo concorrem com a maior parte do exutório proveniente das infiltrações superficiais, principalmente na área coincidente à zona de recarga, onde o tempo de trânsito é menor, devido às condições litológicas citadas anteriormente, tais como o grau de fraturamento, espessura do material de cobertura e carstificação das rochas subjacentes.

As nascentes ocorrem de forma dispersa, sendo caracterizadas, notadamente, como fontes de contato entre os materiais elúvio-coluvionares sobrepostos aos metassiltitos e metargilitos de permeabilidade mais baixa.

Localmente, os trechos de aluviões encaixados a alinhamentos de fraturas podem ser alimentados devido à conexão hidráulica, como reguladores do sistema hídrico superficial, sendo demonstrado pela disposição das isopiezas, através do regime influente do aquífero em relação aos cursos d'água.

As descargas induzidas, decorrentes da exploração por poços tubulares profundos, apresentam uma média de 8,8 m³/h/m, contabilizadas as medições de 16 poços, sendo que a vazão específica é geralmente inferior a 1 m³/h (60%), com média de 0,83 m³/h/m. As nascentes ou fontes naturais, quando ocorrem nos metapelitos, apresentam vazões livres não superiores a 2 m³/h. Esta cifras são irrisórias comparadas ao volume que infiltra e se transfere para os aquíferos profundos.

IV.1.1.2 - Aquífero Sete Lagoas

Constitui-se essencialmente por rochas carbonáticas representadas por calcários impuros, na porção basal, em contato com o embasamento cristalino, e por calcários puros na porção superior, sotopostos aos aquíferos pelito-carbonáticos - Santa Helena. Podem alcançar uma espessura de até 160 metros, verificada nos perfis construtivo-estratigráficos dos poços tubulares. São geralmente cobertos por espessas camadas de intemperismo, representadas por solos residuais de composição argilosa, comumente descritas nos perfis dos poços como “argilas plásticas amarelas” ou “toá de coloração ocre”. Atingem cerca de 40 metros de profundidade, embora sua espessura média esteja em torno de 25 metros. Localmente, ocorrem afloramentos da rocha calcária, evidenciando processos de carstificação superficial e desenvolvimento de cavernas de dimensões consideráveis, como é o caso das grutas Rei do Mato, Cascata I e II, Lapa do Boi, etc., todas com mais de 1,0 km de extensão. Este conjunto espeleocárstico desenvolve-se preferencialmente nas rochas calcárias mais puras (membro Lagoa Santa), onde a atuação dos processos de dissolução foram mais intensos.

Geograficamente, distribuem-se por toda a porção centro-meridional do município, predominando em uma faixa que se manifesta de leste a oeste. Sub-superficialmente, são bem caracterizados pelos perfis construtivo-estratigráficos dos poços tubulares, ocorrendo sob os litótipos metapelíticos que constituem o aquífero Santa Helena, ao longo de toda porção centro-norte da área. Nestas condições, podem ocorrer a partir de 60 metros de profundidade, sendo contínuos por mais de 100 metros. O mapa I - Potencialidades Aquíferas - apresenta o resumo dos perfis mais representativos da área, além de mostrar as seções geológicas em direções selecionadas.

Em determinados locais, próximos ao alto estrutural da serra de Santa Helena, o aquífero Sete Lagoas pode adelgaçar-se até cerca de 10 metros de espessura, e imediatamente após, cerca de 500 metros, espessar-se novamente a mais de 100 metros de profundidade. Estas situações decorrem dos processos de estruturação da bacia Bambuí, o que condiciona sobremaneira as zonas mais favoráveis à exploração da água subterrânea.

Considerando que os calcários são também rochas maciças, previamente à atuação dos processos de dissolução pela ação da água, foi necessário sua inclusão dentro de um contexto tectônico o qual fosse capaz de elucidar os principais mecanismos responsáveis por sua estruturação, como citado anteriormente, no item geologia estrutural. Ficou assim definido que a carstificação ocorre em zonas onde a fraqueza da rocha estava materializada por fraturamentos, sendo alargados por dissolução; ou por falhamentos, cujos processos intempéricos agiram ao longo dos planos, criando zonas favoráveis à circulação da água subterrânea.

Uma vez entendidos tais mecanismos, torna-se possível admitir que a dinâmica hídrica subterrânea é muito intensa, e estabelece-se a partir da circulação de grande volume d'água através do endocarste, o qual tem sua gênese ligada aos seguintes fatores (segundo Palmer 1991):

- recarga de fluxo difuso através de rochas sobrejacentes não solúveis, as quais contribuem com volumes consideráveis para as fraturas da rocha calcária subjacente;
- agressividade da água subterrânea incrementada pela mistura com águas provenientes de outras fontes, de composição química diferente (solo + ácido húmico = águas ácidas), aumentando a capacidade de dissolução do calcário.

IV.1.1.2.1 - Recarga

Os calcários do aquífero cárstico Sete Lagoas posicionam-se estratigraficamente abaixo do pacote metapelítico representado pelo aquífero Santa Helena, pelo menos nas porções do centro-norte da área, onde não estão aflorantes, mas são detectados pelos perfis dos poços tubulares. Com cerca de 130 km² de superfície mapeada, os calcários apresentam-se com mais de 96% desta área coberta por solos residuais e pouco transportados, com poucas exposições de afloramentos rochosos.

De acordo com Palmer (1984a), o fluxo de água que circula através de condutos subterrâneos ou cavernas, depende da quantidade de recarga disponível e/ou da capacidade de condutividade hidráulica de tais condutos. Neste sentido, é possível identificar duas condições que controlam o armazenamento destes aquíferos:

- nas zonas de recarga “stricto sensu”, correspondentes às áreas de exposições rochosas e à faixa compreendida pelo conjunto serrano Santa Helena - Tombador, o controle do fluxo subterrâneo depende diretamente da área de captura que alimenta as fissuras e fraturas;
- nas áreas de carste encoberto pelo próprio manto de alteração ou por rochas insolúveis sobrejacentes, há água suficiente para manter os condutos repletos de água, sendo que a água excedente flui segundo rotas alternativas, dando origem às surgências.

Ocorre, desta forma, uma transferência do aporte hídrico pluvial, de acordo com as condições supracitadas, que recarrega o aquífero cárstico, estando as camadas de cobertura em uma função voltada mais à filtragem dos volumes de água descendente, do que propriamente ao armazenamento.

IV.1.1.2.2 - Condições de Fluxo

De uma maneira geral ocorrem fluxos por condutos, em regime turbulento, nas zonas cuja carstificação é bem desenvolvida. A rede de drenagem subterrânea concorda seu traçado aos alinhamentos de estruturas tectônicas, como falhas e fraturas, embora as primeiras tenham sido inferidas como coincidentes as direções de cisalhamento. As fraturas tiveram suas direções, predominantemente, coincidentes aos alinhamentos da drenagem superficial (Capítulo III), ou mesmo interpretadas através de ocorrência de lagoas paleocársticas em sequência retilínea.

O levantamento estatístico das profundidades de entradas d'água dos poços tubulares, para um total de 162 medidas, acusam uma média de 46,2 metros, sendo a máxima de 103,0 metros e a mínima de 10,0 metros de profundidade. Entretanto, os níveis estáticos estão distribuídos homogeneamente em classes de 0 a 30 metros, perfazendo um total de 60% dos valores encontrados. A média é de 23,7 metros, para um total de 86 medidas excutadas no período de maio a agosto de 1991. Cabe salientar que, mesmo sendo medidos em condição de repouso, os níveis estáticos dos poços tubulares situados na área urbana podem ter sido aparentes, uma vez que a densidade de poços é muito elevada, com média de 2,7 poços/km², o que representa a metade dos poços tubulares do município (101), restritos à zona urbana de 38 km².

Desta forma, o cone de rebaixamento provocado por poços ativos circunvizinhos, possivelmente influencia o comportamento do aquífero cárstico intercorrectado hidraulicamente, e marca nesta área uma cota piezométrica mínima oscilando entre 790 e pouco menos de 710 metros, correspondente a níveis estáticos variando em torno de 20 a 40 metros de profundidade.

Estas informações, balizadas com as distribuições de entradas d'água dos poços tubulares, permitem configurar-se a seguinte situação do regime de fluxo na área:

- as entradas d'água de maior importância, quanto ao volume de água, encontram-se em profundidades inferiores a 700 metros de altitude, sendo distinguidos através do levantamento de 35 perfis com cotas altimétricas, dois níveis distintos de carstificação: o primeiro em cotas variando entre 700 e 680 metros, e o segundo em cotas variando entre 680 e 660 metros de altitude. Estes níveis correspondem às faixas com maior número de entradas d'água, respectivamente;
- as vazões específicas dos poços tubulares, em geral, tendem a ser mais elevadas em locais cujas profundidades ultrapassam a cota de 700 metros, o que demonstra uma elevada condutividade hidráulica da rede de condutos endocársticos, abaixo desta cota.

IV.1.1.2.3 - Descarga

Os aquíferos cársticos estão representados por cotas piezométricas que variam entre 800 e 720 metros, com um gradiente hidráulico mais acentuado próximo à zona serrana, tanto para leste como para oeste do município. Na direção oeste, atinge a cota de 720 metros, com um gradiente de 8,0 metros/km, e na direção leste chega a atingir 32,0 metros/km, próximo à serra de Santa Helena, porém a média é de 13,3 m/km.

Uma das principais formas de descarga desses aquíferos corresponde ao próprio volume explotado constantemente para o abastecimento da população, da ordem de 500 l/s. Contudo, esta taxa de bombeamento corresponde apenas a uma pequena parte do volume infiltrado, conforme verificado pelo balanço hídrico.

Como o embasamento cristalino não funciona como um receptor potencial das águas que podem fluir verticalmente, pode-se supor que grande parcela do volume infiltrado atinja zonas de circulação lenta e mais profunda, na forma de uma recarga efetiva e/ou escoie ao longo dos condutos endocársticos rumo ao rio das Velhas, nível de base regional.

IV.1.2 - Unidade Aquífera Cristalina - Aquíferos Cristalinos

Esta Unidade é representada por um conjunto de rochas granitóides indiferenciadas, conformando um sistema hidrogeológico particularizado.

Os aquíferos cristalinos são constituídos essencialmente por rochas gnáissico-migmatíticas, sendo caracterizados por condições de fluxo e armazenamento restritas às zonas de fissura destas rochas. Correspondem à porção basal indiferenciada, quanto a seus tipos litológicos, sendo às vezes mapeados de acordo com a coloração róseo-esbranquiçada do produto de intemperismo derivado dos saprólitos quartzo-feldspáticos.

Ocorrem, predominantemente, na porção extremo sul do município, perfazendo um total de 80 km² em superfície. Afloramentos de rochas maciças são escassos e a cobertura alterada varia sua espessura entre 0 e 50 metros, com média entre 20 e 30 metros. As exposições rochosas coincidem com altos estruturais, situados preferencialmente nas adjacências do interflúvio que divide as bacias dos ribeirões Jequitibá e São João. Apresentam-se em cotas altimétricas mais elevadas na direção sul, conforme verificado nos perfis dos poços e nas seções geológicas (mapa I).

A característica mais marcante deste assoalho cristalino é a sua grande variação topográfica, podendo alternar-se em desníveis superiores a 100 metros, em menos de 200 metros de extensão.

Na porção sul ocorrem em dois domínios, separados por uma faixa de baixo estrutural ocupada por sedimentos pelito-carbonáticos e calcários, sugerindo uma zona de falha do complexo cristalino, com direção NW-SE.

IV.1.2.1.1 - Recarga

Devido ao caráter polimetamórfico do embasamento, muitos eventos tectônicos deixaram registros superpostos nestas rochas, materializados através de uma trama intrincada de fraturamentos, conforme visualizado na análise dos diagramas de fraturas. Tendo sido citado anteriormente, os dois domínios existentes conformam padrões de direções distintas de alinhamentos; o situado a oeste, acumula comprimentos de extensão variável e direção NW, e o localizado a leste é pouco expressivo, apresentando menos traços de fratura, com densidade menor e direção preferencial para NE.

A porção sul do interflúvio que delimita a bacia do ribeirão Jequitibá atravessa esta zona de fraturas e aparentemente (não se dispõe de dados suficientes para uma conclusão mais precisa), o conjunto de fraturas do domínio leste, situado dentro desta bacia, define uma zona de recarga distinta do domínio oposto. Desta forma, os cursos d'água instalados nestes alinhamentos contribuem para a realimentação das reservas de água subterrânea neste domínio, cuja direção provável deve ser no sentido NE, conjuntamente aos da bacia Jequitibá, e os do domínio oeste, consequentemente, contribuem para a bacia dos ribeirões São João e Tapera, cujo gradiente hidráulico tem caimento para WNW.

As considerações estruturais e dinâmicas levantadas para esta unidade aquífera, levam a crer que o regime de alimentação do manancial hídrico subterrâneo é totalmente dependente da interconexão entre as camadas de material inconsolidado, que capeiam as rochas fraturadas sotopostas. Exibindo granulação com frações mais grosseiras do que as encontradas nos mantos de alteração das rochas pelito-carbonáticas e calcários, o capeamento quartzo-feldspático funciona como uma “esponja” armazenando água numa espessa zona saturada livre, a qual mantém abastecidas as fraturas em profundidade. A análise dos perfis construtivos dos poços indica situações variadas quanto ao fornecimento e produtividade de água.

Em geral, o que se verifica é uma contribuição significativa das águas de chuva, direta e/ou indiretamente, alimentando os aquíferos via percolação intergranular, com recarga contínua nos vales encaixados pelo controle estrutural da drenagem.

III.1.2.1.2 - Condições de Fluxo

O fluxo da água subterrânea nestes aquíferos está intimamente relacionado às estruturas abertas das rochas cristalinas, tais como fraturas, fissuras e zonas de falhas, principalmente as falhas antigas que foram reativadas por processos tectônicos posteriores.

De uma maneira geral, pode-se caracterizar duas formas de fluxo: uma mais rasa, interconectada hidraulicamente ao manto de intemperismo, e outra profunda, com características químicas da água diferentes, em regime de confinamento exercido pelo isolamento de fraturas em maiores profundidades.

As observações dos poços, quanto às entradas d'água, revelaram determinadas características de fluxo subterrâneo, quando comparados aos volumes explotados:

- os poços com vazões mais elevadas normalmente correspondem à profundidade média de entradas d'água, em torno de 41 metros, ou ainda, aos poços com filtros nas profundidades entre 15 e 30 metros, locados preferencialmente às margens dos ribeirões locais;
- os poços com vazões baixas, inferiores a 3,0 m³/h, relacionam-se às locações em terrenos de topografia mais elevada, com filtros ou não, e cujas entradas d'água correspondem a fendas mais profundas, variando entre 50 e 80 metros.

Considerando tais observações, pode-se verificar que nos terrenos cristalinos os fluxos potencialmente aproveitáveis, correspondem às zonas em que a possibilidade de ocorrência de fendas abertas seja maior, o que na área tem se demonstrado para profundidades de até 88 metros, ressaltadas as cotas topográficas.

IV.1.2.1.3 - Descarga

Grande parcela da água pluvial, que se infiltra nos terrenos granulares que cobrem o embasamento é transmitida para zonas mais profundas do aquífero, e outra parte transfere-se para os cursos d'água através de um regime de influência do aquífero sobre o leito d'água. Desta forma, é mantida uma relação de permuta, em que o aquífero inicialmente cede para os cursos d'água, e por sua vez cede para o aquífero profundo.

Outra parcela que é descarregada pelos aquíferos corresponde à liberação de camadas freáticas, retidas por lentes de material menos permeável da zona alterada, conformando faixas de lençóis suspensos, como fontes intermitentes e também fontes de contato, como descrito anteriormente.

IV.1.3 - Unidade de Coberturas Inconsolidadas - Aquíferos Granulares

Estão representados em toda extensão superficial, através dos materiais inconsolidados provenientes ou da alteração das rochas "in situ", ou por rampas de colúvio de materiais pouco transportados, e ainda, pelos aluviões restritos às zonas das calhas dos cursos d'água.

São essencialmente aquíferos freáticos, descontínuos, caracterizados no campo por uma série de poços escavados (cisternas) e nascentes diversas.

Em profundidade, sofrem oscilações de acordo com a atuação do grau de intemperismo de determinada camada rochosa. À exceção dos aluviões, são geralmente espessos e sua composição varia de acordo com o protólito que o originou. Muitos dos poços tubulares perfurados em zonas de contatos litológicos, obtiveram resultados anômalos quanto a inúmeros parâmetros, tanto qualitativos como quantitativos. Esses poços, cuja tipologia aquífera mostra-se indefinida, correspondem nos perfis analisados às zonas que se confundem em relação ao material inconsolidado, quanto à origem do material intemperizado.

Apesar de alguns casos referirem-se a poços com elevadas vazões, não foi possível associá-los a zonas de aluviões heterogêneas, pois os vales fechados em que se localizam não demonstram capacidade suficiente para grande transporte de sedimentos, em vista das elevadas espessuras observadas.

Os poços escavados (PE's) cadastrados em número de 56, obtiveram uma média de 12,5 metros de profundidade com a máxima em 40,0 metros e a mínima em 3,0 metros. A vazão extraída desses poços com diâmetros em torno de 1500 mm, podem alcançar descargas superiores a 1000 l/h.

Os aquíferos freáticos, em geral, têm suas águas reconstituídas pelas descargas pluviais, ou localmente, podem ser realimentados por águas fluviais conectadas hidraulicamente a estes aquíferos. As condições de escoamento subterrâneo são regidas essencialmente por fluxo laminar, em que predominam movimentos descendentes da água pelos espaços intergranulares da rocha alterada e do solo. As nascentes cadastradas nestas zonas aquíferas mostram-se mais frequentes nas áreas de contato com solos ou rochas menos permeáveis. Das 36 nascentes cadastradas, 25 encontram-se nestas condições, as quais apresentam vazões extremamente variadas, dependendo de diversos fatores, como topografia, tipo de material inconsolidado, etc.. Estes materiais de cobertura, por funcionarem como verdadeiros filtros, condicionam a qualidade da água em subsuperfície, sendo de vital importância no contexto hidrogeológico local.

IV.2 - Características Hidráulicas e Dimensionais

Na avaliação dos resultados obtidos na Tabela IV.1, quanto às características fundamentais dos aquíferos, verifica-se uma espessura saturada média que pode oscilar em torno de 80, 50 e 40 metros, para os aquíferos Sete Lagoas, Cristalino e Santa Helena, respectivamente.

Estes limites de saturação observados implicam num regime de confinamento generalizado dos aquíferos Sete Lagoas e Santa Helena, dadas as condições de fluxo profundo no endocarste e nas lentes carbonáticas intercaladas nos metapelitos, cobertos por espessa camada de material inconsolidado, de baixa permeabilidade. O aquífero Cristalino apresenta-se conectado hidraulicamente ao manto de alteração sobrejacente por uma malha de porosidade secundária, podendo em alguns locais, mostrar-se em regime de semi-confinamento devido à presença de lentes de composição mais argilosa.

Os limites de saturação dos aquíferos estão marcados pelas profundidades máximas de entradas d'água nos poços tubulares, em relação aos níveis estáticos. Contudo, para os valores apresentados acima, estão excluídos os dados referentes às entradas d'água de filtros posicionados no material granular de cobertura, para ambos os aquíferos, Cristalino e Santa Helena.

O mapa piezométrico obtido revela uma configuração geral de fluxos subterrâneos direcionados concordantemente ao caimento topográfico e convergentes à porção central da bacia do ribeirão Jequitibá, embora a disposição das isopiezas, localmente, possa apresentar alguma imprecisão devido à falta de dados para interpolação, o que não invalida a tendência geral do escoamento. Este sistema aquífero é separado pela serra de Santa Helena, que serve de divisor das águas que drenam para oeste, no sentido de alimentação da bacia do córrego São João.

Dentro deste contexto, conforme visualizado nas seções geológicas do mapa I - Potencialidades Aquíferas- as espessuras saturadas sofrem oscilações de acordo com as mudanças altimétricas do assoalho cristalino, enfatizando as zonas com maior ou menor probabilidade de acumulação de água subterrânea, dentro dos pacotes de rocha calcária.

De acordo com o que foi exposto até o momento, nota-se claramente a maior relevância dos aquíferos cársticos (Sete Lagoas), tanto pela quantidade de informações disponíveis, quanto por seu comprometimento com a população a ser abastecida. Isto reflete a importância de se determinar seus atributos dinâmicos e hidráulicos, bem como de se quantificar suas reservas, não obstante a caracterização dos outros aquíferos, seja também importante no contexto hidrológico global, principalmente em termos comparativos.

Os principais recursos utilizados para obtenção das características hidráulicas dos aquíferos compreendem os ensaios de bombeamento dos poços tubulares e/ou recuperação residual dos níveis d'água.

De acordo com a disponibilidade de dados a respeito da execução destes ensaios, apenas seis fichas foram catalogadas, cujos valores estão apresentados na Tabela IV.2. Os dados pertinentes ao aquífero Santa Helena foram obtidos de Lima (1980), e representam condições hidrogeológicas equivalentes, em áreas congêneres - Funilândia e Paraopeba. A interpretação dos 8 (oito) ensaios foi feita para determinação dos parâmetros hidráulicos transmissividade (T) e permeabilidade (K), este último, empiricamente, através da fórmula $T=Kb$, onde b = espessura saturada do aquífero.

TABELA IV.2 - Dados do Rebaixamento Residual dos Ensaio de Recuperação

Tempo t'(min.)	Aquífero Cristalino		Aquífero Santa Helena		Aquífero Sete Lagoas			
	Poço 177 NE = 4,0 m ND = 23,8 m Q = 16,34 m ³ /h	Poço 56 NE = 0,0 m ND = 39,4 m Q = 7,06 m ³ /h	Funilândia NE = 20,3 m ND = 45,8 m Q = 14,08 m ³ /h	Paraopeba NE = 10,7 m ND = 45,8 m Q = 14,98 m ³ /h	Poço 182 NE = 13,8 m ND = 16,2 m Q = 60,94 m ³ /h	Poço 185 NE = 32,9 m ND = 36,9 m Q = 24,98 m ³ /h	Poço 188 NE = 0,86 m ND = 1,72 m Q = 80,0 m ³ /h	Poço 214 NE = 37,9 m ND = 41,0 m Q = 59,98 m ³ /h
	$\Delta S'$ (m)	$\Delta S'$ (m)	$\Delta S'$ (m)	$\Delta S'$ (m)	$\Delta S'$ (m)	$\Delta S'$ (m)	$\Delta S'$ (m)	$\Delta S'$ (m)
1	0,87	10,30	2,16	6,27	0,40	-	0,27	0,0
1,5	3,22	12,25	2,94	7,29	0,80	-	0,32	0,09
2	0,07	15,40	3,46	8,07	1,30	3,00	0,34	0,50
3	7,93	20,20	4,06	9,06	2,20	3,08	0,38	0,99
4	8,54	22,35	4,44	9,78	2,25	3,27	0,42	1,05
5	9,02	23,56	4,73	10,47	2,30	3,72	0,43	1,18
6	9,39	27,55	4,97	10,00	2,32	3,90	0,43	2,00
8	9,94	31,13	5,45	11,36	2,35	3,92	0,44	2,22
10	10,41	32,90	5,85	12,08	2,36	4,00	0,47	2,59
12	10,81	34,62	6,18	12,39	2,38	-	0,48	2,66
14	11,09	35,12	6,48	12,83	2,40	-	0,52	2,79
16	11,40	35,58	6,75	13,22	-	-	0,53	2,87
18	11,69	35,83	7,00	13,62	-	-	0,53	2,96
20	11,90	36,07	7,24	14,13	-	-	0,55	2,99
25	12,54	36,74	7,80	14,70	-	-	0,62	3,02
30	12,88	37,59	8,41	15,65	-	-	0,64	3,02
40	13,59	38,20	9,25	16,71	-	-	0,67	3,04
60	14,60	-	10,42	18,89	-	-	0,72	-
90	15,43	-	11,64	20,72	-	-	-	-
120	16,20	-	12,93	21,62	-	-	-	-
150	-	-	14,00	22,74	-	-	-	-
180	-	-	14,44	-	-	-	-	-
210	-	-	14,93	-	-	-	-	-
240	-	-	15,36	-	-	-	-	-
270	-	-	15,81	-	-	-	-	-
300	-	-	15,93	-	-	-	-	-
Data	/ 90	06/10/89	28/06/79	30/12/77	29/06/86	03/05/86	17/11/81	05/03/85
Firma Executora	Sondaco	Hidropoços	Albrizzi Minas	-	Hidrorizonte	Hidrorizonte	Hidrorizonte	Hidropoços

OBS.: Ne = Nível Estático ND = Nível Dinâmico Q = Vazão Média ΔS = Rebaixamento Residual

Utilizou-se o método simplificado de Jacob (1952, *in* Kruseman & Rider 1970), com base nos dados pertinentes à recuperação natural dos aquíferos, uma vez que a taxa de recarga é constante e igual ao valor da vazão principal (Q) durante o bombeamento. Isto significa que as variações do rebaixamento resultante das diferenças acentuadas na taxa de descarga não ocorrem durante a recuperação do aquífero.

Embora os pré-requisitos necessários à interpretação e aplicação do método de Jacob, como homogeneidade e isotropia dos aquíferos sejam relevantes, este foi utilizado para os aquíferos cársticos e fraturados, pelo fato dos resultados obtidos para transmissividade (T) serem representativos de cada unidade aquífera, quando comparados entre si. As Figuras IV.3 a IV.5 apresentam os gráficos de interpretação das curvas de recuperação e a Tabela IV.3 os resultados dos parâmetros hidráulicos.

TABELA IV.3 - Resultados dos Parâmetros Hidráulicos

Aquífero	Nº do Poço	T		K	
		m ² /dia	m ² /h	m/dia	cm/seg.
Cristalino	177	38,40	1,60	0,768	8,89 x 10 ⁻⁴
	56	1,40	0,058	0,028	3,20 x 10 ⁻⁵
Santa Helena	Funilândia	10,30	0,43	0,257	2,97 x 10 ⁻⁴
	Paraopeba	8,73	0,36	0,218	2,52 x 10 ⁻⁴
Sete Lagoas	182	1.029,00	42,87	12,86	1,48 x 10 ⁻²
	185	127,60	5,31	1,60	1,85 x 10 ⁻³
	214	136,50	5,69	1,70	1,96 x 10 ⁻³
	188	1.405,00	58,54	17,56	2,03 x 10 ⁻³

De acordo com o previsto, os resultados encontrados indicam diferenças consideráveis entre os aquíferos fraturados (Cristalino e Santa Helena) e os cársticos (Sete Lagoas). Os primeiros podem ser enquadrados em uma mesma ordem de grandeza, já o segundo apresenta valores cuja ordem de grandeza difere dos demais, refletindo uma condutividade hidráulica muito elevada.

Comparativamente a estes valores, podem se ressaltar os valores obtidos de 60 medidas de vazões específicas (Tabela IV.1), onde os aquíferos fraturados mostram uma média de 0,6 m³/h/m para 18 medidas, e os aquíferos cársticos apresentam uma média elevada de 37,6 m³/h/m, para 42 medidas.

FIGURA IV.3 - CURVAS DE RECUPERAÇÃO-AQUÍFERO CRISTALINO

FIGURA IV.4 - CURVAS DE RECUPERAÇÃO-AQUÍFERO SETE LAGOAS

FIGURA IV.5 - CURVAS DE RECUPERAÇÃO-AQUÍFERO SANTA HELENA

Considerando-se os fatores dimensionais dos aquíferos torna-se extremamente importante a contabilização das reservas hídricas subterrâneas. O cálculo das reservas permanentes e reguladoras dos aquíferos cársticos representam papel de fundamental importância para gestão dos recursos hídricos subterrâneos, de forma a conduzir racionalmente o controle da extração da água, suas formas de uso e proteção.

Segundo os resultados encontrados a partir do balanço hídrico, pode-se estimar que as reservas reguladoras estejam representadas pelo escoamento subterrâneo (217,3 mm), tendo sido calculado conforme a separação dos componentes (superficial e subterrâneo), através do hidrograma de vazões, e que corresponde ao volume anual renovável equivalente à parcela 2 da Tabela II.6, ou seja, $1,03 \times 10^8 \text{ m}^3$. As perdas correspondentes à parcela 3 podem estar associadas aos próprios erros embutidos nos métodos de avaliação, ou mesmo indicar uma fuga das águas subterrâneas, para as bacias cársticas vizinhas, uma vez que as quantidades de entradas e saídas d'água devem se equiparar. O valor corresponde à área total da bacia, deve ser dimensionado para abrangência das rochas aquíferas cársticas, com superfície média de 420 km^2 , se consideradas as zonas encobertas pelas rochas metapelíticas dentro do município. Desta forma, representa um aumento de cerca de 13%, sendo portanto $1,17 \times 10^8 \text{ m}^3$. Este volume corresponde aproximadamente a 7 vezes o volume explotado anualmente destes aquíferos, que é de $1,64 \times 10^7 \text{ m}^3$.

As reservas permanentes teriam seu volume estimado a partir dos volumes encontrados para a porção saturada do referido aquífero, que corresponde a:

V_{sat} = Volume saturado;

A = área de ocorrência;

E_{sat} = espessura saturada.

onde, $V_{\text{sat}} = A \times E_{\text{sat}}$

assim, tem-se : $V_{\text{sat}} = 420 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 80 \text{ m}$

$$V_{\text{sat}} = 33,6 \times 10^9 \text{ m}^3$$

Para o cálculo da reserva permanente propriamente dita, temos que basear os valores do coeficiente de armazenamento (S) em regiões congêneres, uma vez que não se dispõe desse parâmetro. Segundo Lima (1980), foi realizado teste de bombeamento para determinação de S, em rochas calcárias do Grupo Bambuí, em Minas Gerais, encontrando-se um valor médio de $5,5 \times 10^{-3}$ o qual será adotado neste estudo, embora com reservas. Segundo Waldemir B. da Cruz (com. verbal), este valor coincide com o encontrado em estudos hidrogeológicos na região cárstica de Irecê, na Bahia.

Assim, tem-se : $V_p = V_{sat} \times S$

onde : V_p = Reserva Permanente

V_{sat} = Volume Saturado

S = Coeficiente de armazenamento

$$V_p = V_{sat} \times S$$

logo, $V_p = 33,6 \times 10^9 \times 5,5 \times 10^{-3}$

$$V_p = 1,85 \times 10^8 \text{ m}^3$$

Analisando-se os valores encontrados no balanço e os resultados obtidos nos cálculos das reservas, compreende-se que somente uma parcela dos volumes infiltrados seja passível de esgotamento para as calhas dos cursos d'água, talvez pelo fato do posicionamento de parte significativa das camadas aquíferas estar abaixo do nível de base local (ribeirão Jequitibá). Assim, apenas os volumes explorados pelas captações dos poços podem ser computados para regularização das descargas, em contribuição aos volumes do escoamento subterrâneo para perenização do regime hídrico superficial.

Nestes termos, as reservas reguladoras sendo conhecidas possibilitam o dimensionamento da capacidade de exploração dos aquíferos, uma vez que a extração de água dos depósitos subterrâneos, em quantidades superiores às existentes nestas reservas, evidenciaria uma super-exploração, acarretando a quebra do equilíbrio hidráulico do sistema (Souza 1995).

De acordo com Rebouças *et al.* (1994), 25% do volume estimado para as reservas reguladoras representaria a disponibilidade explorável dos aquíferos, que no referido caso corresponde a $2,92 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}$, sendo este volume superior cerca de $1,28 \times 10^7 \text{ m}^3$ ao explorado atualmente ($1,64 \times 10^7 \text{ m}^3$). Isto significa uma demanda atual, que corresponde à 50% do volume de disponibilidade explorável e que consome apenas 14% das reservas reguladoras.

IV.3 - Condicionamento Hidroquímico

A caracterização hidroquímica foi executada a partir de 63 análises em poços tubulares e nascentes selecionadas, distribuídos da seguinte forma: 44 análises para os aquíferos cársticos, sendo 40 poços e 4 surgências; 12 análises para os aquíferos pelito-carbonáticos, sendo 11 poços e 1 nascente, e 7 análises para o aquífero cristalino, em poços tubulares. O anexo IV apresenta os teores de cada elemento analisado e a identificação das amostras, conforme o cadastramento dos pontos d'água. A classificação geral das águas subterrâneas é apresentada na Figura IV.6, segundo o diagrama trilinear de Piper, sendo a composição química das águas predominantemente bicarbonata cálcica, em que as relações iônicas mostram-se da seguinte forma:

No entanto, em alguns poços verificou-se a presença de águas bicarbonatadas mistas, associadas a zonas de contato litológico entre formações pelito-carbonáticas e cristalinas ou ainda a poços situados próximos à zona de recarga. A distribuição dos elementos analisados conforme mostra a Tabela IV.4 indica os resultados globais encontrados para todos os aquíferos, elucidando os teores máximos, médios e mínimos dos íons maiores. Segundo os resultados obtidos para o parâmetro dureza (CaCO_3), cabe ressaltar as águas duras encontradas para os aquíferos cársticos, com teores médios da ordem de 190,00 mg/l. Os aquíferos fraturados apresentaram média de 58,00 mg/l, representando as águas brandas (Custódio & Llamas 1976) destes ambientes.

TABELA IV.4 - Resultados Globais dos Elementos Químicos Analisados

ELEMENTOS (mg/l)	MÁXIMO	MÉDIO	MÍNIMO
Cálcio	87,00	47,5	3,00
Magnésio	38,00	4,40	0,8
Sódio	29,00	4,35	0,24
Potássio	3,35	0,71	0,11
Bicarbonato	454,9	175,90	16,7
Cloreto	21,92	3,59	0,10
Sulfato	30,40	3,43	0,40
Dureza	276,90	144,80	18,60

LEGENDA

- AQUÍFERO SANTA HELENA
- AQUÍFERO SETE LAGOAS
- * AQUÍFERO CRISTALINO

O objetivo principal das análises físico-químicas é o de permitir, através da comparação dos teores encontrados nos elementos maiores (cátions e ânions), um diagnóstico da composição química das águas subterrâneas em cada ambiente aquífero, e consequentemente da qualidade dessas águas.

Como se tem observado através dos resultados obtidos nas análises, há uma discrepância de determinados parâmetros, devido à uma interação diferenciada entre a água e a rocha aquífera. De maneira a se estabelecer grupos químicos de água e suas respectivas influências aquíferas, separou-se os elementos analisados de acordo com a localização do poço amostrado. A Tabela IV.5 apresenta os resultados.

TABELA IV.5 - Características Composicionais das Águas Subterrâneas

AQUÍFERO	LIMITES	PARÂMETRO (mg/l)						
		Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄
CRISTALINO	MÁXIMO	43,00	8,20	22,90	2,14	209,20	4,47	30,4
	MÉDIO	15,3	4,30	10,15	1,40	103,99	1,80	8,70
	MÍNIMO	3,00	1,30	5,60	1,10	34,50	0,10	0,30
SETE LAGOAS	MÁXIMO	87,00	38,00	29,00	2,20	454,90	21,92	16,50
	MÉDIO	65,90	4,71	3,32	0,57	206,78	4,02	2,89
	MÍNIMO	5,00	1,00	0,24	0,11	85,90	0,10	0,40
SANTA HELENA	MÁXIMO	69,50	8,80	16,00	3,35	164,50	6,96	9,40
	MÉDIO	24,40	3,46	5,28	0,67	95,37	2,75	2,99
	MÍNIMO	4,00	0,80	0,62	0,18	16,70	0,80	0,50

Durante a campanha realizada para o cadastramento dos pontos d'água no campo, mediu-se os valores de pH e condutividade elétrica, dos quais são levantadas algumas considerações estatísticas a respeito das dispersões desses parâmetros, conforme o tipo de aquífero avaliado (Tabela IV.6).

Para os aquíferos cársticos obteve-se, em 103 poços tubulares, uma média de 333,2 μ mhos/cm de condutividade elétrica, a mais elevada no conjunto, o que combina com a maior presença de sais dissolvidos, como bicarbonato e cálcio, cujos teores são os mais elevados se comparados a outros elementos. Com relação ao pH, observa-se uma variação muito grande dos valores encontrados nestes aquíferos, porém há uma tendência dentre os 101 poços medidos, para valores entre 6,5 e 7,5, seguindo-se os valores entre 7,0 e 7,5, indicando características de basicidade.

TABELA IV.6 - Teores dos Parâmetros Medidos "in loco"

AQUÍFERO	PARÂMETRO (mg/l)		
	LIMITES	pH	C.E. (μ mhos/cm)
CRISTALINO	MÁXIMO	8,5	297,00
	MÉDIO	(16) 6,8	(16) 135,70
	MÍNIMO	5,1	60,00
SETE LAGOAS	MÁXIMO	8,4	600,00
	MÉDIO	(101) 7,1	(103) 332,20
	MÍNIMO	5,5	153,00
SANTA HELENA	MÁXIMO	8,0	100,00
	MÉDIO	(18) 6,9	(19) 124,70
	MÍNIMO	5,7	55,00

() n° de medidas

O aquífero Santa Helena apresenta, para 19 poços medidos, uma média de 124,70 μ mhos/cm com máximo em 400,00 μ mhos/cm e mínimo de 55,00 μ mhos/cm, representando uma menor quantidade de sais dissolvidos. O pH médio de 6,9 não distoa muito dos valores encontrados nos outros aquíferos, o que indica ser o pH bastante heterogêneo para todas as análises, não mantendo nenhuma relação de proporcionalidade com outras variáveis levantadas.

O aquífero Cristalino, para 16 medições realizadas, acusou uma média de pH de 6,8 e condutividade elétrica média de 135,70 μ mhos/cm.

A interação água-rocha analisada a partir desses elementos fica demonstrada no mapa de isolinhas de teores físico-químicos, o qual individualiza domínios hidroquímicos distintos entre os aquíferos (Figura IV.7). A partir dos dados químicos levantados nas análises pode-se caracterizar as águas subterrâneas da área em três grupos distintos, condicionados da seguinte forma:

- Grupo I: esta faixa apresenta composição química dominada pelos teores mais elevados entre os elementos analisados, caracterizada por uma distribuição percentual média dos íons presentes, superior aos demais grupamentos, Tabela IV.7. Está conformada essencialmente sobre as rochas carstificadas do aquífero Sete Lagoas, onde o predomínio dos íons bicarbonato e cálcio são respectivamente 4 e 3 vezes maiores que nos aquíferos Cristalino e Santa Helena.

TABELA IV.7 - Distribuição Iônica Média Percentual - Aquífero Cárstico

ÍONS	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	TOTAL
TEORES MÉDIOS (mg/l)	65,9	4,71	3,32	0,57	206,78	4,02	2,89	288,19
%	22,9	1,6	1,1	0,2	71,8	1,4	1,0	100

LEGENDA

- LIMITES DE DOMÍNIOS HIDROQUÍMICOS
- 400— ISOLINHAS DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA (Mmhos/cm)

ÍNDICES HIDROGEOQUÍMICOS (meq/l)

GRUPO QUÍMICO	AQUÍFEROS	$\frac{r \text{ Mg}}{r \text{ Ca}}$	$\frac{r \text{ SO}_4}{r \text{ Cl}}$	$\text{itb} = \frac{r \text{ Cl} - r (\text{Na} + \text{K})}{r \text{ Cl}}$
I	SETE LAGOAS	0,11	1,85	- 0,48
II	CRISTALINO	0,47	3,62	- 8,94
III	SANTA HELENA	0,23	0,81	- 2,36

Das 44 amostras analisadas, 60% apresentam teores maiores que a média para os íons bicarbonato e 32% são maiores que a média para os íons cálcio. Considerando que algumas anomalias decorrentes de poços com captação em zonas de calcários impuros foram contabilizadas, há de se convir que estes valores estão subestimados.

- Grupo II: insere-se no domínio do Aquífero Cristalino, cuja composição química dominante é caracterizada por valores médios dos elementos analisados (Tabela IV.8), sendo sua distribuição iônica percentual bastante distinta dos demais grupos, com contribuição efetiva dos íons sódio e sulfato, cerca de 3 vezes maiores que nos outros aquíferos.

TABELA IV.8 - Distribuição Iônica Média Percentual - Aquífero Cristalino

ÍONS	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	TOTAL
TEORES MÉDIOS (mg/l)	15,03	4,30	10,15	1,40	103,99	1,80	8,70	145,37
%	10,3	3,0	7,0	1,0	71,5	1,2	6,0	100

Em contrapartida, mostra-se com teor de cálcio mais baixo, constituindo apenas 14% do total de cálcio analisado para todos os aquíferos.

- Grupo III: encerra os teores com valores baixos, pertencentes ao domínio das rochas pelito-carbonáticas do aquífero Santa Helena. Caracteriza-se por uma composição iônica bastante incipiente (Tabela IV.9), onde as frações de bicarbonato e cálcio respondem por aproximadamente 89% de seu espectro composicional.

TABELA IV.9 - Distribuição Iônica Média Percentual - Aquífero Santa Helena

ÍONS	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	TOTAL
TEORES MÉDIOS (mg/l)	24,40	3,46	5,28	0,67	95,37	2,75	2,99	134,72
%	18,1	2,6	3,9	0,5	70,7	2,0	2,2	100

Desta forma, a caracterização da composição química das águas subterrâneas, presentes nestes diferentes ambientes, é confirmada através das relações iônicas determinadas com base nos grupos I, II, III, os quais são perfeitamente correlacionáveis aos dados obtidos no campo, quanto à condutividade elétrica e que indicam as condições de mineralização destas águas.

Cabe salientar que para os grupos II e III não foi possível a delineação das isolinhas de mesma condutividade elétrica, devido a ausência de dados para interpolação.

Quanto à caracterização do índice de saturação das águas, dada em termos de incrustabilidade ou agressividade, foi baseada no método do gnomograma de “Hoover - Langelier” para determinação do pH de equilíbrio, o qual é obtido graficamente. O parâmetro temperatura ($^{\circ}\text{C}$) utilizado foi o obtido nas medições de campo, com média de 21°C para mais de 90% dos dados. A alcalinidade foi obtida através da fórmula $(\text{HCO}_3^-) = 2 \text{ TAC}$ (alcalinidade total), sendo utilizados os valores médios das Tabelas IV.5 e IV.6, para o aquífero Sete Lagoas.

O índice de saturação média encontrado revela características de águas corrosivas, contrariando o esperado, sendo o pH de equilíbrio igual a 7,61. Como citado por Fraga (1994), as águas do aquífero “KARST” paranaense também caracterizam-se por sua maior agressividade, reflexos da elevada condutividade hidráulica, permitindo uma contínua e rápida renovação dos fluxos.

IV.3.1 - Qualidade das Águas Subterrâneas

Os aquíferos cársticos são os principais responsáveis pelo abastecimento público municipal, e de acordo com as análises físico-químicas realizadas, apresentam águas de boa qualidade, não indicando quaisquer restrições quanto à sua potabilidade. O SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto, através de boletins informativos a respeito de campanhas de amostragem recentes, informa que cerca de 30% dos poços que atendem a população, manifestam, sazonalmente, problemas de contaminação bacteriológica da água, que é somente clorada antes de ser distribuída, e que as causas são atribuídas a problemas de selagem de poços mais antigos.

Outra característica que deve ser ressaltada é o teor de dureza das águas, acarretando um sabor desagradável e gerando problemas de incrustação de carbonato de cálcio nas tubulações de menor diâmetro. Isto se deve principalmente às diferenças na temperatura da água, tendo um acréscimo considerável no seu percurso, dos poços até a rede de distribuição.

Quanto aos seus usos principais, podem ser considerados os limites de potabilidade mostrados na Tabela IV.10, o que em comparação aos teores gerais obtidos nas análises físico-químicas (Tabelas IV.4 a IV.6 e anexo IV) apresenta-se em conformidade com os padrões máximos exigidos. Apenas o parâmetro dureza pode ultrapassar, em alguns casos, o recomendado e extrapolar o máximo tolerável.

Quanto às possibilidades do uso das águas subterrâneas para irrigação, procedeu-se à utilização do método de avaliação SAR - "Sodium Absorption Ratio", segundo o "U.S. Salinity Laboratory", estabelecendo-se a proporção de sódio em $\mu\text{eq/l}$, conforme a razão abaixo:

$$\text{SAR} = \frac{r \text{Na}^+}{\sqrt{(r \text{Ca}^{2+} + r \text{Mg}^{2+})/2}}$$

Para a referida avaliação recorreu-se diretamente aos valores máximos, médios e mínimos encontrados dentre os elementos analisados, para a caracterização mais abrangente dos teores presentes nas águas do aquífero Sete Lagoas (Tabela IV.5 e IV.6). Os resultados obtidos foram:

- 1 - p/ valores máximos, SAR = 0,65 e C.E. = 600 $\mu\text{mhos/cm}$;
- 2 - p/ valores médios, SAR = 0,161 e C.E. = 332,2 $\mu\text{mhos/cm}$;
- 3 - p/ valores mínimos, SAR = 0,025 e C.E. = 153,0 $\mu\text{mhos/cm}$.

De acordo com as determinações acima, enquadram-se os dois primeiros resultados nas categorias C_2S_1 , e o terceiro, C_1S_1 :

- C_1 : águas com baixa salinidade, podendo ser utilizadas para irrigar a maior parte das culturas e solos, apresentando baixo risco de salinização;
- C_2 : águas com média salinidade, podendo ser utilizadas em solos moderadamente permeáveis;
- S_1 : águas com baixo teor de sódio, sendo utilizáveis em qualquer tipo de solo.

Verificando-se o enquadramento de todas as análises do anexo IV, 71,9% compreendem a categoria C_2S_1 , e 27,1% à C_1S_1 .

TABELA IV. 10 - LIMITES DE POTABILIDADE

PARÂMETROS	UNIDADE	I	II	III	IV	
					L.R	L.T
Detergentes	mg/l LAS	0.2	0.5	0.2		
Amônia	mg/l NH ₃	-	0.02	0.01	-	-
Arsênio	mg/l As	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1
Bário	mg/l Ba	1	1	1	-	-
Boro	mg/l B	-	0.75	-	-	-
Cádmio	mg/l Cd	0.005	0.001	0.005	-	-
Chumbo	mg/l Pb	0.05	0.03	0.05	-	0.01
Cianetos	mg/l CN	0.1	0.01	0.1	-	-
Cloretos	mg/l Cl	250	250	250	-	250
Cobre	mg/l Cu	1	0.02	1	-	3
Coliformes Totais	NMP/100 ml	0(1)	0	10(2)	-	-
Cor	UH	5	-	5	10	30
Cromo Hexavalente	mg/l Cr	-	0.05	-	-	0.05
Dureza Total	mg/l CaCO ₃	500	-	-	100	200
Fenóis	mg/l C ₆ H ₅ OH	0.001	0.001	0.001	-	0.01
Ferro Total	mg/l Fe	0.3	0.03	0.3	-	0.3
Fluoretos	mg/l F	-	1.4	1.5	1	1.5
Fosfato Total	mg/l P	-	0.025	-	-	-
Manganês	mg/l Mn	0.1	0.1	0.1	-	0.1
Mercurio	mg/l Hg	0.001	0.0002	0.001	-	-
Nitratos	mg/l NO ₃	10	10	10	-	-
Óleos e Graxas	mg/l	-	-	1	-	-
pH		6.5-8.5	6.0-9.0	7.0-8.5	-	6.0
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/l	1000	500	500	-	-
Sulfatos	mg/l SO ₄	400	250	400	-	250
Zinco	mg/l Zn	5	0.18	5	-	15

I = MINISTÉRIO DA SAÚDE - Portaria nº 36 (19/01/90)

II = CONAMA - Resolução nº 20 (18/06/86)

III = O.M.S - "International Standards For Drinking Water" (1984)

IV = ABNT - PB-19 - (1959)

Colimetria - Concentração máxima aceitável:

(1) - 95% das amostras devem apresentar ausência de coliformes totais em 100 ml, nas 5% restantes serão tolerados até 10 coliformes totais em 100 ml, desde que não ocorra em 2 (duas) análises consecutivas;

(2) - Em águas sem tratamento, o NMP será menor que 10 em 90% das amostras examinadas em 1 ano. Nenhuma superará o índice de 20. Não se permite um NMP maior que 15 em 2 (duas) análises consecutivas.

NMP = Número máximo permissível

L.R = Limite recomendável

L.T = Limite tolerável

V - POTENCIALIDADES AQUÍFERAS

A dinâmica aquífera dos ambientes cársticos constitui-se num fenômeno extremamente distinto dos demais domínios aquíferos caracterizados na área de estudo e por seus atributos hidrodinâmicos, representa a única fonte potencialmente capaz de suprir uma demanda elevada e contínua por um longo período de tempo.

As elevadas vazões específicas determinadas para estes aquíferos, além das altas taxas de recarga mantidas por um regime pluviométrico bastante homogêneo, têm assegurado condições de explotabilidade suficientes para abastecer a população. Os registros dos poços com vazões elevadas superam em grande maioria aqueles com insucesso na obtenção de água. Geralmente, o que se observa são baterias de poços aglomerados em locais cujas locações recentes estão próximas aos poços antigos, com vazões reconhecidamente elevadas.

Nestas circunstâncias, à medida que a demanda vem aumentando com o decorrer do tempo, trocam-se os equipamentos de bombeamento e perfuram-se poços vizinhos, mantendo-se as mesmas áreas de captação. Não há problemas instantâneos quanto a esta prática no processo de exploração da água subterrânea, uma vez que os poços bem construídos podem atingir longa durabilidade. Porém, o que se questiona é a interferência dos cones de depressão dessas baterias que se concentram numa área relativamente pequena: são mais de 65 poços tubulares profundos bombeando ininterruptamente, em apenas 38 km², totalizando quase 2 poços/km² de média, mas que podem atingir até 10 poços/km².

A distribuição irregular das áreas de captação não se torna um problema grave, à medida que se dispõe de alternativas plausíveis, considerando-se a área disponível de terrenos calcários carstificados para leste do município, principalmente. Isto implica num pensamento imediatista, culminando na tomada de decisões por parte dos órgãos municipais competentes, no sentido de se desincentivar a verticalização da ocupação urbana, deslocando-se esta expansão para áreas a que o autor julga condizentes para tal fim, se avaliadas sob o ponto de vista de suas potencialidades aquíferas. A partir destas prerrogativas, entendeu-se que seria de fundamental importância um diagnóstico das áreas favoráveis à exploração dos aquíferos, permitindo a visualização de domínios hidrogeológicos homogêneos, quanto às suas características intrínsecas, indicativas de sua capacidade de fluxo e de armazenamento.

Utilizou-se para o estabelecimento destes domínios os critérios morfoestruturais de Soares & Fiori (1976), inicialmente, como forma de identificar as zonas mais permeáveis e de convergência de fluxos, através da análise das texturas de relevo e drenagem. Estas informações foram superpostas aos mapas de fraturamento e de distribuição das vazões específicas, conformando, juntamente com os perfis e seções estratigráficas, os limites de cada domínio.

O mapa I - Potencialidades Aquíferas gerado a partir destas associações visa a identificação dos domínios do menor ao maior potencial à exploração da água subterrânea, sendo definidos os principais atributos hidrogeológicos de cada domínio e suas perspectivas em relação às condições de exploração e aos resultados esperados.

De acordo com o exposto anteriormente, foram estabelecidos cinco domínios hidrogeológicos, caracterizados quanto às suas condições de exploração, qualitativa e quantitativamente, conforme a descrição dos atributos hidrogeológicos e a análise sucinta da relação custo/benefício das obras de captação.

Como será descrito a seguir, fica nítida a proporcionalidade direta entre o meio geológico e o potencial aquífero, representando os ambientes cársticos as melhores condições de exploração.

DOMÍNIO I: potencialidade muito alta

Este domínio é representado por zonas de calcários puros, membro Lagoa Santa, com elevada capacidade de armazenamento dada pelo alto índice de carstificação, marcado por inúmeros poços com mais de 5 entradas d'água a profundidades não superiores a 80 metros. São zonas de topografia plana, baixa densidade de drenagem e relevo pouco pronunciado, predominando encostas suaves e declividade muito baixa. Os aspectos hidrogeológicos conjugados conferem uma relação custo/benefício muito baixa, com perfurações que podem ser caracterizadas da seguinte forma:

1. poços com profundidade máxima de 80 metros;
2. revestimento de qualquer diâmetro, a depender do volume requerido, com profundidade não superior a 15 metros;
3. dispensável a presença de filtros;
4. vazão esperada acima de 50 m³/h para poços com diâmetros superiores a 10 polegadas;
5. água subterrânea caracterizada por condutividade elétrica média de 300 µmhos/cm e teores de bicarbonato e de cálcio no máximo de 450 e 87 mg/l, respectivamente.

DOMÍNIO II: potencialidade alta

Encerra as características das rochas calcárias mais impuras relacionadas ao membro Pedro Leopoldo, com constantes intercalações argilosas. Apresenta capacidade de armazenamento moderada a alta, combinada a um índice de carstificação média a alta, marcado por poços com até 4 entradas d'água, provenientes de fendas de dissolução da rocha carbonática. Ocorrem geralmente, em zonas de topografia suave, relevo pouco ondulado, associado a uma textura de drenagem com densidade baixa a média e declividade baixa.

Alguns fatores podem ser estabelecidos para caracterizar sua relação custo/benefício.

1. profundidade máxima não superior a 100 metros;
2. revestimento recomendável entre 8 e 10 polegadas para vazões entre 40 e 100 m³/h;
3. presença de filtros não é recomendada para cerca de 60% das perfurações e revestimentos de no máximo 35 metros;
4. características químicas da água semelhantes ao domínio I, embora apresente-se em concentrações diminuídas dos seus íons constituintes entre 20 e 40%.

DOMÍNIO III: potencialidade moderada

Este domínio é caracterizado por zonas aquíferas de porosidades primárias e secundárias, marcadas por metapelitos e suas zonas de alteração, e por intercalações de ardósias calcíferas fraturadas, respectivamente. Há uma elevada capacidade de armazenamento nas zonas porosas, contudo não são efetivamente produtoras, devido à sua baixa condutividade hidráulica. Além destes fatores, concorrem como potencialmente favoráveis as zonas de lentes calcárias intercaladas aos pacotes de ardósias, as quais, quando detectadas, podem suprir grandes volumes de água, devido à sua maior permeabilidade associada aos fraturamentos alargados por dissolução.

Contudo, estes terrenos estão localizados em zonas topográficas predominantemente onduladas, com declividades moderadas e em catas topográficas mais baixas, dominando a porção norte da área. A textura de relevo é marcada por quebras positivas pouco pronunciadas, com tendência da densidade de drenagem média e elevada.

Neste domínio, conforme as implicações dos materiais de cobertura em termos de espessura, podem ser avaliados conforme uma relação custo/benefício exposta da seguinte maneira:

1. profundidade média pode variar de acordo com cota topográfica: nos terrenos mais elevados, geralmente a meia encosta, observa-se a necessidade de se aprofundar muito a perfuração para se obter melhores resultados de vazões, sendo conseguidas vazões entre 3 e 10 m³/h para poços com mais de 12 metros; poços perfurados próximos às zonas de talvegues ou superfícies rebaixadas do relevo, conferem vazões acima de 10 m³/h, para profundidades inferiores a 100 metros, entre 80 e 100 metros, geralmente;
2. revestimento poderá alcançar até 30 metros de profundidade, podendo chegar a 50 metros, mais raramente;
3. presença de filtros em quase todas as entradas d'água, salvo as zonas fraturadas e/ou de condutos de dissolução das lentes calcárias;
4. revestimento de 6 polegadas para todos os casos e vazões;
5. qualidade físico-química da água caracterizada por baixas concentrações dos íons maiores, ocorrendo geralmente, valores de condutividade elétrica média em torno de 125,00 µmhos/cm, e teores de Ca e HCO₃ no máximo de 70,00 mg/l;
6. equipamento de bombeamento recomendável, é o sistema "air-lift", dependendo do perfil construtivo-estratigráfico, principalmente para os poços com presença de muitos filtros. No caso de poços sem filtros, mais raros, pode-se adotar a bomba submersa.

DOMÍNIO IV: potencialidade baixa

É constituído por zonas aquíferas ligadas ao embasamento cristalino predominantemente, e com menor ocorrência em faixas coincidentes aos altos estruturais detectados nas seções geológicas, onde os metapelitos podem sobrepor diretamente as rochas cristalinas, ou mesmo com lâminas delgadas de calcário intercalado entre ambos.

Superficialmente, é marcado por zonas com elevada densidade de drenagem e relevo acidentado, cuja capacidade de armazenamento está restrita ao meio poroso intergranular que, sobre as rochas do embasamento cristalino, apresentam permeabilidade média a baixa podendo contribuir com uma parcela considerável dos fluxos freáticos, nas zonas argilo-arenosas. O meio fraturado contribui de maneira eficaz nas zonas em que os alinhamentos de drenagem coincidem às fraturas, elevando o potencial aquífero, mesmo que localmente.

Desta forma podem ser atribuídos os seguintes fatores, responsáveis pela relação custo/benefício:

1. profundidade dos poços tubulares não deverá exceder os 90 metros, quando situados em cotas inferiores a 800 metros (N.M); nos casos de cotas mais elevadas deverá alcançar no máximo 150 metros;

2. revestimento desses poços não ultrapassará 40 metros, para mais de 60% dos casos;
3. poderão ser utilizados filtros para captação do freático, quando devidamente analisadas as condições granulométricas, e de qualidade das águas superficiais de entorno, para filtros posicionados abaixo de 20 metros;
4. vazões esperadas para 50% dos casos, entre 3 e 10 m³/h e, esporadicamente, em circunstâncias especiais de topografia e relevo, superará os 10 m³/h;
5. revestimentos deverão ser de 6 polegadas;
6. qualidade físico-química esperada caracteriza-se por uma baixa concentração de íons, com condutividade elétrica média em torno de 140 µmhos/cm, e teores de Ca e HCO₃, respectivamente, de 45 e 210 mg/l, no máximo. Os teores de Na e SO₄ poderão ocorrer mais elevados, quando comparados aos outros domínios, numa faixa média de 10 mg/l.
7. poderão ser utilizados tanto a bomba submersa, como sistema “air-lift”, citado anteriormente para o domínio III.

DOMÍNIO V: potencialidade muito baixa a desprezível

Este domínio encerra todas as características negativas em relação à locação de poços tubulares, segundo os seguintes argumentos:

1. ocorre quase integralmente nas zonas de recarga;
2. caracteriza-se morfologicamente como típica zona de alimentação dos aquíferos, marcada pelo alto estrutural que representa;
3. recarrega duas bacias distintas (ribeirões Jequitibá e São João);

OBS: deve ser delimitada criteriosamente, em nível de superfície, com indicações de placas e instruções quanto à importância dos cuidados a serem tomados, como medidas preventivas para sua proteção, formas de uso e conservação.

VI - VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS

O termo “vulnerabilidade da água subterrânea à contaminação” foi introduzido nos fins da década de 60 pelo hidrogeólogo francês J. Margat, para descrever os níveis de vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação, em função das características hidrogeológicas mapeadas a partir das variações entre seus atributos, mostrando áreas distintas de proteção natural dos aquíferos.

O conceito de vulnerabilidade natural dos aquíferos, segundo Vrba & Zaporozec (1994), depende das propriedades intrínsecas do sistema hidrogeológico, susceptíveis aos impactos naturais e/ou causados pelas atividades antrópicas.

A abordagem aqui apresentada visa o aproveitamento dos dados levantados ao longo do desenvolvimento do projeto VIDA, sendo a escala de execução do mapa de Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos condizente apenas à sua utilização como documento-guia para planejamento e gestão dos recursos hídricos subterrâneos, além de servir como ferramenta para o zoneamento do uso e ocupação do solo, e às estratégias para proteção e controle da qualidade das águas subterrâneas. Entretanto, deverá ser considerada como uma das muitas ferramentas existentes para o gerenciamento ambiental, não sendo substituta de outros mapas.

O papel das águas subterrâneas como fonte de reservas estratégicas e vitais para o abastecimento dos meios urbano, industrial e rural, tem requerido cada vez mais a atenção das entidades governamentais, a respeito das necessidades urgentes de se criarem métodos e/ou medidas de caráter preventivo, para seu uso racional, em vista dos processos avançados de concentração demográfica e expansão urbana. O incremento acelerado e a variedade de compostos químicos lançados de maneiras diversas no meio ambiente projetam uma situação de descontrole da qualidade das águas subterrâneas, caso tais medidas não venham a ser tomadas no presente (Foster *et al.* 1988).

Considerando ainda a dificuldade existente para descontaminação de aquíferos e também, os elevados custos envolvidos no processo de recuperação dos mesmos, torna-se patente a necessidade de se propor, mesmo que em nível de reconhecimento e através de dados disponíveis, uma avaliação global dos diferentes níveis de vulnerabilidade natural dos aquíferos, caracterizando-se tais níveis e seus limites à implantação de determinados tipos de empreendimentos, de acordo com sua suscetibilidade à dispersão de contaminantes diversos.

De acordo com as características locais da área de estudo, recorreu-se à aplicação da metodologia de elaboração de mapas de vulnerabilidade natural (intrínseca) dos aquíferos, segundo Vrba & Zaporozec (1994), os quais utilizam os atributos do próprio meio físico, como propriedades do solo, zonas de recarga e as características principais da zona saturada e não-saturada.

A utilização da metodologia supracitada visa a preparação do mapa de vulnerabilidade, através das formas e padrões internacionais de legenda citados em Vrba & Zaporosec (1994). Os principais atributos mostrados no mapa II, condizem com os seguintes fatores:

1. litologia e espessura da zona não saturada;
2. litologia da zona saturada;
3. natureza do solo -representada pelo material de alteração derivado da composição e mistura de matéria orgânica e partículas minerais, que cobrem grande extensão superficial da área, e apresentam geralmente, maior capacidade de atenuação de contaminação do que a zona saturada subjacente.

A representação cartográfica foi baseada em informações primárias e secundárias, no sentido de se caracterizar o espectro de atributos básicos relativos à vulnerabilidade natural dos aquíferos. Desta forma as áreas cujos atributos não indiquem graus de vulnerabilidade elevada, encontram-se naturalmente protegidas.

As informações primárias relacionam-se às camadas de material sobrejacente às rochas compactas, avaliadas de forma a permitir sua caracterização quanto à permeabilidade da zona não-saturada em pontos distintos da área, conformando classes diferenciadas de vulnerabilidade, de acordo com a espessura e o tipo de material analisado do solo e/ou manto intempérico, sendo cada classe representada por uma cor diferente no mapa de vulnerabilidade.

As informações secundárias referem-se ao potencial de propagação de contaminantes dentro do aquífero, sendo baseadas nas características intrínsecas da zona saturada. Estes indicadores estão representados através de ornamentos específicos, independentemente das cores referentes às informações primárias.

O mapa II - Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos - visa a representação da suscetibilidade de determinadas áreas à contaminação da água subterrânea, de acordo com a conveniência da escala de trabalho, não sendo adequado para avaliações pormenorizadas, em que pesem investigações em locais específicos sobre a disposição de determinada carga contaminante.

O reconhecimento dos dados levantados e seus respectivos agrupamentos entre os elementos de informações primárias e secundárias, possibilitam a identificação de áreas com predominância dos graus baixo e médio de vulnerabilidade dos aquíferos, que de forma associada aos fatores externos (extrínsecos), representados por atividades potencialmente contaminantes, podem indicar áreas de risco de contaminação dos mesmos. De acordo com Foster *et al.* (1988) a interação entre vulnerabilidade natural e carga contaminante aplicada no solo ou em sub-superfície caracteriza o grau de risco existente.

Contudo, como pode ser visto no referido mapa, não estão delimitadas as zonas com riscos de contaminação dos aquíferos de forma diferenciada, devido à grande heterogenidade de elementos potencialmente contaminantes, não sendo consideradas as características isoladas, quanto à forma de introdução, propagação e persistência nos terrenos, de determinado tipo de elemento ou compostos contaminantes.

Como a atividade contaminante pode ser monitorada ou até mesmo eliminada em determinado local, as áreas de risco à contaminação dos aquíferos estão condicionadas no tempo e no espaço pela ação de uma carga contaminante específica, atrelada ao grau de vulnerabilidade natural de um certo domínio aquífero. Portanto, apresentam-se no mapa II apenas as atividades atualmente desenvolvidas que podem ser fontes potenciais de contaminação.

Não obstante, os graus de risco estejam implícitos no mapa, o bom senso dos usuário permitirá a melhor interpretação da legenda e reconhecimento das áreas mais ou menos vulneráveis dos aquíferos, e também a comparação dos graus de risco através da presença das fontes potencialmente contaminantes. Desta forma a representação cartográfica destas diferentes áreas traz informações de uso geral para os órgãos gestores municipais, conforme comparação entre as diversas classes mapeadas, servindo como um documento auxiliar nas decisões para implantação de quaisquer atividades.

As fontes potencialmente contaminantes encontram-se dispersas por todo o município, sendo identificadas três tipos principais, conforme a forma de disposição no solo, rios ou em sub-superfície. A mais importante fonte de disposição de elementos contaminantes provém dos esgotos domésticos lançados "in natura" na calha do córrego Matadouro, tributário do ribeirão Jequitibá em sua margem esquerda, drenando a área urbana municipal. Corresponde ao principal foco de poluição hídrica superficial, com o aporte de cerca de 500 l/s de descarga poluente.

A circulação deste esgoto a céu aberto agrava-se à medida que os cursos d'água avançam sobre zonas sujeitas a inundação, colocando em situação de risco extremo de contaminação os aquíferos livres que alimentam poços escavados, ou mesmo contribuindo para percolação profunda em zonas cuja espessura do material sedimentar seja pequena ou próxima de fraturas mais rasas.

Contribuindo de forma bem menos efetiva e em circunstâncias distintas, agrupam-se os elementos contaminantes provenientes de atividades agrícolas através do lançamento de defensivos (fitossanitários) e/ou fertilizantes ou adubos (Pessoa 1992). Contudo, este tipo de atividade manifesta-se, predominantemente, na forma de aplicações pontuais, podendo ser qualificada de mal aproveitada, sendo o elemento contaminante quase sempre aquilo que é desperdiçado ou seja, o excedente utilizado. Essas atividades não trazem riscos consideráveis, uma vez que há poucas áreas com uso regular destes recursos, além das zonas de ocorrência serem protegidas por espessa camada natural de manto intempérico.

As atividades industriais podem contribuir consideravelmente para o aumento do risco de contaminação dos aquíferos. Primeiramente, porque são atividades geradoras de resíduos sólidos e/ou líquidos geralmente dispostos de forma inadequada, próximo aos cursos d'água, ou mesmo diretamente nos leitos, através dos efluentes líquidos. Em segundo lugar, a maior concentração de indústrias siderúrgicas situa-se na zona de recarga dos aquíferos, podendo os elementos contaminantes serem carregados através de fluxos verticais por condutos de fraturas alargadas por dissolução, nas zonas de rochas calcárias aflorantes.

Em virtude, quase que exclusivamente, dos atributos geológicos presentes na área, principalmente a espessura e permeabilidade do manto intempérico, evidencia-se a boa qualidade das águas subterrâneas exploradas atualmente, embora haja indícios de contaminação fecal em alguns poços que servem ao sistema de abastecimento público. Estas constatações permitem atribuir-se aos aquíferos um baixo grau de vulnerabilidade natural, diante das possíveis combinações de risco de contaminação existentes.

CONCLUSÕES

Sete Lagoas pode ser considerada uma cidade privilegiada em termos de recursos hídricos subterrâneos, pois seu condicionamento hidrogeológico favorece a exploração de excelentes mananciais para o abastecimento de água potável. Os aquíferos cársticos possibilitam, de acordo com os cálculos de reservas reguladoras e permanentes, estimadas respectivamente em $1,17 \times 10^8$ e $1,85 \times 10^8 \text{ m}^3$, uma exploração contínua que extrapola a escala de observação de nossas gerações. Deve-se ressaltar ainda, que a maior parte do volume, cerca de 90%, corresponde ao abastecimento público, sendo o restante relativo aos usos industrial e rural.

Em relação aos métodos utilizados para a determinação das reservas, deve-se salientar que sua credibilidade está associada a parâmetros empíricos, oriundos de medidas médias mensais, as quais representam um conjunto de valores obtidos de forma a permitir uma melhor aproximação dos resultados, merecendo certa ponderação quanto às suas interpretações.

A quantificação das reservas hídricas subterrâneas através da execução do balanço hídrico permitiu a separação dos componentes hidrológicos em questão, sendo verificada uma taxa de infiltração de 19,8% em relação ao total precipitado na área, sendo 15,3% relativos ao escoamento subterrâneo. Como as retiradas provenientes das captações subterrâneas correspondem a 2,4% do excedente, presume-se que o restante (2,1%) podem fluir para zonas mais profundas do aquífero cárstico; para a bacia vizinha situada a leste do município, o que contraria as interpolações obtidas através do mapa piezométrico. Assim, torna-se necessária uma investigação mais detalhada a respeito das zonas limítrofes da porção leste da bacia do ribeirão Jequitibá, quando surgirem mais informações dos níveis d'água de poços perfurados nestas zonas. Outro fator que deverá ser considerado, refere-se à avaliação da profundidade dos poços perfurados, uma vez que o mapa piezométrico elaborado, valeu-se dos níveis estáticos de poços parcialmente penetrantes no aquífero cárstico. Para uma interpretação mais precisa a respeito dos fluxos subterrâneos, a existência de poços totalmente penetrantes permitiriam a identificação das potencialidades de circulação profunda do endocarste (mais de 100 m). Na realidade, o que se observa na porção central de Sete Lagoas, é uma depressão piezométrica causada pela extração contínua da água subterrânea, oscilando em torno da cota de 710 m, que deve ser causada pela concentração dos poços nestes locais. Propõe-se medidas de dispersão de novas locações na área urbana, visando principalmente, a redução do rebaixamento do lençol subterrâneo, e também, a diminuição de oscilações piezométricas, que possam proporcionar os colapsos de terrenos sobrejacentes aos calcários.

Com base na elaboração dos mapas de vulnerabilidade natural dos aquíferos e de potencialidades aquíferas, estão compreendidos os principais documentos que poderão auxiliar no planejamento da ocupação e uso do solo, contribuindo para o melhor aproveitamento dos recursos hídricos subterrâneos. Através do reconhecimento das áreas favoráveis a exploração destes recursos e das áreas susceptíveis à contaminação, criam-se meios de otimizar o processo de expansão urbana, a partir da distribuição ordenada dos diversos tipos de atividades antrópicas.

Os processos que geram o conforto e o bem-estar social estão intimamente ligados ao equacionamento das questões relativas às necessidades básicas da população, cujo contexto reflete a importância de se convergir os estudos para o entendimento dos fatores que condicionam a qualidade da água e suas formas de armazenamento.

A respeito dos domínios de potencialidades aquíferas levantados, estabeleceu-se através dos atributos hidrogeológicos e das características construtivas dos poços tubulares, uma relação custo/benefício teórica, pertinente apenas à diferenciação global dos domínios, quanto ao tipo da obra e vazões esperadas. Estes dados foram coletados através dos perfis construtivo-estratigráficos de 102 poços tubulares, permitindo uma avaliação dos gastos envolvidos na obra, como filtros, revestimentos, diâmetro de perfuração e profundidade final, em relação às vazões obtidas, capacidade específica dos poços e rebaixamento dos níveis d'água, combinando-se estas relações às condições hidrogeológicas locais.

A finalidade deste mapa de potencialidades aquíferas é de viabilizar o reconhecimento mais amplo das condições de exploração da água subterrânea no município, como forma de orientar o planejamento urbano, não obstante os resultados finais da execução das obras de captação por poços tubulares, em quaisquer domínios mapeados, não dispensem averiguações locais, a partir dos detalhamentos de investigação de campo e fotointerpretações adicionais.

Os propósitos da elaboração do mapa de vulnerabilidade natural dos aquíferos, consistem da necessidade de se alertar quanto à importância dos recursos hídricos subterrâneos, no que tange às suas formas de exploração e principalmente, os processos atuais de ocupação dos terrenos, que geram uma enorme gama de atividades potencialmente contaminantes. Estes aspectos implicam na qualidade das águas subterrâneas oriundas dos aquíferos cársticos, os quais são o único meio de abastecimento da população.

Assim, o padrão de sua qualidade poderá ser mantido, caso sejam conhecidas as condições dos terrenos e seu substrato rochoso, através das zonas de maior ou menor susceptibilidade à propagação de elementos contaminantes.

O referido mapa busca, em conjunto com o mapa de potencialidades aquíferas, uma forma de elucidar os principais fatores que devem ser considerados quanto à implantação de quaisquer empreendimentos, mostrando-se apenas as áreas onde prevalecem determinada vocação ou restrição a sua ocupação; cabendo as decisões finais serem tomadas pelos órgãos de planejamento competentes.

Com a utilização destes documentos de forma adequada, acredita-se que se estará contribuindo para a preservação da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, e para a conscientização do poder público e privado, quanto à importância de se investir em medidas preventivas, de controle e de proteção de todo o sistema aquífero.

Em relação às características hidrogeológicas mais importantes detectadas na área, podem ser salientados alguns aspectos relevantes:

- considerando-se as formas de aproveitamento dos aquíferos cársticos, poderão ser levantados todos os pontos de ressurgências ou nascentes em que houver qualidade e volume satisfatórios para consumo. Para tanto, as fontes potencialmente favoráveis, conforme inventário anexo, deverão ser monitoradas ao longo de um período hidrológico representativo, diante das modificações sazonais intervenientes;

- a zona de recarga comporta atualmente, em seu trecho não mapeável (1/50000) coincidente às margens da rodovia BR-040, um acúmulo de indústrias e demais atividades potencialmente contaminantes, que se considerados seus atributos intrínsecos, deverá ser criteriosamente sinalizada, para se inicializar o processo de informação e conscientização do poder público e privado, como forma de se precaver contra acidentes, ou mesmo proteger esta área de recarga dos aquíferos.

Os abatimentos de solo em Sete Lagoas são citados por moradores antigos da região, há mais de 50 anos. É certo que naquela época muitos poucos poços existiam (o primeiro poço tubular foi perfurado em 1942), sendo tais fenômenos essencialmente de origem natural. Contudo, a intensificação no processo exploratório dos aquíferos cársticos pode ter contribuído para a maior incidência destes abatimentos, nos dias atuais. Silva (1988), com base em furos de sondagem para investigação profunda do pacote carbonático e através de um modelo teórico sobre o abatimento na área urbana de Sete Lagoas, afirmou não haver relação entre tal abatimento de solo e o funcionamento dos poços tubulares.

No entanto, o que se observa, é uma tendência dos fenômenos ocorrerem sempre próximo à área urbana, onde estão concentrados inúmeros poços profundos. A investigação mais detalhada, através do monitoramento hidrodinâmico de poços selecionados, conhecendo-se suas correlações estratigráficas, e demais aspectos construtivos, como posicionamento de filtros e entradas d'água, em um longo período de observação, poderão facilitar a compreensão de tais mecanismos.

A operação do sistema de abastecimento de água da cidade é relativamente simples, uma vez que toda a produção é realizada a partir da exploração de água de boa qualidade, dispensando-se tratamento convencional; apenas a cloração é feita, estando dentro dos limites de potabilidade. No entanto, apesar da quantidade de água subterrânea disponível, os problemas no atendimento às demandas de consumo ocorrem principalmente devido à má distribuição destes recursos, quase sempre concentrados em baterias de poços muito próximos entre si, sem o devido estudo de interferência entre os mesmos, e também, à efêmera reservação e perdas na rede.

Diante desse quadro e da impossibilidade de paralisação do sistema em operação 24 h/dia, recomenda-se algumas medidas de controle e vigilância dos poços tubulares, para o aproveitamento racional dos aquíferos:

- planejamento adequado do processo de expansão do sistema de abastecimento, com novas locações permitidas somente em áreas que extrapolam a zona urbana, para evitar o colapso do sistema e o aprofundamento das cotas piezométricas;
- utilização de indicadores dinâmicos dos níveis d'água nos poços, para avaliação técnica de desempenho em períodos distintos e para o estabelecimento da vazão ótima de exploração;
- manutenção preventiva dos poços tubulares a partir de paralisações escalonadas de baterias, por um período mínimo de 24 horas, em intervalos mensais;
- cimentação dos poços desativados;
- acompanhamento das construções de poços tubulares por empregados do setor operacional, para correta interpretação dos dados pertinentes às obras de captação subterrânea;
- execução das construções dos poços devem ficar a cargo de firmas conceituadas no mercado, com capacitação técnica reconhecida, pois da qualidade dos serviços de perfuração e instalação, e dos materiais e equipamentos utilizados, depende a vida útil dos poços tubulares.

As recomendações importantes a respeito da utilização dos aquíferos recai na necessidade de se alertar quanto ao processo de verticalização no centro urbano, o que aumentará significativamente a densidade populacional, e como consequência, um acréscimo substancial na demanda do consumo urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKIMIM, F.F.; BRITO NEVES, B.B.; CASTRO ALVES, J.A. 1993. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco - uma revisão. In: DOMINGUEZ, J.M.L. & MISI, A. (eds), 'O Cráton do São Francisco. SALVADOR, SBG-SGM-CNPq, p.45-62.
- ALMEIDA, F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7: 349-364.
- ANDRADE, J.B.M. DE; & CASCAES, O.S.F. 1990. Panorama Hidrogeológico do Grupo Bambuí no oeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 6, Porto Alegre, 1993. *Anais...* Porto Alegre, ABAS, p.50-57.
- ANDRADE RAMOS, J. R. DE. 1956. Folha Geológica da Nova Capital. Relatório Anual da Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, 1956, p.55-68.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ABAS 1992 - Caderno Técnico - Coletânea da Legislação e Regulamentação sobre o Uso e Preservação das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, p.10-22.
- AULER, A.S. 1994. *Hydrogeological and Hydrochemical characterization of the Matozinhos - Pedro Leopoldo Karst, Brazil*. 110p. (Msc Thesis, Western Kentucky University).
- BARBOSA, A.L.M. 1966. Síntese da evolução geológica da América do sul. Bol.inst. geol. esc. Minas Ouro Preto, 1: 91-111.
- BARBOSA, O. 1965. Simpósio das formações Eo paleozóicas do Brasil, Série Bambuí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 19, Rio de Janeiro, 1965. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG, p.11.
- BEATO, D.; BERBERT, M.; DANDERFER, A.; PESSOA, P. 1992. Avaliação preliminar do carste de Sete Lagoas - Lagoa Santa e Riscos ao Meio - Ambiente Antrópico (Projeto VIDA). In: SIMPÓSIO SITUAÇÃO AMBIENTAL E QUALIDADE DE VIDA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE E MINAS GERAIS, II, Belo Horizonte, 1992. *Anais...* Belo Horizonte, ABGE, p.56-59.
- BERTACHINI, A.C. 1988. Análise dos Condicionantes Estruturais dos Aquíferos Fraturados - aplicação à Região de Jundiá - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 5, São Paulo, 1988. *Anais...* São Paulo, ABAS, p.12-21.
- BOTTURA, J.A. & ALBUQUERQUE J.L.F. 1990. Condicionantes hidrogeológicas no processo de subsidência em Cajamar - S.P. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 6, Porto Alegre, 1990. *Anais...* Porto Alegre, ABAS, p.216-225.
- BRANCO J.J.R. & COSTA M.T. 1961. Roteiro para excursão Belo Horizonte - Brasília. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 14, Belo Horizonte, 1961. *Anais...* Belo Horizonte, SBG, p.125.
- BRANNER, J.L. 1919. Outlines of the geology of Brasil to accompany the geological map of Brasil. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 30: 189-338.

- BRAUN, O.P.G. 1968. Contribuição à estratigrafia do grupo Bambuí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, Belo Horizonte, 1968. *Anais...* Belo Horizonte, SBG, p.155-166.
- CABRAL, J.L. 1995. Zoneamento geotécnico da área do Projeto VIDA. Belo Horizonte, CPRM, Relatório interno.
- CARVALHO, L.T.; FREITRAS, J.R.; KOHLER, H.C.; SANTOS, F.M.C. 1977. "Inventário Geológico da região de Lagoa Santa - M.G." Relatório FUNDEP/PLANBEL/UFMG - Belo Horizonte.
- CAVALCANTE, I.N. & REBOUÇAS, A.C. 1990. Caracterização Hidrogeológica de Terrenos Cristalinos com Manto de Alteração. *Revista Águas Subterrâneas*, 13: 9-20.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. 1991. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - inventário dos pontos d'água. Publicação inédita. s/ ed. p.4.
- COSTA, W.D. - 1994 - Curso de Hidrogeologia do Aquífero Fissural In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8, Recife, 1994. *Anais...* Recife, ABAS, p.119.
- COUTO, J.G.P.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; IYER, S.S.; MORAES, N.M.P. 1981 Considerações sobre a idade do Grupo Bambuí com base em análises isotópicas de Sr. e Pb. *Revista Brasileira de Geociências*, 11:5-16.
- DANDERFER, A. 1994. Geologia Estrutural da Área do Projeto VIDA. Belo Horizonte, CPRM. Relatório interno.
- DARDENNE, M.A. 1978. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. *Anais...* Recife, SBG, 2:597-610.
- DUARTE, U. 1980. *Geologia Ambiental da área de São Pedro - SP - Vetor Águas Subterrâneas*, São Paulo, 73p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP.
- FIORI, A.P. 1979. *Geologia da Região de Pouso Alegre - Machado : Análise Estrutural de Dobramentos Superpostos*, 200p. São Paulo, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP.
- FORD, D.C. & WILLIAMS, P.W. 1992. Karst Resources, their exploitation and management. In: Karst Geomorphology and Hydrology. London, Chapman & Hall, p.513-546.
- FOSTER, S.S.D.; HIRATA, R.C.; ROCHA, G.A. 1990. Riscos de Poluição de Águas subterrâneas: uma proposta metodológica de avaliação regional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 6, Porto Alegre, 1990. *Anais...* Porto Alegre, ABAS, p.175-185.
- FRAGA, C.G. 1994. Análise Introdutória à Hidrogeologia do "KARST" Paranaense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8, Recife, 1994. *Anais...* Recife, ABAS, p.244-255.

- GROSSI SAD, J.H. & QUADE, H. 1985. Revisão estratigráfica do Grupo Bambuí (Bloco Oriental), em Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 3, Belo Horizonte, 1985. *Anais...* Belo Horizonte, SBG-MG, p.68-83.
- GUERRA, A.M. & MELLO, J. DE C. 1986. Locações de poços com base na relação entre estrutura e feições cársticas - Grupo Bambuí - Irecê - BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 4, Brasília, 1986. *Anais...* Brasília, ABAS/DNAEE/DNPM, p.208-220.
- GUERRA, A.M. 1986. *Processos de Carstificação e Hidrogeologia do Grupo Bambuí na Região de Irecê - Ba*. São Paulo, 132p. Tese de Doutorado; Instituto de Geociências, USP.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, I.B.G.E. 1958. Enciclopédia dos municípios brasileiros volume XXVI. Rio de Janeiro.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, I.B.G.E. 1980. Censo Demográfico de Minas Gerais.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. 1991. Sinópsse Preliminar do Censo Demográfico 1991. N° 16, Minas Gerais. Fundação IBGE, Rio de Janeiro, p.255.
- JAFFE, M. 1987. Data and organizational Requirements for local Planning. In: PAGE, G.W. Planning for Groundwater Protection. University of Wisconsin - Milwaukee Academic press, Inc., p.125-156.
- KLIMAS, A.A. 1995. Impacts of Urbanisation and Protection of Water Resources in the Vilnius District, Lithuania. *Hidrogeology Journal*, 3:24-35.
- KOHLER, H.C. 1978. A Evolução Morfogenética da Lagoa Santa - M.G. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. *Anais...* Recife, SBG, p.147-153.
- KOHLER, H.C. 1989. *Geomorfologia Cárstica na região de Lagoa Santa- M.G.* São Paulo, 113p. Tese de Doutorado, FFLCH-USP.
- KRUSEMAN, G.P. & RIDDER, N.A. 1970. Analysis and evaluation of pumping test data. International institute for land reclamation and improvement / wageningen/the netherlands, p.59-69.
- LADEIRA, E.A. 1985. Contribuição da Geologia Estrutural à Pesquisa de Águas Subterrâneas em Rochas Fraturadas. *Revista águas subterrâneas*, 9:7-34.
- LEAL, A. DE S. 1969. Consideração sobre a circulação da água em rochas cristalinas e salinização em região árida; área piloto de Juazeiro/curaçá - Bahia. Recife, Sudene, 28p.
- LEAL, J. de M. 1970. Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, Folha n° 20, Aracaju - NE. Recife, Sudene, Divisão de hidrogeologia, série hidrogeologia 34, p.17-39.

- LIMA, J.E.S. 1980. Projeto Hidrogeologia do Centro de Minas Gerais e Norte do Espírito Santo. Relatório Final. Rolha Belo Horizonte -SE, s. ed,Relatório inédito DNPM/CPRM.
- LIMA, J.E.S. 1994. Monte Azul, folha SD.23-Z-D-II, Estado de Minas Gerais. Hidrogeologia, Escala 1:100.000. Programa Levantamentos geológicos Básicos do Brasil. Brasília/CPRM.
- LOPES, O.F. 1981. Evolução Paleogeográfica e Estrutural da Porção Central da Bacia Bambuí, no norte do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências*, **11**:115-127.
- MAGALHÃES, P.C. 1989. Hidrologia superficial, In: Engenharia Hidrológica, R.J., ABRH, ed. UFRJ, p.218-221.
- MARCHESE, A.G. 1974. Litoestratigrafia Y Petrología del Grupo Bambuí en los estados de Minas Gerais Y goiás, Brasil. *Revista Brasileira Geociências*, **3**:172-190.
- MARSHAK, S.E.& ALKMIM, F.F. 1989. Proterozoic Contraction/Extension,Tectonics of the Southern São Francisco Region, Minas Gerais, Brasil. *Tectonics*, **8**:555-574.
- MENESES FILHO, N.R. & DE MATOS, G.M.M. 1978. Formação Paraopeba - Estruturas primárias caracterizantes de ambiente deposicional em plataforma carbonática. In:CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA,30,Recife,1978.*Anais...Recife,SBG*, **2**:824-837.
- MENESES, P.R.; MELLO, A.F.; SANO, E.E. 1990. Integração de Dados de Sensoriamento Remoto para a Pesquisa Hidrogeológica em Áreas Cársticas.In:CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA,36, Natal,1990.*Anais...Natal,SBG*, **2**:1011-1018.
- MOTA, F.S.DA.1986. Aspectos Agro-meteorológicos da Água na atmosfera. In: Meteorologia Agrícola, Balanço Hídrico, p.243-309.
- MULL, D.S.; LIEBERMANN, T.D.; SMOOT, J. L.; WOOSLEY JR ,L. H. 1988. Application of Dye-Tracing Technics for Determining Solute Transport Characteristics of Groundwater in Karst Terranes.EPA, p.3-21.
- NEGRÃO, F.I. 1987. *Caracterização Hidrogeoquímica e Vulnerabilidade do Sistema Hidrogeológico Cárstico da Região de Irecê - BA*. São Paulo,86p. Dissertação de Mestrado; Instituto de Geociências, USP.
- OLIVEIRA, M.A.M. DE. 1967. Contribuição à Geologia da Parte Sul da Bacia do São Francisco e Áreas Adjacentes. Petrobrás, DEPIN, CENPES, Rio de Janeiro,Coletâneas de Relatórios de Exploração, **1**:71-105.
- PALMER, A. N. 1991. Origin and Morphology of Limestone Caves.*Geological Society of American Bulletin*,**103**:1-21.
- PALMER, A. N. 1984a. Geomorphic Interpretation of Karst Features, in LaFleur, R. G.,Groundwater as Geomorphic Agent: BOSTON, MASSACHUSETTS,ALLEN,and UNWIN, p.173-209.

- PEDRALLI, G.; GUABIRABA, M. DO S. G.; JARDIM, M. E. A. Z.; RIBEIRO, M. A.; RIBEIRO, S. T. M.; FREITAS, V. L. DE O. 1994. Uso da terra e Caracterização da Cobertura Vegetacional. Informações Básicas para a gestão territorial, Região de Sete Lagoas - Lagoa Santa - M.G. CPRM-CETEC, Belo Horizonte, p.16-22.
- PEDROSA, S. A. 1992. Caracterização geomorfológica. Informações Básicas para a Gestão Territorial, Região de Sete Lagoas - Lagoa Santa - M.G. CPRM-CETEC, Belo Horizonte, p.29.
- PESSOA, P. F. P. 1992. Aspectos Hidrogeológicos na região cástica de Sete Lagoas - Lagoa Santa, com Ênfase à Qualidade das Águas Subterrâneas. In: SIMPÓSIO SITUAÇÃO AMBIENTAL E QUALIDADE DE VIDA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE E MINAS GERAIS, 2, Belo Horizonte, 1992. *Anais...* Belo Horizonte, ABGE, p.87-89.
- REBOUÇAS, A. C. 1994. Mensagem do Presidente da ABAS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8, Recife, 1994. *Anais...* Recife, ABAS/DNPM/CPRM.
- REBOUÇAS, A. C.; RICCOMINI, C.; ELLERT, N.; DUARTE, U.; MELITO, K. M.; SENF, L. A.; SOUZA, J. C. S. 1994. Diagnóstico Hidrogeológico da R.M.S.P. Uso e Proteção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8, Recife, 1994. *Anais...* Recife, ABAS/DNPM/CPRM, p.93-102.
- RIMANN, E. 1917. A Kimberlita do Brasil. An. Esc. Minas de Ouro Preto, 15:27-32.
- SCHOLL, W. U. 1976. Estromatólitos (Conophyton) em dolomitos do Grupo Macaúbas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29: Ouro Preto, 1976. *Anais...* Ouro Preto, SBG, 2: 67-73.
- SEPLAN 1990. Anuário Estatístico de Minas Gerais.
- SILVA, A. B. DA; ESCODINO, P. C. B.; CRUZ, W. B. DA; PEIXOTO, C. A. DE M.; COSTA, P. C. G.; PADILHA, A. V.; JARDIM, F. G.; ARAÚJO, A. G. DE; FRAGOMENI, P. R. P.; FRAGOMENI, M. G.; LITWINSKI, N. 1981. Estudos piezométricos e Hidrogeoquímicos. In: Pesquisa e Avaliação de Recursos hídricos Subterrâneos em "KARST" por Sensores Remotos. Relatório Final. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC/CNPq, p.135-244.
- SILVA, A. B. DA 1984. *Análise Morfoestrutural e sua aplicação no estudo do Aquífero Cárstico do Jaíba, norte de Minas Gerais*. São Paulo, 190 p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP.
- SILVA, A. B. DA 1984. Aplicação de Técnicas Geomatemáticas no Estudo de um Aquífero Cárstico In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3, Fortaleza, 1984. *Anais...* Fortaleza, ABAS, p.69-86.
- SILVA, A. B. DA 1986. Contribuição da Geologia Estrutural na exploração de Águas Subterrâneas do Grupo Bambuí na região norte do Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 4, 1986. *Anais...* Brasília, ABAS, p.251-262.
- SILVA, A. B. DA 1988. Abatimento de solo na cidade de Sete Lagoas, M.G. *Revista Águas Subterrâneas*, 12:58-66.

- SOARES, P.C. & FIORI, A.P. 1976. Lógica e Sistemática na Análise e Interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia. *Notícias Geomorfológicas, Campinas*, 16:71-104.
- SOKOLOV, A.A. & CHAPMAN, T.G. 1978. Métodos para o cálculo do Balanço Hídrico, um Guia Internacional para Pesquisas e Práticas. Tradução dos Estudos e Relatórios de Hidrologia UNESCO. ed. preliminar. RJ, 17:17-45.
- SOUZA, S.M.T. DE 1995. Estudo da Capacidade Reguladora dos Aquíferos. In: Disponibilidades Hídricas Subterrâneas No Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte; Hidrosistemas, p.49-53.
- STRUCKMEIER, W.F. & MARGAT, J. 1995. Hydrogeological Maps a Guide and a standard Legend. IAH, ed. hannover: Heise, vol. 17, p.177.
- TULLER, M. P; RIBEIRO, J. H.; DANDERFER, A. 1992. Mapeamento Geológico da área do Projeto VIDA, CPRM, Belo Horizonte. Relatório Interno.
- UHLEIN, A. & DAIM, P.S.G. 1989. O Grupo Bambuí na Porção Sudeste da Bacia: sistemas deposicionais e relação estrutural com a faixa Araçuaí, MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA NÚCLEO MINAS GERAIS, 5, SIMPÓSIO DE GEOLOGIA NÚCLEO BRASÍLIA, 1, Belo Horizonte, 1989. Anais... Belo Horizonte, SBG, 10:277-280.
- VRBA, J. & ZAPOROZEC, A. 1994. Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. IAH, ed. Hannover: Heise, 16, p.131.
- WREGE, M.L.D. & MOBUS, G. 1992. Análise de Agrupamento em Aquífero Fraturado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 7, Belo Horizonte, 1993. Anais... Belo Horizonte, ABAS, p.175-180.
- YASSUDA, E. R. & NOGAMI, P. S. 1987. Consumo de Água. In: Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água. CETESB/ASCETESB, São Paulo, 4:107-131.

ANEXO I

SIAS - SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
PONTOS DE ÁGUA

I - IDENTIFICAÇÃO / LOCALIZAÇÃO

UN. OPER.				PROJETO																																C/C																							
IDENTIFICADOR DO PONTO				NATUREZA DO PONTO																PERFURADO POR:																																							
LOCAL/ENDEREÇO																																																											
MUNICÍPIO																																																											
BASE CARTOGRÁFICA				CIM				MAPA-DENOMINAÇÃO																																								UF											
LATITUDE				N/S				LONGITUDE				UTMN(m)				UTME(m)				MC		ALTITUDE (m)																																					
BACIA HIDROGRÁFICA				SUB-BACIA				HIDROGRÁFICA																																																			
PROPRIETÁRIO/ALCUNHA																																																											

II - CARACTERÍSTICAS DO POÇO

[illegible]

III- INFORMAÇÕES GEOLÓGICAS/HIDROGEOLÓGICAS

UNIDADE GEOLÓGICA

LITOLOGIA

TIPO DO AQUÍFERO

TIPO POROSIDADE AQUÍFERO

EXTENSÃO DO AQUÍFERO

TOPO DO AQUÍF. (m)

BASE DO AQUÍF. (m)

ENTRADAS D'ÁGUA (PROFUNDIDADES EM m)

IDENTIFICADOR FIGHA

UNID. BOMBEAMENTO	DURAÇÃO (h/min)	+/- NE (m)	ND (m)
REBAIXAMENTO (m)	VAZÃO (m³/h)	VAZÃO ESP. (m³/h/m)	VAZÃO LIVRE (m³/h)
MÉTODO DE INTERPRETAÇÃO	TRANSMISSIVIDADE (m²/s)	COEF. ARMAZENAMENTO	

RESIST. ELÉTRICA

RESIST. ELÉTRICA				S P				RAIOS GAMA				CALIPER											
DE (m)		A (m)		DE (m)		A (m)		DE (m)		A (m)		DE (m)		A (m)									
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>								
TRAÇADOR QUÍMICO				TRAÇADOR RADIOATIVO				OUTRAS															
DE (m)		A (m)		DE (m)		A (m)																	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																

a. DETERMINAÇÕES DE CAMPO

DATA		ODOR										pH		DUREZA TOTAL (mg/l)				DUREZA DE CARB. (mg/l)			
COND. ELÉTRICA (μ mhos/cm)		TEMPER. (°C)		CO ₂ (mg/l)		Cl (mg/l)		Ca (mg/l)		TAC (mg/l)											

IDENTIFICADOR ANÁLISE

[illegible]

USO DA ÁGUA

USO DA ÁGUA															CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO										F. PRELIMINAR						
TIPO DE RESERVATÓRIO															CAPACIDADE (m³)										PRODUÇÃO (m³/MÊS)						

FONTE DE INFORMAÇÃO

FONTE DE INFORMACÃO																													
PROFISSÃO															DATA														
															/ /														

[illegible]

ANEXO II

INVENTÁRIO DOS PONTOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água			Características dos Pontos D'Água											
	Local	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquifero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	s' (m)	q (m³/h/m)	pH	C.E. MS/cm
		UTM N	UTM E												
1	Areias	7849535	585340	-	PE	GRA	25/06/91	12,0	6,0	-	0,36	-	-	5,1	13,5
2	Areias	7849550	585300	-	PE	GRA	25/06/91	17,0	6,3	-	0,36	-	-	5,1	16,9
3	Cemitério - Pq. Boa Vista	7851905	585390	737,8	PT	CARS	25/06/91	65,5	18,0	35,0	59,76	17,0	3,53	8,0	152,9
4	Cemitério - Pq. Boa Vista	7851850	584505	-	PT	CARS	23/05/91	151,0	22,5	-	-	-	-	-	-
5	Areias	7851500	584135	-	PE	GRA	23/05/91	7,0	3,3	-	-	-	-	3,9	140,0
6	Faz. das Areias	7850135	585030	-	PT	CARS	23/05/91	60,0	-	-	7,92	-	-	7,6	220,0
7	Faz. das Areias	7858990	586095	-	PT	CARS	23/05/91	100,0	7,0	22,0	21,96	15,0	1,46	6,8	420,0
8	Faz. das Areias	7851780	585120	-	PE	GRA	23/05/91	16,0	4,2	-	0,36	-	-	4,1	909,0
9	Faz. das Areias	7851890	585280	-	PE	GRA	23/05/91	13,5	1,8	-	0,36	-	-	4,4	20,0
10	Sítio Coiores	7851680	584715	-	PT	CARS	23/05/91	87,0	21,0	42,0	7,92	21,0	0,37	-	-
11	Sítio Coiores	7851660	584740	-	PE	GRA	23/05/91	9,0	6,6	-	1,08	-	-	6,4	117,0
12	Barreiro - Faz. Boutique	7850210	572195	767,3	PT	PELC	14/05/91	-	5,0	-	9,97	-	-	-	98,0
13	Barreiro - SAAE	7851705	570830	-	PT	CARS	21/05/91	150,0	4,0	33,0	29,02	29,0	1,00	7,0	420,0
14	Pousada do Sol	7851885	567790	726,9	PT	CARS	08/06/91	-	6,6	-	-	-	-	7,4	220,0
15	Barreiro - SAAE	7848765	571465	787,9	PT	CARS	15/10/91	90,0	35,6	36,0	19,30	0,4	48,25	5,7	300,0
16	Siderúrgica Plantar	7850585	569290	738,5	PT	PELC	10/06/91	150,0	-	14,3	-	-	-	7,4	380,0
17	Serraria Lontrinha	7854200	469480	-	PE	GRA	27/05/91	14,0	6,4	-	-	-	-	4,9	110,0
18	PETROLUB	7853470	469720	-	PT	PELC	10/11/91	140,0	-	-	-	-	-	-	-
19	Faz. Lontrinha	7854290	569640	-	PT	PELC	27/05/91	80,0	5,3	14,9	10,80	9,6	1,13	-	-
20	Faz. Lontrinha	7854730	570080	-	PE	GRA	27/05/91	10,0	9,0	-	-	-	-	5,0	43,0
21	Faz. Gineta	7851310	569505	-	PE	GRA	08/06/91	20,0	10,2	-	-	-	-	4,7	37,0
22	Granja Juliana	7851830	570885	739,3	PT	PELC	28/05/91	130,0	3,1	-	-	-	-	-	-
23	Granja Juliana	7851810	570820	-	PT	PELC	28/05/91	89,0	3,6	-	11,99	-	-	7,5	85,0
24	Siderúrgica Irombras	7848605	571710	-	PT	CARS	28/05/91	64,0	9,7	38,9	6,88	29,2	0,23	6,8	250,0
25	Siderúrgica Iromsider	7848525	571770	-	PT	CARS	28/05/91	62,0	13,5	-	-	-	-	6,9	370,0
26	Posto Canecão	7849180	571550	-	PT	CARS	25/05/91	110,0	24,3	-	-	-	-	6,1	185,0
27	Posto Canecão	7849145	571620	799,2	PT	CARS	25/05/91	115,5	42,0	49,0	7,20	7,0	1,0	6,7	400,0
28	Posto Gauchão	7849700	571275	-	PT	PELC	28/05/91	-	29,7	-	-	-	-	-	-
29	Posto Gauchão	7849715	571225	-	PT	PELC	28/05/91	-	-	-	-	-	-	-	-
30	Siderúrgica Itaminas	7847355	573635	821,3	PT	CARS	10/06/91	170,2	46,0	53,8	28,51	7,8	3,65	7,1	490,0
31	Siderúrgica Itaminas	7847385	573470	-	PT	CARS	10/06/91	155,0	26,7	40,2	13,50	13,5	1,00	6,9	530,0
32	Siderúrgica Itaminas	7847510	573460	-	PT	CARS	11/06/91	110,0	42,0	71,0	3,60	29,0	0,12	7,0	600,0
33	Siderúrgica Itaminas	7847185	573570	-	PT	CARS	12/06/91	-	-	-	-	-	-	-	-
34	Siderúrgica Itaminas	7847160	573920	-	PT	CARS	13/06/91	218,0	60,0	92,0	10,01	32,0	0,31	-	-
35	Faz. Lapa Velha	7849520	573785	-	PE	GRA	13/06/91	6,0	1,3	-	-	-	-	6,4	280,0
36	Faz. Marilândia	7849340	573295	785,3	PT	CARS	13/06/91	86,0	10,3	-	13,97	-	-	8,0	350,0
37	Posto Itaminas	7847580	573665	-	PT	CARS	10/06/91	-	22,6	-	-	-	-	-	-
38	Posto Itaminas	7847575	573705	-	PT	CARS	11/06/91	160,0	60,0	96,0	15,00	36,0	0,42	7,5	520,0
39	Sítio Paineiras	7850620	573330	781,2	PT	CARS	13/06/91	48,0	4,0	-	10,01	-	-	-	350,0
40	Siderúrgica Itasider	7847670	573720	813,5	PT	CARS	10/06/91	-	11,8	-	5,00	-	-	7,1	450,0

OBS.: s' = rebaixamento, q = vazão específica,
 CARS = cársico, PELC = pelito-carbonático, cris = cristalino, GRA = granular,
 PT = poço tubular, PE = poço escavado, NC = nascente, INDEF = indefinido.

INVENTÁRIO DOS PONTOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água				Características dos Pontos D'Água										
	Local	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquifero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m3/h)	s' (m)	q (m3/h/m)	pH	C.E. MS/cm
		UTM N	UTM E												
41	Siderúrgica Itasider	7846860	574005	-	PT	CARS	11/06/91	-	>100	-	-	-	-	-	-
42	Santa Helena Sementes	7847640	573900	807,2	PT	CARS	25/05/91	65,0	36,9	-	-	-	-	-	-
43	BR-040 / KM 470	7847920	573650	-	PT	CARS	14/09/91	-	-	-	59,98	-	-	6,9	430,0
44	Posto 3 Poderes	7845775	575240	835,6	PT	CARS	25/05/91	135,0	40,0	80,0	2,88	40,0	0,07	7,4	340,0
45	Sider. Irombrás	7844235	575695	-	PT	CARS	11/06/91	-	11,0	-	7,20	-	-	-	-
46	Siderúrgica Ironbras	7844040	575800	833,7	PT	CARS	11/06/91	-	10,8	-	5,76	-	-	-	-
47	Siderúrgica Ironbras	7844000	575830	-	PT	CARS	11/06/91	-	11,4	-	12,24	-	-	-	-
48	Siderúrgica Ironbras	7843980	575750	-	PT	CARS	11/06/91	140,0	11,5	48,0	10,80	-	-	8,1	391,0
49	Siderúrgica Ironsider	7844570	575725	-	PT	CARS	11/06/91	-	6,0	-	11,88	36,5	-	7,6	600,0
50	Lapa da Orelha	7843795	575890	-	PT	CARS	10/06/91	150,0	33,0	79,0	16,92	-	-	7,2	447,0
51	Lapa da Orelha	7843780	575840	850,1	PT	CARS	10/06/91	100,0	39,5	-	-	-	-	8,1	306,0
52	Siderúrgica Sicafe	7841935	577605	-	PT	CRIS	10/06/91	89,0	0,0	17,5	15,98	17,5	0,91	8,0	214,1
53	Siderúrgica Sicafe	7842730	577350	796,1	PT	CRIS	11/06/91	90,0	4,3	57,6	3,60	53,3	-	7,8	150,9
54	Siderúrgica Cifercal	7840460	577525	814,5	PT	PELC	10/06/91	105,0	4,5	21,0	11,88	16,5	0,72	7,9	400,0
55	Siderúrgica Siderpa	7841180	578160	-	PT	CRIS	10/06/91	125,0	2,0	70,0	2,88	68,0	0,0396	7,7	62,5
56	Siderúrgica Interlagos	7841850	577565	785,5	PT	CRIS	11/06/91	92,0	0,0	39,4	0,72	39,4	0,018	7,1	250,0
57	Siderúrgica Interlagos	7842000	577675	-	PT	CRIS	10/06/91	80,0	4,0	40,0	7,56	36,0	0,21	6,8	169,4
58	Siderúrgica Insivi	7841675	577745	-	PT	CRIS	17/06/91	104,0	6,0	67,0	2,88	61,0	0,0468	-	-
59	Siderúrgica Insivi	7841700	577630	-	PE	GRA	17/06/91	8,0	1,8	-	0,36	-	-	4,9	65,0
60	Motel Miami	7840545	577765	-	PE	GRA	08/06/91	5,0	1,0	-	0,36	-	-	5,8	80,0
61	Laticínio Santa Helena	7838240	579205	-	PT	CRIS	08/06/91	120,0	-	-	-	-	-	-	-
62	Laticínio Santa Helena	7837470	579600	-	PT	INDEF	08/06/91	60,0	-	-	-	-	-	-	-
63	BR-040 -km 481 - Pol.Rodov.	7837270	579540	887,8	PT	PELC	03/09/91	80,0	6,3	34,0	2,30	27,7	0,0828	6,3	12,0
64	EPAMIG	7848675	587725	-	PE	GRA	22/08/91	7,0	2,5	-	1,44	-	-	6,6	65,0
65	EPAMIG	7849740	589060	646,8	PE	GRA	22/08/91	12,0	3,8	-	1,44	-	-	6,3	200,0
66	Estância Virgínia	7876325	585000	-	NC	GRA	19/06/91	-	-	-	2,88	-	-	6,7	100,0
67	Estiva SAAE	7859405	578385	717,3	PT	PELC	21/05/91	80,0	3,8	-	11,88	-	-	7,6	263,9
68	Estiva - Faz.B. Esperança	7856630	580210	-	NC	GRA	27/06/91	-	-	-	7,20	-	-	4,7	11,0
69	Estiva	7859070	579350	-	PE	GRA	27/06/91	15,0	12,5	-	1,08	-	-	5,1	29,0
70	Faz. Bacupari	7845920	571240	744,3	NC	CARS	12/06/91	-	-	-	10,01	-	-	6,9	350,0
71	Faz.Barreiro Alto	7864530	585830	674,1	PT	PELC	19/06/91	-	-	-	2,88	-	-	6,9	70,0
72	Faz.Barreiro Alto	786590	585840	-	PE	GRA	19/06/91	80,0	14,0	-	-	-	-	6,7	110,0
73	Faz.Barreiro Alto	7863615	584790	666,0	PT	PELC	19/06/91	-	6,4	-	-	-	-	7,1	115,0
74	Faz. Boa Vista	7862710	578295	-	NC	GRA	26/06/91	-	-	-	1,08	-	-	6,4	37,0
75	Faz. Bocaina	7848940	574100	-	NC	CARS	14/06/91	-	-	-	24,98	-	-	6,9	260,0
76	Faz. Bocaina	7844745	574205	778,8	NC	CARS	14/06/91	-	-	-	15,01	-	-	6,4	310,0
77	Faz. Brauna II	7853350	590230	-	NC	GRA	30/08/91	-	-	-	1,44	-	-	3,7	9,0
78	Faz. BreJão	7858810	587880	-	NC	GRA	27/08/91	-	-	-	1,08	-	-	4,4	60,0
79	Faz. Canabrava	7846645	567695	-	PE	GRA	17/06/91	10,0	4,1	-	-	-	-	5,6	380,0
80	Faz. Capão do Inferno	7847060	570220	-	NC	CARS	14/06/91	-	-	-	4,00	-	-	7,3	260,0

OBS.: s' = rebaixamento, q = vazão específica,

CARS = cársico, PELC = pelito-carbonático, cris = cristalino, GRA = granular,

PT =poço tubular, PE =poço escavado, NC= nascente, INDEF = indefinido.

INVENTÁRIO DOS PONTOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água				Características dos Pontos D'Água										
	Local	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquifero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m3/h)	s' (m)	q (m3/h/m)	pH	C.E. MS/cm
		UTM N	UTM E												
81	Faz. Copão Grande	7847510	571515	790,1	PT	CARS	11/06/91	100,0	15,0	47,0	4,61	32,0	0,144	7,4	490,0
82	Faz. Capão Rico	7851980	574000	-	PT	CARS	11/06/91	104,0	91,0	86,0	4,79	45,0	0,108	7,2	370,0
83	Faz. Capão Rico	7851955	573955	-	PT	CARS	13/05/91	-	-	-	seco	-	-	-	-
84	Faz. Capão Rico	7851940	573970	-	PT	INDEF	13/05/91	-	-	-	seco	-	-	-	-
85	Faz. Curral Queimado	7862720	583070	-	PE	GRA	20/06/91	4,0	0,8	-	1,08	-	-	5,0	23,0
86	Faz. da Lapa	7849550	572820	-	PT	CARS	11/06/91	51,0	11,6	24,8	7,99	13,2	0,6048	7,8	320,0
87	Faz. da Lapa	7850765	572895	-	PT	CARS	14/06/91	60,0	6,4	-	1,01	-	-	7,6	330,0
88	Faz. das Areias	7849320	584820	-	PE	GRA	25/06/91	17,0	12,5	-	0,72	-	-	4,7	95,0
89	Faz. das Pedra	7840330	574630	-	NC	GRA	12/06/91	-	-	-	7,99	-	-	5,5	12,0
90	Faz. das Taboas	7846475	570555	743,5	NC	CARS	12/06/91	-	-	-	8,00	-	-	7,3	300,0
91	Faz. do Jandir	7855670	582650	-	PE	GRA	24/06/91	15,0	10,2	-	1,80	-	-	6,6	100,0
92	Faz. do Retiro	7849515	568190	722,8	PT	CARS	18/06/91	96,0	-	-	8,33	-	-	-	330,0
93	Faz. dos Matos	7841875	584120	-	NC	GRA	19/06/91	-	-	-	7,92	-	-	6,3	45,0
94	Faz. Estiva	7840740	574655	-	NC	GRA	12/06/91	-	-	-	1,34	-	-	6,1	10,0
95	Faz. Floresta	7855840	579900	-	PT	PELC	27/06/91	-	-	-	-	-	-	-	-
96	Faz. Fr. Boa Vista	7852940	562880	-	PE	GRA	19/10/91	5,0	1,7	-	-	-	-	4,7	48,0
97	Faz. Goiabera	7857280	580030	-	NC	GRA	27/06/91	-	-	-	1,08	-	-	7,5	270,0
98	Faz. Imbiruçu	7852800	573345	-	PT	PELC	14/06/91	120,0	34,4	-	-	-	-	-	-
99	Faz. Imbiruçu	7852820	573530	828,7	PT	PELC	14/06/91	100,0	57,1	-	-	-	-	-	-
100	Faz. Imbiruçu	7851730	572540	791,5	PT	PELC	14/06/91	-	-	-	-	-	-	7,1	130,0
101	Faz. Itambé	7851395	573200	-	PT	PELC	13/06/91	117,0	20,0	57,5	3,60	37,5	0,0972	6,5	110,0
102	Faz. Itambé	7851455	573205	-	PT	PELC	13/06/91	80,0	21,0	61,0	2,30	40,0	0,0576	6,0	110,0
103	Faz. Lapa Branca	7844175	581280	-	PE	GRA	19/06/91	10,0	0,2	-	0,36	-	-	5,7	460,0
104	Faz. Lapa Branca	7844155	581270	-	PT	CRIS	19/06/91	22,0	-	-	seco	-	-	-	-
105	Faz. Lapa Velha	7849550	573775	-	PE	GRA	13/06/91	-	-	-	-	-	-	6,0	170,0
106	Faz. Lapa Velha	7849430	573850	-	PT	CRIS	18/06/91	100,0	-	-	seco	-	-	-	-
107	Faz. Laranjeiras	7842935	574790	-	PE	GRA	14/06/91	4,0	-	-	-	-	-	5,5	160,0
108	Faz. Laranjeiras	7843080	575265	-	NC	GRA	17/06/91	-	-	-	-	-	-	6,9	80,0
109	Faz. Macuco Teobaldo	7838685	576860	-	NC	GRA	29/05/91	-	-	-	7,20	-	-	4,7	121,0
110	Faz. Mata Grande	7845035	578070	-	PE	GRA	18/06/91	5,0	2,1	-	0,36	-	-	6,9	310,0
111	Faz. Morada Nova	7848520	565410	710,6	PT	CARS	18/06/91	38,0	-	-	5,00	-	-	7,1	240,0
112	Faz. Morada Nova	7848820	566925	720,3	PT	CARS	18/06/91	-	-	-	-	-	-	-	-
113	Faz. Morada Nova	7848675	567940	-	PT	CARS	18/06/91	-	2,6	-	-	-	-	-	-
114	Faz. Morro Vermelho	7856785	579865	-	PE	GRA	27/06/91	23,0	-	-	0,40	-	-	6,7	110,0
115	Faz. Palmital	7842820	584500	-	NC	GRA	19/06/91	-	-	-	2,88	-	-	5,7	32,0
116	Faz. Paredão	7842545	581630	-	PE	GRA	19/06/91	15,0	7,4	-	0,36	-	-	5,1	150,0
117	Faz. Querença	7851280	563580	695,2	PT	CARS	16/06/91	30,0	1,8	17,0	119,80	15,2	7,8876	-	-
118	Faz. Querença	7851205	563790	695,0	PT	CARS	18/06/91	30,0	-	-	-	-	-	6,3	250,0
119	Faz. Retiro das Estrelas	7843890	586030	789,1	PT	CARS	21/08/91	47,0	38,1	-	7,56	-	-	7,6	240,0
120	Faz. Riacho do Campo	7850275	566950	-	PE	GRA	18/06/91	9,0	0,5	-	-	-	-	5,4	20,0

OBS.: s' = rebaixamento, q = vazão específica,

CARS = cársico, PELC = pelito-carbonático, cris = cristalino, GRA = granular,

PT =poço tubular, PE =poço escavado, NC= nascente, INDEF = indefinido.

INVENTÁRIO DOS PONTOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água				Características dos Pontos D'Água										
	Local	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquifero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m3/h)	s' (m)	q (m3/h/m)	pH	C.E. MS/cm
		UTM N	UTM E												
121	Faz. Riacho do Campo	7850385	566995	-	NC	GRA	18/06/91	-	-	-	1,80	-	-	6,4	33,0
122	Faz. Santa Helena	7840250	579715	-	NC	GRA	17/06/91	-	-	-	-	-	-	6,3	45,0
123	Faz. Santa Helena	7840910	579530	-	NC	GRA	18/06/91	-	-	-	1,44	-	-	5,2	16,0
124	Faz. Santa Mônica	7837025	577755	-	PT	CRIS	27/06/91	73,0	-	-	2,02	-	-	6,5	100,0
125	Faz. São Sebastião	7836670	575075	-	NC	GRA	10/06/91	-	-	-	2,02	-	-	6,7	10,0
126	Faz. Unisa	7859925	581255	730,4	PT	PELC	26/06/91	120,0	-	37,0	9,72	-	-	7,0	130,0
127	Faz. Velha - SAAE	7837675	581395	886,9	PT	CRIS	21/05/91	93,0	10,6	-	-	-	-	7,1	297,0
128	Faz. Velha - SAAE	7837980	581835	908,3	PT	CRIS	21/06/91	96,0	2,0	-	4,00	-	-	-	-
129	Faz. Velha - SAAE	7838010	581805	-	PT	CRIS	21/06/91	72,0	3,7	-	-	-	-	6,6	110,0
130	Faz. VerdeVale	7855580	588030	-	PE	GRA	30/08/91	6,2	5,4	-	0,36	-	-	3,6	12,0
131	Faz. Gineta	7851805	571340	-	NC	GRA	14/06/91	-	-	-	-	-	-	5,9	12,5
132	Faz. Gineta	7851310	570965	-	PE	GRA	14/06/91	6,0	3,4	-	-	-	-	4,3	19,0
133	Granja Barreirinho	7855585	580555	718,9	PT	PELC	27/06/91	-	3,0	13,0	18,00	10,0	1,8	6,1	55,0
134	Lontra - SAAE	7853720	559795	715,8	PT	PELC	11/10/91	70,0	7,3	-	-	-	-	6,2	100,0
135	Lontrinha	7854290	569435	-	PT	PELC	27/05/91	80,0	3,7	-	-	-	-	-	-
136	Lontrinha	7854300	569370	844,0	PT	PELC	27/05/91	90,0	3,9	-	3,49	-	-	6,1	120,0
137	Loteamento Bem Viver	7833600	580250	969,0	PT	INDEF	21/05/91	-	32,0	-	-	-	-	-	-
138	Machados	7841700	582715	851,3	NC	CARS	19/06/91	-	-	-	11,88	-	-	7,3	288,6
139	MG-238 Faz. Brejão	7858435	588645	-	PE	GRA	20/06/91	10,0	7,0	-	1,44	-	-	4,3	29,0
140	MG-238 Faz. Rancho Alegre	7858170	582490	-	PE	GRA	21/06/91	20,0	15,7	-	0,36	-	-	4,8	9,0
141	MG-238 Faz. Santo Antonio	7857730	584375	-	PE	GRA	21/06/91	9,0	2,5	-	0,36	-	-	4,6	32,0
142	MG-238 Faz. Santo Antonio	7857750	584390	-	NC	GRA	20/06/91	-	-	-	4,32	-	-	4,7	12,0
143	MG-238 Faz. Verde Vale	7860520	586270	-	PE	GRA	24/06/91	10,0	7,7	-	0,36	-	-	4,9	10,0
144	MG-238 Gr.Verde e Branco	7857950	585925	714,7	PT	PELC	24/06/91	-	9,1	-	-	-	-	-	-
145	MG-238 Gr.Verde e Branco	7858260	585935	-	PE	GRA	20/06/91	25,0	15,5	-	1,44	-	-	4,9	7,0
146	MG-238 Sítio São José	7860700	586055	-	NC	GRA	25/06/91	-	-	-	0,72	-	-	5,6	16,0
147	MG-238 Faz. B. Esperança	7851885	583295	741,6	PT	PELC	25/06/91	96,0	8,1	-	15,84	-	-	8,0	155,0
148	MG-238 Faz. Capão do Poço	7853435	582930	-	PE	GRA	25/06/91	6,0	3,1	-	0,36	-	-	5,9	95,0
149	MG-238 Km 9 - Faz. Esperança	7854190	582210	727,8	PT	PELC	25/06/91	84,0	18,5	-	7,20	-	-	7,1	330,0
150	MG-238 Km 11 Est. Mirabela	7854255	589895	718,0	PT	CARS	24/06/91	120,0	24,0	-	3,60	-	-	6,8	45,0
151	MG-238 Km 12 FEBEM	7856390	582675	700,6	PT	PELC	24/06/91	-	1,4	10,0	3,96	8,6	0,46	7,6	60,0
152	MG-238 Km 12 4ª GAEE	7856010	582290	-	PT	PELC	24/06/91	-	-	-	7,20	-	-	7,6	180,7
153	MG 238 - Km 75 -Faz.Nova	7861040	584440	-	PE	GRA	21/06/91	18,0	10,6	-	0,36	-	-	3,9	750,0
154	MG 238 - Km 75 -Faz.Nova	7860440	583750	-	PE	GRA	21/06/91	6,0	1,0	-	0,36	-	-	6,2	215,0
155	MG 238 - Faz. Nova	7860485	583705	677,5	PE	GRA	21/06/91	7,0	3,0	-	0,20	-	-	5,0	14,0
156	MG 238 - Km 75 - Faz. O. Verde	7859910	583570	-	PE	GRA	21/06/91	8,0	3,8	-	2,88	-	-	6,5	170,0
157	MG 238 - Km 85 Est.Stª Helena	7861965	587490	-	PE	GRA	21/06/91	8,0	5,2	-	1,80	-	-	5,0	55,0
158	MG 238 - Km 85 Est.Sta Helena	7862510	587330	-	NC	GRA	26/06/91	-	-	-	72,00	-	-	5,9	40,0
159	MG 238 - Km 85 Est.Sta Helena	7861925	587460	663,5	PT	PELC	26/06/91	68,0	1,9	-	19,80	-	60,0	-	-
160	MG 238 - Km 85 Est.Sta Helena	7862580	586820	-	NC	GRA	26/06/91	-	-	-	2,52	-	-	6,3	31,0

OBS.: s' = rebaixamento, q = vazão específica,
 CARS = cársico, PELC = pelito-carbonático, cris = cristalino, GRA = granular,
 PT =poço tubular, PE =poço escavado, NC= nascente, INDEF = indefinido.

INVENTÁRIO DOS PONTOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água				Características dos Pontos D'Água										
	Local	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquífero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m3/h)	s' (m)	q (m3/h/m)	pH	C.E. MS/cm
		UTM N	UTM E												
161	EMBRAPA	7849800	586365	704,6	PT	CARS	29/05/91	62,0	0,0	3,0	180,00	3,0		7,6	244,7
162	EMBRAPA	7849680	587050	-	PT	CARS	29/05/91	72,0	4,7	-	14,40			4,5	260,0
163	EMBRAPA	7849675	587105	699,7	PT	CARS	29/05/91	85,6	5,3	-	72,00			7,3	300,0
164	EMBRAPA	7845680	586515	720,2	PT	CARS	29/05/91	61,0	0,5	-	180,00			7,0	360,0
165	MG 429 - Granja Juliana	7845970	583790	737,7	PT	CARS	24/05/91	80,0	0,6	1,0	36,00	1,6	22,5	7,7	203,9
166	Mineração Jade	7841420	576235	829,8	NC	CARS	11/06/91	-	-	-	5,98	-	-	6,7	340,0
167	Minerasete	7543440	575460	-	PE	GRA	14/06/91	100,0	6,2	-	-	-	-	6,6	410,0
168	SAAE-COHAB	7841825	573750	722,8	PT	CARS	11/06/91	65,0	1,0	-	-	-	-	6,7	475,0
169	SAAE - Faz. Laranjeiras	7841905	573560	-	PE	GRA	12/06/91	10,0	3,8	-	-	-	-	4,5	10,0
170	Pedras	7837840	579870	902,4	PE	GRA	11/06/91	23,0	16,6	-	-	-	-	6,7	300,0
171	Pedras	7837870	579670	-	PE	GRA	11/06/91	40,0	24,2	-	-	-	-	6,0	15,0
172	Pedras	7836830	580165	-	PT	CARS	19/06/91	61,0	22,8	-	-	-	-	6,6	190,0
173	Pedras - Condomínio	7834140	580930	-	PE	GRA	10/06/91	32,0	24,9	-	-	-	-	6,8	90,0
174	Pedras - Faz. Quebra Canzil	7838940	582480	911,5	PT	CRIS	18/10/91	65,0	7,0	-	1,80		-	6,4	72,7
175	Pedras Sítio das Pedras	7837895	577880	-	PE	GRA	08/06/91	8,0	4,1	-	-	-	-	6,2	125,0
176	Pedras Sítio das Pedras	7837850	577945	-	NC	GRA	08/06/91	-	-	-	2,99	-	-	4,5	10,0
177	Pedras Sítio Santa Rita	7837960	577895	865,4	PT	CRIS	08/06/91	90,0	4,7	-	-	-	-	5,9	90,0
178	SAAE - r. Agp. Vasc. 31	7849005	580190	-	PT	CARS	20/05/91	120,0	-	-	-	-	-	-	-
179	SAAE - Alvorada	7852340	577860	-	PT	CARS	01/11/91	100,0	-	-	seco	-	-	-	-
180	SAAE - Av. Arcos	7844215	579405	-	PT	CRIS	08/06/91	60,0	-	-	seco	-	-	-	-
181	Huracan A. Clube	7847235	578345	-	PT	CARS	25/05/91	80,0	32,0	36,4	7,92	4,4	1,8	8,2	290,0
182	SAAE - Av. Cand. Azeredo	7847200	579130	751,9	PT	CARS	20/05/91	81,0	16,0	-	43,20		-	7,7	392,0
183	SAAE - Av. Castelo Branco	7846640	577510	773,0	PT	CARS	17/05/91	68,5	-	32,0	109,80		-	7,5	305,0
184	SAAE - Av. Castelo Branco	7846585	577470	-	PT	CARS	17/05/91	104,5	-	-	seco	-	-	-	-
185	SAAE - Av. das Nações, 57	7847530	577815	772,6	PT	CARS	17/05/91	124,0	-	18,0	24,84		-	7,8	362,0
186	Curtume Chaves	7848215	581890	-	PT	CARS	28/05/91	60,0	8,4	-	51,84		-	7,6	290,0
187	Curtume Chaves	7848245	581855	736,0	NC	CARS	28/05/91	-	-	-	11,88	-	-	7,5	260,0
188	SAAE - Av. Norte, 500	7848290	582325	-	PT	CARS	16/05/91	85,0	-	14,6	34,92	-	-	7,3	350,0
189	SAAE - Av. Norte, 501	7848265	582345	731,0	PT	CARS	16/05/91	100,0	8,5	9,6	154,80	1,1	140,4	7,7	239,2
190	SAAE - Av. Perimetral	7846360	576725	-	PT	CARS	20/05/91	73,0	-	-	seco	-	-	-	-
191	SAAE - Av. Perimetral	7846785	576695	-	PE	GRA	21/05/91	20,0	18,0	-	0,36	-	-	-	-
192	SAAE - Av. Perimetral	7849335	581980	755,0	NC	GRA	28/05/91	-	-	-	6,48	-	-	5,5	420,0
193	SAAE - Av. Perimetral, 4265	7845500	578705	752,6	PT	CARS	08/07/91	70,0	1,5	39,0	17,64	37,5	0,47	6,8	310,0
194	SAAE - Av. Prof. M. Jesus	7848550	580140	-	PT	CARS	08/07/91	130,0	43,0	-	-	-	-	-	-
195	Banco Agrimisa	7846470	583410	-	PT	CARS	17/06/91	95,0	-	-	-	-	-	-	-
196	Clube Náutico	7849665	579965	766,8	PT	CARS	21/05/91	80,0	30,9	-	-	-	-	-	-
197	SAAE -Rod. Cach. Prata, 200	7846350	575850	-	PT	CARS	20/05/91	130,0	-	-	-	-	-	-	-
198	SAAE -Rod. Cach. Prata, 201	7846240	575810	-	PT	CARS	17/05/91	100,0	-	-	21,96	-	-	6,9	367,5
199	SAAE -Rod. Cach. Prata, 202	7846370	575870	-	PT	CARS	20/05/91	102,0	-	-	-	-	-	-	-
200	SAAE -Rod. Cach. Prata, km 2	7845600	575755	819,4	PT	CARS	27/05/91	141,0	-	-	29,88	-	-	8,1	407,8

OBS.: s' = rebaixamento, q = vazão específica,

CARS = cársico, PELC = pelito-carbonático, cris = cristalino, GRA = granular,

PT =poço tubular, PE =poço escavado, NC= nascente, INDEF = indefinido.

INVENTÁRIO DOS PONTOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água				Características dos Pontos D'Água										
	Local	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquifero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m3/h)	s' (m)	q (m3/h/m)	pH	C.E. MS/cm
		UTM N	UTM E												
201	SAAE -Rod. Cach. Prata, km 2	7845580	575775	-	PT	CARS	27/05/91	142,0	-	-	18,00	-	-	7,4	370,0
202	SAAE -Rod. Tropeiros, 784	7849305	578420	802,0	PT	CRIS	20/05/91	110,0	17,8	-	7,92	-	-	8,5	84,5
203	Sede - Faz. Arizona	7847660	576530	-	PT	CARS	19/06/91	101,0	-	-	-	-	-	7,4	290,0
204	SAAE - Faz. Goiabeira	7853960	581100	719,5	PT	INDEF	10/11/91	120,0	-	-	-	-	-	-	-
205	Sede - Faz. J.K.	7852320	580230	739,0	PT	CRIS	19/06/91	80,0	1,8	-	9,00	-	-	-	-
206	Sede - Faz. J.K.	7852175	580165	-	NC	GRA	19/06/91	-	-	-	4,32	-	-	6,2	100,0
207	Sede - Faz. Morro Vermelho	7852350	581495	719,0	PT	CRIS	19/06/91	82,0	1,5	20,0	14,04	18,5	0,76	-	-
208	Sede - Faz. Retiro Melancia	7842675	5778780	781,4	PT	CRIS	23/05/91	50	3,5	11,2	12,60	7,7	1,63	4,9	60,0
209	Sede - Faz. Retiro Melancia	7844490	579430	-	PT	CRIS	23/05/91	-	-	-	-	-	-	5,1	60,0
210	SAAE - Faz. Jardim Arizona	7848500	576785	-	PT	CARS	15/08/91	52,0	22,8	35,9	111,96	13,1	8,63	-	-
211	SAAE - Faz. Jardim Arizona	7848540	576780	825,7	PT	CARS	16/08/91	100,0	31,8	35,3	200,16	4,5	44,46	7,5	280,0
212	SAAE - Lagoa Boa Vista	7849010	580470	-	PT	CARS	05/06/91	100,0	49,0	54,0	56,88	6,0	9,47	6,4	272,4
213	SAAE - Lagoa Boa Vista	7848605	580175	-	PT	CARS	16/05/91	160,0	40,0	50,0	39,96	10,0	4,00	6,6	410,0
214	SAAE - Lagoa Boa Vista	7848530	580305	768,1	PT	CARS	16/05/91	-	-	-	79,92	-	-	6,5	402,0
215	SAAE - Lagoa Paulino	7848380	579110	765,5	PT	CARS	22/05/91	122,0	30,0	-	59,76	-	-	6,7	290,0
216	SAAE - Lagoa Paulino	7848425	579105	-	PT	CARS	22/05/91	123,0	30,0	-	59,76	-	-	6,9	300,0
217	Sede - Lages Pregem	7844960	581915	-	PT	CARS	18/06/91	70,0	-	-	-	-	-	8,2	400,0
218	Sede - Minerasete	7844865	577790	771,1	PE	GRA	18/06/91	5,0	0,5	-	-	-	-	5,5	90,0
219	Sede - Minerasete	7849650	577345	-	NC	GRA	18/06/91	-	-	-	-	-	-	6,5	70,0
220	SEDE - Parque Cascota	7848760	755345	-	PT	PELC	18/06/91	150,0	2,6	5,5	5,11	2,9	1,76	5,7	100,0
221	SAAE - R. Antonio Alvim	7850570	579655	-	PT	CRIS	20/05/91	61,0	-	-	1,44	-	-	-	-
222	Cerâmica Sete Lagoana	7847860	581260	735,7	PT	CARS	28/05/91	85,0	9,0	9,8	-	-	-	7,1	350,0
223	Cerâmica Sete Lagoana	7847730	581085	-	PT	CARS	28/05/91	40,0	11,7	-	55,08	0,8	68,85	7,0	160,0
224	SAAE - R. Araguaari	7846135	578675	-	PT	CRIS	20/05/91	79,0	-	-	-	-	-	-	-
225	SAAE - R. Araponga, 141	7847210	583765	737,8	PT	CARS	23/05/91	41,0	-	8,3	19,80	-	-	6,4	270,0
226	SAAE - R. Bento Paixão, 4	7846595	577905	-	PT	CARS	17/05/91	74,0	16,0	20,0	34,92	4,0	-	6,2	260,0
227	Sidersete	7848800	581375	-	PT	INDEF	27/05/91	130,0	29,0	-	-	-	8,73	6,3	150,0
228	Sede-Sidersete	7848445	581330	-	PT	CARS	27/05/91	50,0	6,0	18,0	158,04	12,0	13,1688	-	-
229	Sede-Sidersete	7848665	581265	743,7	PT	INDEF	27/05/91	54,0	13,6	-	-	-	-	6,8	240,0
230	Sede Nordeste Siderurgica	7848605	581250	744,0	PT	CARS	27/05/91	141,0	13,5	-	-	-	-	6,2	400,0
231	SAAE - R. Braz Filizola	7846880	579965	-	PT	CARS	17/05/91	74,0	-	-	34,92	-	-	6,2	350,0
232	SAAE - R. CArvalho Rico, 339	7850125	578650	809,4	PT	CRIS	20/05/91	78,0	-	29,7	5,04	-	-	6,7	100,0
233	SAAE -R. Chiquinha Avelar	7846635	581340	-	PT	CARS	20/05/91	81,0	-	-	-	-	-	-	-
234	Sede - R. Ciriena, 101	7847125	583765	-	PE	GRA	23/05/91	7,5	5,1	-	0,36	-	-	4,9	14,0
235	SAAE - R. das Melancias	7845270	579295	-	PT	CRIS	17/05/91	75,0	4,0	11,9	21,96	7,9	2,78	7,4	220,0
236	SAAE - R. D. João VI, 45	7846265	580705	746,0	PT	CARS	17/05/91	80,0	-	17,6	43,92	-	-	7,2	450,0
237	Sede R. Agripa Vasconc.	7849180	580190	-	PE	GRA	18/16/91	6,0	1,3	-	0,36	-	-	5,1	220,0
238	SAAE - R. Emilia, 56	7848160	580150	-	PT	CARS	16/05/91	120,0	-	-	39,96	-	-	7,0	447,0
239	SAAE - R. Emilia, 57	7848980	580090	765,9	PT	CARS	16/05/91	90,0	40,0	56,1	100,08	16,1	6,21	6,5	430,0
240	SAAE - R. José França, 455	7849110	578620	-	PT	CRIS	20/05/91	134,0	-	-	6,84	-	-	6,7	130,0

OBS.: s' = rebaixamento, q = vazão específica,

CARS = cárstico, PELC = pelito-carbonático, cris = cristalino, GRA = granular,

PT =poço tubular, PE =poço escavado, NC= nascente, INDEF = indefinido.

INVENTÁRIO DOS PONTOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água				Características dos Pontos D'Água										
	Local	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquífero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m3/h)	s' (m)	q (m3/h/m)	pH	C.E. MS/cm
		UTM N	UTM E												
241	SAAE - R. Felipe Vasconc.	7848595	579200	-	PT	CARS	16/05/91	90,0	-	-	90,00	-	-	6,6	340,0
242	SAAE - R. Goiás, S/Nº	7848755	579705	-	PT	CARS	08/06/91	180,0	-	-	0,72	-	-	-	-
243	FEVEF - R. Inhaúma, 1921	7846980	578640	759,8	PT	CARS	17/05/91	45,0	22,7	-	11,88	-	-	8,2	244,7
244	SAAE - R. João Dam., 774	7846590	576970	-	PT	CARS	17/05/91	104,0	-	27,9	34,92	-	-	7,8	248,4
245	Frigorífico Vapabuçu	7848215	580955	-	PT	CARS	28/05/91	81,0	15,0	17,0	24,48	1,0	24,48	7,5	336,4
246	SAAE - R. José Calmon	7846750	580020	-	PT	CARS	17/05/91	71,0	-	-	-	-	-	-	-
247	SAAE - R. José Calmon	7846770	580000	-	PT	CARS	17/05/91	74,0	-	-	36,00	-	-	6,3	360,0
248	SAAE - R. José Viana	7849400	579440	764,8	PT	CARS	21/05/91	93,0	16,0	40,0	50,04	24,0	2,08	7,1	216,0
249	SAAE - R. José Félix	7848980	580165	764,6	PT	CARS	10/06/91	155,0	26,0	26,8	39,96	-	-	-	-
250	CEMIG	7848610	578560	783,4	PT	CARS	24/06/91	90,0	56,0	60,8	-	-	-	7,5	-
251	Hosp. N.S. Graças	7847510	580055	745,3	PT	CARS	22/05/91	80,0	-	18,3	-	-	-	7,1	-
252	Hosp. N.S. Graças	7847510	580055	-	NC	GRA	22/05/91	-	-	-	1,80	-	-	5,3	220,0
253	Hosp. N.S. Graças	7847510	580055	-	PE	GRA	22/05/91	5,0	0,9	-	1,80	-	-	5,3	220,0
254	SAAE - R. Major Castan, 65	7848650	579230	-	PT	CARS	16/05/91	112,0	52,0	54,0	72,00	2,0	72	7,9	253,0
255	SAAE - R. Major Castan, 66	7848620	579235	765,7	PT	CARS	16/05/91	80,0	-	-	36,00	-	-	-	-
256	SAAE - R. Mirasol	7850140	578985	-	PT	INDEF	10/06/91	-	-	-	seco	-	-	-	-
257	SAAE - R. Nic. Lanza	7848620	579200	-	PT	CARS	16/05/91	66	30,0	38,0	126,00	8,0	15,75	7,1	300,0
258	SAAE - R. Nic. Lanza	7848420	579170	-	PT	CARS	16/05/91	55	-	-	-	-	-	6,8	340,0
259	Miner. Canaan	7846335	575730	818,5	PT	CARS	14/06/91	-	54,2	-	-	-	-	7,0	210,0
260	Posto Arizona	7847005	577050	-	PT	CARS	22/05/91	70,0	30,0	45,0	5,40	15,0	0,36	8,3	317,4
261	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847330	580340	-	PT	CARS	24/05/91	100,0	14,5	17,6	111,60	3,1	36	-	-
262	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847280	580135	-	PT	CARS	24/05/91	60,0	22,0	22,4	47,88	0,4	119,7	7,0	310,0
263	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847165	580135	-	PT	CARS	24/05/91	122,0	21,8	40,0	54,00	18,2	2,97	7,2	340,0
264	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847310	580135	-	PT	CARS	24/05/91	-	13,3	-	-	-	-	6,3	390,0
265	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847360	580135	740,1	PT	CARS	24/05/91	100,0	12,0	14,0	111,60	2,0	55,8	7,3	390,0
266	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847225	579900	-	PT	CARS	24/05/91	114,0	24,8	41,6	23,40	16,8	1,3896	8,1	420,0
267	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847270	579900	747,0	PT	CARS	24/05/91	94,0	10,3	-	-	-	-	-	-
268	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847270	579870	-	PT	CARS	24/05/91	43,0	-	-	-	-	-	-	-
269	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847290	579945	656,2	PT	CARS	24/05/91	43,0	-	-	39,96	-	-	6,6	425,0
270	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847315	579985	651,2	PT	CARS	24/05/91	109,0	18,4	34,5	36,00	16,1	2,24	6,9	310,0
271	Cerâm. São Sebastião	7846940	580495	743,7	PT	CARS	24/05/91	65,0	9,8	10,5	21,96	0,7	31,3704	6,6	350,0
272	Coop. RPL - SL	7847490	579560	-	PT	CARS	22/05/91	56,0	28,7	-	14,40	-	-	6,9	540,0
273	Coop. RPL - SL	7847460	579565	-	PT	CARS	22/05/91	-	24,5	-	-	-	-	-	-
274	SAAE - R. Prof. Abeylard	7848720	579115	-	PT	CARS	16/05/91	90,0	-	-	39,96	-	-	6,5	260,0
275	SAAE - R. Prof. Abeylard	7848760	579120	-	PT	CARS	16/05/91	85,0	-	-	-	-	-	-	-
276	Posto São Sebastião	7848870	580200	-	PT	CARS	18/06/91	147,0	52,4	-	2,88	-	-	-	-
277	Siderúrgica - SAMA	7848825	580910	-	PT	CARS	27/05/91	140,0	-	-	3,24	-	-	6,2	250,0
278	SAAE - R. Rio Urucua	7846590	577720	766,0	PT	CARS	17/05/91	120,0	-	-	108,00	-	-	8,0	211,6
279	SAAE - R. Stª Luzia, 64	7849200	580305	769,7	PT	CARS	16/05/91	150,0	38,0	46,0	60,12	8,0	7,5132	6,5	380,0
280	SAAE - R. Sat. Verde, 181	7847450	582155	-	PT	CARS	16/05/91	66,0	-	-	39,96	-	-	6,5	240,0

OBS.: s' = rebaixamento, q = vazão específica,

CARS = cárstico, PELC = pelito-carbonático, cris = cristalino, GRA = granular,

PT = poço tubular, PE = poço escavado, NC = nascente, INDEF = indefinido.

INVENTÁRIO DOS PONTOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água				Características dos Pontos D'Água										
	Local	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquífero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m3/h)	s' (m)	q (m3/h/m)	pH	C.E. MS/cm
		UTM N	UTM E												
281	SAAE - R. Tapajós	7851065	579500	-	PT	CRIS	20/05/91	34,5	3,4	13,9	10,80	10,5	1,026	-	-
282	Trav. Olavo Bilac, s/nº	7846815	576780	-	PE	GRA	21/05/91	25,0	14,0	-	0,72		-	5,0	17,0
283	SAAE - R. Unaí, s/nº	7851270	581615	-	PT	CRIS	20/05/91	70,0	-	-	-		-	-	-
284	SAAE - R. 21 de Setembro, 721	7846770	579085	761,9	PT	CARS	23/05/91	91,0	28,8	-	22,32		-	-	-
285	Frigor. Cossisa	7848765	581960	-	PT	CARS	28/05/91	75,0	-	-	79,20		-	7,9	260,0
286	Sede - Serra Stª Helena	7848415	576295	-	PT	CARS	27/05/91	100,0	-	-	seco		-	-	-
287	Siderúrgica Cossisa	7848465	581155	-	PT	CARS	27/05/91	65,0	-	-	-		-	7,5	390,0
288	SAAE - Silva Xavier	7861675	579905	713,0	PT	PELC	21/05/91	78,0	5,8	25,0	12,60	19,2	0,6552	6,8	107,0
289	Faz. do Raimundo	7861350	577050	-	NC	PELC	27/06/91	-	-	-	1,01		-	5,9	29,0
290	Sítio Boa Vista	7862690	579690	661,3	PE	GRA	26/06/91	30,0	20,5	-	-		-	6,4	80,0
291	Sítio Brejão	7846605	583500	-	PE	GRA	17/06/91	16,0	-	-	-		-	4,3	95,0
292	Sítio Curral Queimado	7861720	585500	-	PE	GRA	27/08/91	12,8	-	-	-		-	4,1	14,0
293	Sítio Dois Irmãos	7854995	583600	712,0	PE	GRA	24/06/91	-	4,5	-	-		-	5,1	15,0
294	Sítio Tamanduá	7848855	584125	720,2	NC	CARS	25/06/91	-	-	-	43,20		-	6,5	131,0

OBS.: s' = rebaixamento, q = vazão específica,

CARS = cárstico, PELC = pelito-carbonático, cris = cristalino, GRA = granular,

PT = poço tubular, PE = poço escavado, NC = nascente, INDEF = indefinido.

ANEXO III

INVENTÁRIO COMPLEMENTAR DE PONTOS D'ÁGUA PARA BACIA DO RIBEIRÃO JEQUITIBÁ

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água					Características dos Pontos D'Água										
	Local	Mun.	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquífero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	s' (m)	q	pH	C.E. MS/cm
			UTM N	UTM E										(m³/h/m)		
1	Prefeitura Municipal	JQ	7872470	602010	-	PT	PELC	13/12/91	100	25,00	51,00	6,00	26,00	0,23	7,4	156
2	Faz. Brauna II	FU	7854390	591510	-	PE	GRA	30/08/91	17,20	10,20	-	0,54		-	4,1	24
3	Faz. Brauna II	FU	7854250	592650	737,2	PT	PELC	30/08/91	150,00	13,00	25,50	13,97	12,50	1,12	7,1	150
4	Faz. Aguada	FU	7867990	596650	-	PE	GRA	26/08/91	4,90	1,30	-	0,36	-	-	5,2	80
5	Faz. Colina Verde	FU	7861910	588635	-	PT	PELC	27/08/91	96,00	11,90	23,00	12,24	11,10	1,10	6,7	220
6	Faz. da Mata	FU	7862750	590280	672,6	PT	PELC	26/08/91	80,00	1,00	17,30	72,00	16,30	4,43	7,3	236
7	Patronato - Stª Casa	FU	7867860	599850	-	PE	GRA	26/08/91	13,20	9,20	-	2,16	-	-	5,3	100
8	Granja Juliana	FU	7860590	589430	667,4	PT	PELC	20/06/91	80,00	12,00	28,00	13,97	16,00	0,86	7,9	220
9	João Pinheiro - Creche	FU	7865640	593940	637,9	PT	PELC	26/08/91	100,00	5,30	11,20	9,97	5,90	1,69	7,4	220
10	J. Pinheiro - Faz. Contagem	FU	7866290	591620	-	PE	GRA	26/08/91	16,00	12,10	-	1,44	-	-	4,2	23
11	J. Pinheiro - R. João D. 32	FU	7865135	593905	-	PE	GRA	26/08/91	17,90	13,80	-	1,08	-	-	4,5	16,5
12	J.Pinheiro - Faz.S.Geraldo	FU	7862050	594090	-	PE	GRA	26/08/91	11,00	7,40	-	0,72	-	-	3,8	225
13	Campo de Santana	PM	7844600	590525	-	PT	CARS	21/08/91	-	4,60	-	-	-	-	8,0	110
14	IMICAL	PM	7843800	591860	-	PE	GRA	17/07/91	20,00	5,60	-	1,08	-	-	5,1	14,7
15	Brasilit	PM	7844185	591000	-	PT	CARS	21/08/91	126,00	26,40	32,00	28,80	5,60	5,60	7,3	190
16	Av. Athon. Pires, 108	PM	7844215	590930	759,9	PT	CARS	19/08/91	43,00	28,00	30,00	18,00	2,00	9,00	7,9	140
17	Rua dos Poços, s/nº	PM	7843780	591110	729,6	PT	CARS	19/08/91	-	-	16,00	36,00	-	-	7,5	320
18	Rua dos Poços, s/nº	PM	7843725	591135	729,4	PT	CARS	19/08/91	-	-	-	1,80	-	-	7,5	340
19	Rua dos Poços, s/nº	PM	7843765	591155	729,0	NC	GRA	19/08/91	-	-	-	37,80	-	-	5,3	55
20	Faz. Fantasia	PM	7848305	589290	-	PT	GRA	19/08/91	90,00	3,40	-	57,96	-	-	6,4	150
21	Faz. Fantasia	PM	7848205	589440	705,3	PT	GRA	19/08/91	150,00	5,00	-	8,64	-	-	6,6	160
22	Faz. Porteira do Arraial	PM	7844880	593205	-	PT	CARS	20/08/91	80,00	21,80	22,00	5,40	0,20	43,20	7,2	320
23	Faz. Sangradouro	PM	7844025	587990	-	NC	GRA	21/08/91	-	-	-	-	-	-	6,9	305
24	Faz. Sapé	PM	7847265	590420	-	NC	GRA	20/08/91	-	-	-	7,92	-	-	5,3	19
25	Faz. Taquaril	PM	7844020	582025	769,2	PT	CARS	19/08/91	83,00	18,80	-	5,40	-	-	7,9	410
26	Faz. Traquinio - Funagro	PM	7890975	592415	-	PT	CARS	18/07/91	-	6,70	-	90,00	-	-	7,8	320
27	MG 424 - Km 53	PM	7851500	589395	686,7	PT	CARS	29/08/91	77,00	0,90	8,00	0,72	7,10	12,67	8,0	300
28	EFOC - Eimcal	PM	7843355	592895	-	PE	GRA	19/07/91	15,50	10,50	-	2,88	-	-	6,9	320
29	Eimcal - MG 424, Km 53	PM	7842810	592700	801,4	PT	CARS	20/07/91	-	7,50	-	36,00	-	-	7,2	340
30	Eimcal - MG 424, Km 54	PM	7841840	592415	780,7	PT	CARS	19/07/91	70,00	1,90	-	10,00	-	-	7,9	465
31	Eimcal - MG 424, Km 55	PM	7841575	593500	-	PT	CARS	19/07/91	-	16,10	-	4,32	-	-	-	-
32	Eimcal - MG 424, Km 56	PM	7841470	593500	798,2	PT	CARS	19/07/91	-	15,20	-	1,20	-	-	7,2	435
33	Eimcal - MG 424, Km 57	PM	7841735	593195	-	PT	CARS	19/07/91	-	-	-	-	-	-	7,2	400
34	Polícia Rodoviária	PM	7845000	590620	744,5	PT	CARS	19/08/91	-	13,70	21,00	0,70	7,30	-	6,9	220
35	EPAMIG	PM	7847905	587775	-	PE	GRA	22/08/91	8,00	4,50	-	0,10	-	-	6,6	33
36	Sede - Calc. Itacolomi	PM	7845165	588515	-	PT	CARS	15/08/91	86,00	3,90	14,50	10,00	10,60	-	7,2	280
37	Sede - Calc. Itacolomi	PM	7845185	588430	-	NC	CARS	15/08/91	-	-	-	3,30	-	-	7,2	250
38	Sede - São João II	PM	7845130	588415	727,0	PT	CARS	15/08/91	-	3,50	3,60	2,20	0,10	-	7,3	244
39	Sede - São João II	PM	7845200	588535	-	PT	CARS	21/08/91	-	-	-	SECO	-	-	-	-

Obs.: Município: JQ= Jequitibá, FU= Funilândia, PM= Prudente de Moraes; PT= poço tubular, PE= poço escavado, NC= nascente.

INVENTÁRIO COMPLEMENTAR DE PONTOS D'ÁGUA PARA BACIA DO RIBEIRÃO JEQUITIBÁ

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água					Características dos Pontos D'Água										
	Local	Mun.	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquífero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	s' (m)	q (m³/h/m)	pH	C.E. MS/cm
			UTM N	UTM E												
40	Sede - Estação Velha	PM	7845350	589365	741,5	PT	CARS	21/08/91	80,00	21,00	21,60	16,60	0,60	-	7,6	340
41	Sede - MG 424 - Km 63	PM	7847000	589135	711,6	PT	CARS	04/12/91	75,00	0,00	4,00	44,00	4,00	-	8,0	298
42	Sede - MG 424 - Km 64	PM	7847020	587130	-	PT	CARS	15/08/91	70,00	5,30	8,40	1,50	3,10	-	7,7	300
43	Sede - MG 424 - Km 65	PM	7847040	587120	-	PT	CARS	15/08/91	-	5,30	5,60	11,10	0,30	-	7,6	320
44	Sede - MG 424 - Km 66	PM	7847010	587180	780,0	PT	CARS	15/08/91	65,00	5,70	-	16,60	-	-	7,7	300
45	Sede - MG 424 - Km 67	PM	7846985	587205	-	PT	CARS	15/08/91	-	-	-	-	-	-	7,4	290
46	Sede - R. João Batista Cruz	PM	7845065	588555	747,9	PT	CARS	21/08/91	96,00	34,10	-	-	-	-	-	-
47	Sítio Santo Antonio	PM	7844655	5885201	783,6	PT	CARS	21/08/91	60,00	29,10	-	2,00	-	-	6,9	120

Obs.: Município: JQ= Jequitibá, FU= Funilândia, PM= Prudente de Moraes; PT= poço tubular, PE= poço escavado, NC= nascente.

ANEXO IV

INVENTÁRIO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS PONTOS D'ÁGUA DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA			PARÂMETROS ANALISADOS																		
	Local	Nat	Data	pH	C.E.	Dureza	HCO ₃ ⁻		CO ₃ ⁼		Cl ⁻		SO ₄ ⁼		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		Na ⁺		K ⁺	
					MS/cm	mg/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
3	Cemitério Parque B.Vista	PT	31/08/93	7,9	228,8	116,0	93,3	1,53	ND	ND	3,49	0,10	1,00	0,02	35,00	1,75	2,15	0,18	0,24	0,01	0,120	0,01
13	Barreiro (SAAE)	PT	02/09/93	7,8	447,2	196,6	218,8	3,59	ND	ND	2,99	0,08	2,30	0,05	59,50	2,98	5,90	0,49	3,55	0,15	0,530	0,04
16	Siderúrgica Plantar	PT	20/08/93	7,4	450,0	186,8	241,5	3,96	ND	ND	6,96	0,20	9,40	0,20	56,00	2,80	8,85	0,73	16,00	0,70	0,700	0,02
25	Siderúrgica Ironsider	PT	24/08/93	8,3	328,6	191,80	210,4	3,45	ND	ND	1,00	0,03	4,10	0,09	53,00	2,65	5,00	0,41	3,55	0,15	1,000	0,03
27	Posto Canecão	PT	28/10/91	6,7	400,0	195,1	262,9	4,31	ND	ND	3,99	0,11	1,00	0,02	73,00	3,65	3,10	0,26	3,35	0,15	0,620	0,02
30	Siderúrgica Itaminas	PT	26/08/87	8,0	316,4	208,0	251,3	4,12	ND	ND	ND	ND	5,00	0,10	64,00	3,20	12,00	0,99	ND	ND	ND	ND
34	Siderúrgica Itaminas	PT	23/08/93	7,6	312,0	115,0	231,9	3,80	ND	ND	2,49	0,07	3,70	0,08	72,00	3,60	1,75	0,15	0,85	0,04	0,800	0,02
36	Fazenda Mariândia	PT	20/08/93	7,9	364,0	210,8	234,3	3,84	ND	ND	4,99	0,14	2,80	0,06	85,00	3,25	3,40	0,28	2,40	0,10	0,510	0,01
38	Posto Itaminas	PT	31/10/91	7,5	546,0	204,0	258,9	4,25	ND	ND	3,99	0,11	2,50	0,05	78,50	3,93	1,95	0,16	0,90	0,04	0,990	0,03
48	Siderúrgica Ironbras	PT	17/05/89	8,1	391,0	268,0	454,9	7,46	ND	ND	0,73	0,02	6,00	0,13	46,40	2,32	38,00	3,13	ND	ND	ND	ND
50	Siderúrgica MGS	PT	28/10/91	6,9	530,4	228,3	283,7	4,65	ND	ND	8,68	3,50	3,50	0,07	68,00	3,40	14,20	1,17	2,35	0,10	0,680	0,02
51	Siderúrgica MGS	PT	23/08/93	7,7	416,0	215,6	228,4	3,75	ND	ND	5,99	0,17	5,50	0,11	58,00	2,80	10,20	0,84	1,60	0,07	0,710	0,02
52	Siderúrgica Sicafe	PT	23/08/93	7,7	364,0	158,0	209,2	3,43	ND	ND	4,47	0,32	2,90	0,06	43,00	2,15	6,00	0,50	22,90	1,00	1,200	0,03
53	Siderúrgica Sicafe	PT	13/07/89	7,9	150,9	94,0	133,1	2,18	ND	ND	0,25	0,01	30,4	1,52	4,50	0,37	ND	ND	ND	ND	ND	ND
54	Siderúrgica Cifercal	PT	24/08/93	7,4	424,0	225,0	222,4	3,65	ND	ND	5,99	0,17	5,90	0,12	74,00	3,70	3,05	0,25	2,45	0,11	0,700	0,02
57	Siderúrgica Interlagos	PT	31/10/91	6,8	169,4	68,4	108,1	1,77	ND	ND	3,89	0,11	ND	ND	18,50	0,93	5,40	0,45	9,20	0,4	2,140	0,06
67	Estiva (SAAE)	PT	02/09/93	7,8	280,8	145,5	165,0	2,71	ND	ND	3,49	0,10	2,30	0,05	45,50	2,28	2,80	0,23	3,80	0,17	0,460	0,01
70	Fazenda Bacupari	NC	31/06/93	7,3	426,4	234,4	257,1	4,22	ND	ND	2,99	0,08	2,90	0,06	74,50	3,73	3,20	0,26	2,50	0,11	0,500	0,01
73	Faz. Barreiro Alto	PT	08/09/93	7,3	197,6	92,0	117,2	1,92	ND	ND	1,99	0,06	ND	ND	26,00	1,30	3,10	0,26	6,20	0,27	0,530	0,01
76	Faz. Bocaina	NC	27/08/91	7,4	325,5	182,1	255,0	4,18	ND	ND	0,93	0,03	5,50	0,11	69,00	3,45	2,40	0,20	0,81	0,04	0,380	0,01
90	Faz. Taboas	NC	27/08/91	7,3	324,0	184,5	258,2	4,23	ND	ND	2,07	0,06	2,00	0,04	63,00	3,15	6,60	0,55	3,80	0,17	0,640	0,02
100	Faz. Imbiruçu	PT	20/08/93	7,8	213,2	87,6	86,1	1,41	ND	ND	ND	ND	2,00	0,04	29,00	1,45	2,40	0,20	1,20	0,05	0,500	0,01
117	Faz. Querença	PT	08/09/93	8,0	112,2	18,6	16,7	0,28	ND	ND	0,50	0,01	ND	ND	4,00	0,20	0,80	0,07	0,60	0,03	0,180	0,01
127	Faz. Velha	PT	04/11/92	7,0	322,4	138,4	164,5	2,70	ND	ND	1,50	0,04	7,0	0,15	67,50	1,88	8,80	0,73	4,50	0,20	0,59	0,03
134	Lontra	PT	20/08/93	7,6	63,6	24,0	24,4	0,40	ND	ND	1,99	0,06	2,6	0,05	4,30	0,22	0,80	0,07	6,50	0,28	3,35	0,09
138	Machados	NC	29/10/91	6,0	275,6	145,5	198,9	3,26	ND	ND	0,10	0,00	ND	ND	52,00	2,60	3,80	0,31	0,75	0,03	0,26	0,01
147	Faz. Boa Esperança	PT	08/09/93	7,7	176,8	96,2	98,8	1,62	ND	ND	ND	ND	ND	ND	21,00	1,25	2,65	0,22	0,62	0,03	0,36	0,01
151	FEBEM	PT	24/08/93	6,9	31,2	21,6	25,1	0,41	ND	ND	1,50	0,04	1,70	0,035	3,80	0,18	2,10	0,17	4,45	0,19	0,70	0,02
152	Exército - 4º GAAE	PT	31/10/91	8,0	187,2	72,6	121,8	2,00	ND	ND	0,80	0,02	0,50	0,01	20,00	1,00	5,50	0,45	11,40	0,50	0,64	0,02
161	EMBRAPA	PT	31/08/93	7,7	260,0	150,4	166,2	2,73	ND	ND	1,50	0,04	1,0	0,02	46,50	2,33	2,45	0,20	1,02	0,04	0,16	0,00
164	EMBRAPA	PT	31/08/93	7,4	374,4	207,4	228,4	3,75	ND	ND	1,50	0,04	2,3	0,05	61,00	3,05	7,40	0,61	1,44	0,06	0,27	0,01
165	Granja Juliana	PT	31/08/93	7,9	275,4	141,2	155,4	2,55	ND	ND	3,99	0,11	ND	ND	43,00	2,15	2,45	0,20	0,40	0,02	0,11	0,00

Obs.: nat=natureza do ponto

(PT=poço tubular; PE=poço escavado; NC=nascente)

CE=condutividade elétrica da água;

ND=não detectado

INVENTÁRIO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS PONTOS D'ÁGUA DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA				PARÂMETROS ANALISADOS																	
	Local	Nat	Data	pH	C.E.	Dureza	HCO ₃ ⁻		CO ₃ ²⁻		Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		Na ⁺		K ⁺	
					MS/cm	mg/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
174	Faz. Quebra Canzil	PT	21/10/91	6,3	73,50	22,1	42,2	0,69	ND	ND	0,87	0,03	ND	ND	6,70	0,34	1,30	0,11	5,60	0,24	1,20	0,03
177	Sítio Stª Rita	PT	23/08/93	7,7	132,5	49,8	77,7	1,28	ND	ND	2,49	0,07	1,20	0,03	10,00	0,50	3,60	0,30	8,80	0,38	1,10	0,03
182	Rodoviária	PT	27/07/91	8,7	150,0	16,6	85,9	1,41	ND	ND	21,92	0,62	0,40	0,01	5,00	0,25	1,00	0,08	29,00	1,26	2,20	0,06
183	SAAE - Henrique Nery	PT	04/11/92	6,9	347,9	169,4	185,3	3,04	ND	ND	1,90	0,05	3,60	0,08	57,00	2,85	3,60	0,30	0,75	0,03	0,33	0,01
185	Av. das Nações	PT	04/11/92	7,3	362,8	246,8	199,8	3,27	ND	ND	2,20	0,06	7,00	0,15	70,00	3,50	3,60	0,30	0,80	0,00	0,47	0,00
186	Curtume Chaves	PT	31/08/93	7,6	306,0	171,2	172,2	2,82	ND	ND	3,99	0,11	1,00	0,02	53,50	2,68	3,25	0,27	1,56	0,07	0,20	0,01
188	SAAE - C.D.I.	PT	04/11/92	7,2	393,6	176,2	211,4	3,47	ND	ND	6,09	0,17	3,60	0,08	60,00	3,00	4,00	0,33	7,10	0,31	1,52	0,04
189	SAAE - C.D.I.	PT	07/07/91	6,8	291,6	150,1	195,2	3,20	ND	ND	3,12	0,09	1,60	0,03	55,00	2,75	3,10	0,26	3,20	0,14	0,8	0,02
198	SAAE - Eldorado	PT	29/10/91	6,6	315,0	172,2	226,9	3,72	ND	ND	3,49	0,10	0,50	0,01	67,00	3,35	1,20	0,10	0,70	0,03	0,42	0,01
200	Sítio Bandeirante	PT	24/08/93	8,0	416,0	229,0	217,6	3,57	ND	ND	9,98	0,28	1,70	0,04	75,00	3,75	1,65	0,14	1,90	0,08	0,50	0,01
202	Vila Vicentina	PT	04/11/92	6,5	64,50	19,0	34,5	0,57	ND	ND	0,50	0,01	ND	ND	3,00	0,25	1,30	0,11	6,70	0,29	1,11	0,03
211	Jardim Arizona	PT	01/09/93	7,5	285,60	143,3	149,9	2,31	ND	ND	9,18	0,26	10,75	0,22	64,00	3,20	2,00	0,17	1,85	0,08	0,60	0,01
212	Lagoa Boa Vista	PT	05/11/92	ND	272,40	143,6	163,5	2,68	ND	ND	0,80	0,02	1,20	0,03	46,00	2,30	2,80	0,23	1,80	0,08	0,51	0,01
215	Lagoa Paulino	PT	25/06/82	8,1	ND	160,0	194,0	3,18	ND	ND	0,50	0,01	1,00	0,02	57,60	2,88	4,00	0,33	ND	ND	ND	ND
220	Parque Cascata	PT	13/04/87	6,9	ND	32,5	42,7	0,70	ND	ND	1,43	0,04	ND	ND	8,20	0,41	3,00	0,25	ND	ND	ND	ND
226	Horta	PT	01/04/86	7,7	ND	166,0	197,6	3,24	ND	ND	1,50	0,04	3,00	0,06	59,20	2,96	4,50	0,37	ND	ND	ND	ND
235	Faz. Melancias	PT	27/07/91	6,2	170,0	82,5	123,1	2,02	ND	ND	0,10	0,00	0,30	0,01	19,50	0,98	8,20	0,68	7,70	0,34	1,7	0,04
236	Bairro Progresso	PT	01/09/93	7,2	459,0	215,7	215,2	3,53	ND	ND	10,20	0,29	16,50	0,34	78,00	3,90	5,00	0,41	3,10	0,14	1,62	0,04
238	José Custódio	PT	27/07/91	6,5	391,4	175,3	212,0	3,48	ND	ND	8,42	0,24	0,40	0,01	66,00	3,30	2,51	0,21	12,00	0,52	0,8	0,02
243	FEVEF	PT	24/08/93	8,3	280,8	150,4	167,4	2,75	ND	ND	2,49	0,07	2,10	0,04	48,00	2,40	2,30	0,19	0,50	0,02	0,25	0,01
244	Henrique Nery	PT	27/07/91	7,0	331,7	150,7	197,5	3,24	ND	ND	1,04	0,03	1,60	0,03	55,00	2,75	3,25	0,27	0,80	0,04	0,30	0,01
245	Frigorífico Vapabuçu	PT	31/08/93	7,4	356,0	188,4	205,6	3,37	ND	ND	4,49	0,13	1,90	0,04	58,00	2,90	3,35	0,28	6,45	0,28	0,56	0,01
248	Lagoa José Félix	PT	05/11/92	7,1	216,3	107,0	122,4	2,00	ND	ND	0,40	0,01	1,10	0,02	30,50	1,53	3,30	0,27	1,70	0,07	0,57	0,02
254	Mucuri	PT	27/07/91	6,9	338,0	160,9	196,7	3,23	ND	ND	2,08	0,06	0,70	0,02	60,00	3,00	2,70	0,22	3,50	0,15	0,40	0,01
260	Posto Arizona	PT	29/10/91	8,1	364,0	210,4	226,9	3,74	ND	ND	1,70	0,05	2,50	0,05	79,00	3,95	3,20	0,26	0,85	0,03	0,32	0,01
265	Cedro Cachoeiro	PT	28/10/91	7,3	401,7	179,6	259,9	4,26	ND	ND	4,09	0,12	0,50	0,01	66,00	3,30	3,60	0,30	9,20	0,4	0,62	0,02
266	Cedro Cachoeiro	PT	28/10/91	7,0	469,2	232,9	276,9	4,54	ND	ND	14,86	0,42	0,50	0,01	87,00	4,35	3,80	0,31	13,60	0,59	0,49	0,01
278	Horto Florestal	PT	27/07/91	7,3	260,0	136,4	174,3	2,86	ND	ND	1,04	0,03	0,90	0,02	49,00	2,45	3,40	0,28	0,70	0,03	0,30	0,01
280	Lagoa Vapabuçu	PT	27/07/91	7,6	249,6	131,8	173,7	2,85	ND	ND	0,10	0,00	0,40	0,08	48,50	2,43	2,60	0,22	0,60	0,03	0,20	0,01
288	Silva Xavier	PT	02/09/93	7,2	93,60	46,00	55,0	0,90	ND	ND	7,98	0,23	3,20	0,07	11,00	0,55	2,50	0,21	6,45	0,28	0,36	0,01
294	Sítio Tamanduá	NC	22/10/91	5,8	132,8	63,18	81,0	1,33	ND	ND	2,07	0,06	0,50	0,01	22,50	1,13	1,70	0,14	1,65	0,07	0,78	0,02

Obs.: nat=natureza do ponto
 (PT=poço tubular; PE=poço escavado; NC=nascente)
 CE=condutividade elétrica da água;
 ND=não detectado

ANEXO V

MAPA I

POTENCIALIDADES AQUÍFERAS

Este fluxo ocorre de forma menos difusa que o primeiro, onde intercepta pequenos canais erodidos e dissolvidos pela ação da água, iniciando-se um processo de escoamento mais concentrado. Segundo Quinlan & Ewers (1986, *in* Mull *et al.* 1988) os tipos de fluxos da água subterrânea, num meio de rochas carbonáticas, evoluem de acordo com o grau de dissolução destas rochas, em difusos, mistos¹ e por condutos. Embora a maior parte dos aquíferos carbonáticos seja caracterizada por fluxos difusos e por condutos, geralmente só um tipo de fluxo predomina (Smart & Hobs 1986, *in* Mull *et al.* 1988). Desta maneira, o início do processo de carstificação em subsuperfície ocorre no contato da porção basal do aquífero Santa Helena, em que se interceptam lentes calcárias e ardósias calcíferas, marcando a mudança entre os padrões de fluxo difuso (laminar) e por condutos (turbulento).

Quanto às suas características gerais de escoamento, podem ser avaliados alguns fatores estruturais que determinam as principais zonas de fluxo subterrâneo e suas profundidades. De acordo com a Tabela IV.1, de 11 poços analisados, obteve-se uma média de 21,1 metros de profundidade para as entradas d'água, sendo a máxima de 52 metros e a mínima de 9,0 metros.

Observando-se os perfis estratigráficos dos poços e as seções geológicas, verifica-se que a profundidade média refere-se a entradas d'água oriundas de zonas alteradas (filtros nos poços e vazões baixas); a máxima corresponde, em geral, às porções de contato com lentes calcárias, com a presença de fendas (sem filtros e vazões médias), e a mínima combina com situações de vazões muito baixas, com fendas secas e filtros nos mantos de intemperismo. Na realidade o que determina as melhores condições de fluxo, são as referências das entradas d'água com um datum específico, podendo altimetricamente serem balizadas em termos de direção e quantidade de água. Uma análise expedita dos perfis com cotas altimétricas mostram uma tendência deste aquífero tornar-se mais espesso à medida que se avança em direção a NNE, pois o embasamento cristalino encontra-se em cotas mais baixas, ocorrendo o espessamento das camadas supracrustais do Bambuí.

1- fluxos intermediários entre o laminar e o turbulento

A elaboração do mapa piezométrico indica um regime de fluxo com velocidades homogêneas, verificado pela equidistância entre as isopiezas sendo que o gradiente hidráulico apresenta uma direção convergente dos caminhamentos do fluxo rumo a parte central da bacia (Figura IV.2), coincidente à calha do ribeirão Jequitibá. Contudo, este gradiente oscila em torno de 10 m/km na zona centro-norte do município, atingindo cerca de 2,5 m/km próximo às zonas de descarga em direção ao rio das Velhas, no extremo nordeste.

De acordo com o distanciamento das isopiezas, observa-se uma diferenciação entre os intervalos, indicando conforme Custódio & Llamas (1976), uma quebra na velocidade do fluxo subterrâneo, marcada pelo aumento destas distâncias, à medida que se caminha rumo à direção NNE. Esta variação é melhor observada a partir da cota piezométrica de 720 metros, em que se alargam os intervalos para jusante. Estas características sugerem uma zona de contato lateral entre os aquíferos Santa Helena e Sete Lagoas, devido a três fatores principais:

- a diminuição da velocidade de fluxo subterrâneo, acarretada pela mudança nas características de circulação do meio cárstico (fluxo por condutos em regime turbulento) para o meio pelito-carbonático (fluxo misto a difuso, em regime predominantemente laminar). Todavia, poderá ocorrer fluxo turbulento nas zonas carstificadas de lentes de calcário intercalado do aquífero Santa Helena;
- o decréscimo dos valores de condutividade elétrica da água, gradativamente rumo ao norte e;
- o contato litológico coincidente nesta faixa, entre as formações Serra de Santa Helena e Sete Lagoas, conforme mostra o mapa geológico.

IV.1.1.1.3 - Descarga

As principais formas de descarga d'água compreendem as contribuições aos aquíferos subjacentes, às nascentes perenes e às drenagens superficiais.

Os aquíferos cársticos posicionados abaixo concorrem com a maior parte do exutório proveniente das infiltrações superficiais, principalmente na área coincidente à zona de recarga, onde o tempo de trânsito é menor, devido às condições litológicas citadas anteriormente, tais como o grau de fraturamento, espessura do material de cobertura e carstificação das rochas subjacentes.

As nascentes ocorrem de forma dispersa, sendo caracterizadas, notadamente, como fontes de contato entre os materiais elúvio-coluvionares sobrepostos aos metassiltitos e metargilitos de permeabilidade mais baixa.

Localmente, os trechos de aluviões encaixados a alinhamentos de fraturas podem ser alimentados devido à conexão hidráulica, como reguladores do sistema hídrico superficial, sendo demonstrado pela disposição das isopiezas, através do regime influente do aquífero em relação aos cursos d'água.

As descargas induzidas, decorrentes da exploração por poços tubulares profundos, apresentam uma média de 8,8 m³/h/m, contabilizadas as medições de 16 poços, sendo que a vazão específica é geralmente inferior a 1 m³/h (60%), com média de 0,83 m³/h/m. As nascentes ou fontes naturais, quando ocorrem nos metapelitos, apresentam vazões livres não superiores a 2 m³/h. Esta cifras são irrisórias comparadas ao volume que infiltra e se transfere para os aquíferos profundos.

IV.1.1.2 - Aquífero Sete Lagoas

Constitui-se essencialmente por rochas carbonáticas representadas por calcários impuros, na porção basal, em contato com o embasamento cristalino, e por calcários puros na porção superior, sotopostos aos aquíferos pelito-carbonáticos - Santa Helena. Podem alcançar uma espessura de até 160 metros, verificada nos perfis construtivo-estratigráficos dos poços tubulares. São geralmente cobertos por espessas camadas de intemperismo, representadas por solos residuais de composição argilosa, comumente descritas nos perfis dos poços como “argilas plásticas amarelas” ou “toá de coloração ocre”. Atingem cerca de 40 metros de profundidade, embora sua espessura média esteja em torno de 25 metros. Localmente, ocorrem afloramentos da rocha calcária, evidenciando processos de carstificação superficial e desenvolvimento de cavernas de dimensões consideráveis, como é o caso das grutas Rei do Mato, Cascata I e II, Lapa do Boi, etc., todas com mais de 1,0 km de extensão. Este conjunto espeleocárstico desenvolve-se preferencialmente nas rochas calcárias mais puras (membro Lagoa Santa), onde a atuação dos processos de dissolução foram mais intensos.

Geograficamente, distribuem-se por toda a porção centro-meridional do município, predominando em uma faixa que se manifesta de leste a oeste. Sub-superficialmente, são bem caracterizados pelos perfis construtivo-estratigráficos dos poços tubulares, ocorrendo sob os litótipos metapelíticos que constituem o aquífero Santa Helena, ao longo de toda porção centro-norte da área. Nestas condições, podem ocorrer a partir de 60 metros de profundidade, sendo contínuos por mais de 100 metros. O mapa I - Potencialidades Aquíferas - apresenta o resumo dos perfis mais representativos da área, além de mostrar as seções geológicas em direções selecionadas.

Em determinados locais, próximos ao alto estrutural da serra de Santa Helena, o aquífero Sete Lagoas pode adelgaçar-se até cerca de 10 metros de espessura, e imediatamente após, cerca de 500 metros, espessar-se novamente a mais de 100 metros de profundidade. Estas situações decorrem dos processos de estruturação da bacia Bambuí, o que condiciona sobremaneira as zonas mais favoráveis à exploração da água subterrânea.

Considerando que os calcários são também rochas maciças, previamente à atuação dos processos de dissolução pela ação da água, foi necessário sua inclusão dentro de um contexto tectônico o qual fosse capaz de elucidar os principais mecanismos responsáveis por sua estruturação, como citado anteriormente, no item geologia estrutural. Ficou assim definido que a carstificação ocorre em zonas onde a fraqueza da rocha estava materializada por fraturamentos, sendo alargados por dissolução; ou por falhamentos, cujos processos intempéricos agiram ao longo dos planos, criando zonas favoráveis à circulação da água subterrânea.

Uma vez entendidos tais mecanismos, torna-se possível admitir que a dinâmica hídrica subterrânea é muito intensa, e estabelece-se a partir da circulação de grande volume d'água através do endocarste, o qual tem sua gênese ligada aos seguintes fatores (segundo Palmer 1991):

- recarga de fluxo difuso através de rochas sobrejacentes não solúveis, as quais contribuem com volumes consideráveis para as fraturas da rocha calcária subjacente;
- agressividade da água subterrânea incrementada pela mistura com águas provenientes de outras fontes, de composição química diferente (solo + ácido húmico = águas ácidas), aumentando a capacidade de dissolução do calcário.

IV.1.1.2.1 - Recarga

Os calcários do aquífero cárstico Sete Lagoas posicionam-se estratigraficamente abaixo do pacote metapelítico representado pelo aquífero Santa Helena, pelo menos nas porções do centro-norte da área, onde não estão aflorantes, mas são detectados pelos perfis dos poços tubulares. Com cerca de 130 km² de superfície mapeada, os calcários apresentam-se com mais de 96% desta área coberta por solos residuais e pouco transportados, com poucas exposições de afloramentos rochosos.

De acordo com Palmer (1984a), o fluxo de água que circula através de condutos subterrâneos ou cavernas, depende da quantidade de recarga disponível e/ou da capacidade de condutividade hidráulica de tais condutos. Neste sentido, é possível identificar duas condições que controlam o armazenamento destes aquíferos:

- nas zonas de recarga “stricto sensu”, correspondentes às áreas de exposições rochosas e à faixa compreendida pelo conjunto serrano Santa Helena - Tombador, o controle do fluxo subterrâneo depende diretamente da área de captura que alimenta as fissuras e fraturas;
- nas áreas de carste encoberto pelo próprio manto de alteração ou por rochas insolúveis sobrejacentes, há água suficiente para manter os condutos repletos de água, sendo que a água excedente flui segundo rotas alternativas, dando origem às surgências.

Ocorre, desta forma, uma transferência do aporte hídrico pluvial, de acordo com as condições supracitadas, que recarrega o aquífero cárstico, estando as camadas de cobertura em uma função voltada mais à filtragem dos volumes de água descendente, do que propriamente ao armazenamento.

IV.1.1.2.2 - Condições de Fluxo

De uma maneira geral ocorrem fluxos por condutos, em regime turbulento, nas zonas cuja carstificação é bem desenvolvida. A rede de drenagem subterrânea concorda seu traçado aos alinhamentos de estruturas tectônicas, como falhas e fraturas, embora as primeiras tenham sido inferidas como coincidentes as direções de cisalhamento. As fraturas tiveram suas direções, predominantemente, coincidentes aos alinhamentos da drenagem superficial (Capítulo III), ou mesmo interpretadas através de ocorrência de lagoas paleocársticas em sequência retilínea.

O levantamento estatístico das profundidades de entradas d'água dos poços tubulares, para um total de 162 medidas, acusam uma média de 46,2 metros, sendo a máxima de 103,0 metros e a mínima de 10,0 metros de profundidade. Entretanto, os níveis estáticos estão distribuídos homogeneamente em classes de 0 a 30 metros, perfazendo um total de 60% dos valores encontrados. A média é de 23,7 metros, para um total de 86 medidas excutadas no período de maio a agosto de 1991. Cabe salientar que, mesmo sendo medidos em condição de repouso, os níveis estáticos dos poços tubulares situados na área urbana podem ter sido aparentes, uma vez que a densidade de poços é muito elevada, com média de 2,7 poços/km², o que representa a metade dos poços tubulares do município (101), restritos à zona urbana de 38 km².

Desta forma, o cone de rebaixamento provocado por poços ativos circunvizinhos, possivelmente influencia o comportamento do aquífero cárstico intercorrectado hidraulicamente, e marca nesta área uma cota piezométrica mínima oscilando entre 790 e pouco menos de 710 metros, correspondente a níveis estáticos variando em torno de 20 a 40 metros de profundidade.

Estas informações, balizadas com as distribuições de entradas d'água dos poços tubulares, permitem configurar-se a seguinte situação do regime de fluxo na área:

- as entradas d'água de maior importância, quanto ao volume de água, encontram-se em profundidades inferiores a 700 metros de altitude, sendo distinguidos através do levantamento de 35 perfis com cotas altimétricas, dois níveis distintos de carstificação: o primeiro em cotas variando entre 700 e 680 metros, e o segundo em cotas variando entre 680 e 660 metros de altitude. Estes níveis correspondem às faixas com maior número de entradas d'água, respectivamente;
- as vazões específicas dos poços tubulares, em geral, tendem a ser mais elevadas em locais cujas profundidades ultrapassam a cota de 700 metros, o que demonstra uma elevada condutividade hidráulica da rede de condutos endocársticos, abaixo desta cota.

IV.1.1.2.3 - Descarga

Os aquíferos cársticos estão representados por cotas piezométricas que variam entre 800 e 720 metros, com um gradiente hidráulico mais acentuado próximo à zona serrana, tanto para leste como para oeste do município. Na direção oeste, atinge a cota de 720 metros, com um gradiente de 8,0 metros/km, e na direção leste chega a atingir 32,0 metros/km, próximo à serra de Santa Helena, porém a média é de 13,3 m/km.

Uma das principais formas de descarga desses aquíferos corresponde ao próprio volume explotado constantemente para o abastecimento da população, da ordem de 500 l/s. Contudo, esta taxa de bombeamento corresponde apenas a uma pequena parte do volume infiltrado, conforme verificado pelo balanço hídrico.

Como o embasamento cristalino não funciona como um receptor potencial das águas que podem fluir verticalmente, pode-se supor que grande parcela do volume infiltrado atinja zonas de circulação lenta e mais profunda, na forma de uma recarga efetiva e/ou escoie ao longo dos condutos endocársticos rumo ao rio das Velhas, nível de base regional.

IV.1.2 - Unidade Aquífera Cristalina - Aquíferos Cristalinos

Esta Unidade é representada por um conjunto de rochas granitóides indiferenciadas, conformando um sistema hidrogeológico particularizado.

Os aquíferos cristalinos são constituídos essencialmente por rochas gnáissico-migmatíticas, sendo caracterizados por condições de fluxo e armazenamento restritas às zonas de fissura destas rochas. Correspondem à porção basal indiferenciada, quanto a seus tipos litológicos, sendo às vezes mapeados de acordo com a coloração róseo-esbranquiçada do produto de intemperismo derivado dos saprólitos quartzo-feldspáticos.

Ocorrem, predominantemente, na porção extremo sul do município, perfazendo um total de 80 km² em superfície. Afloramentos de rochas maciças são escassos e a cobertura alterada varia sua espessura entre 0 e 50 metros, com média entre 20 e 30 metros. As exposições rochosas coincidem com altos estruturais, situados preferencialmente nas adjacências do interflúvio que divide as bacias dos ribeirões Jequitibá e São João. Apresentam-se em cotas altimétricas mais elevadas na direção sul, conforme verificado nos perfis dos poços e nas seções geológicas (mapa I).

A característica mais marcante deste assoalho cristalino é a sua grande variação topográfica, podendo alternar-se em desníveis superiores a 100 metros, em menos de 200 metros de extensão.

Na porção sul ocorrem em dois domínios, separados por uma faixa de baixo estrutural ocupada por sedimentos pelito-carbonáticos e calcários, sugerindo uma zona de falha do complexo cristalino, com direção NW-SE.

IV.1.2.1.1 - Recarga

Devido ao caráter polimetamórfico do embasamento, muitos eventos tectônicos deixaram registros superpostos nestas rochas, materializados através de uma trama intrincada de fraturamentos, conforme visualizado na análise dos diagramas de fraturas. Tendo sido citado anteriormente, os dois domínios existentes conformam padrões de direções distintas de alinhamentos; o situado a oeste, acumula comprimentos de extensão variável e direção NW, e o localizado a leste é pouco expressivo, apresentando menos traços de fratura, com densidade menor e direção preferencial para NE.

A porção sul do interflúvio que delimita a bacia do ribeirão Jequitibá atravessa esta zona de fraturas e aparentemente (não se dispõe de dados suficientes para uma conclusão mais precisa), o conjunto de fraturas do domínio leste, situado dentro desta bacia, define uma zona de recarga distinta do domínio oposto. Desta forma, os cursos d'água instalados nestes alinhamentos contribuem para a realimentação das reservas de água subterrânea neste domínio, cuja direção provável deve ser no sentido NE, conjuntamente aos da bacia Jequitibá, e os do domínio oeste, consequentemente, contribuem para a bacia dos ribeirões São João e Tapera, cujo gradiente hidráulico tem caimento para WNW.

As considerações estruturais e dinâmicas levantadas para esta unidade aquífera, levam a crer que o regime de alimentação do manancial hídrico subterrâneo é totalmente dependente da interconexão entre as camadas de material inconsolidado, que capeiam as rochas fraturadas sotopostas. Exibindo granulação com frações mais grosseiras do que as encontradas nos mantos de alteração das rochas pelito-carbonáticas e calcários, o capeamento quartzo-feldspático funciona como uma “esponja” armazenando água numa espessa zona saturada livre, a qual mantém abastecidas as fraturas em profundidade. A análise dos perfis construtivos dos poços indica situações variadas quanto ao fornecimento e produtividade de água.

Em geral, o que se verifica é uma contribuição significativa das águas de chuva, direta e/ou indiretamente, alimentando os aquíferos via percolação intergranular, com recarga contínua nos vales encaixados pelo controle estrutural da drenagem.

III.1.2.1.2 - Condições de Fluxo

O fluxo da água subterrânea nestes aquíferos está intimamente relacionado às estruturas abertas das rochas cristalinas, tais como fraturas, fissuras e zonas de falhas, principalmente as falhas antigas que foram reativadas por processos tectônicos posteriores.

De uma maneira geral, pode-se caracterizar duas formas de fluxo: uma mais rasa, interconectada hidraulicamente ao manto de intemperismo, e outra profunda, com características químicas da água diferentes, em regime de confinamento exercido pelo isolamento de fraturas em maiores profundidades.

As observações dos poços, quanto às entradas d'água, revelaram determinadas características de fluxo subterrâneo, quando comparados aos volumes explotados:

- os poços com vazões mais elevadas normalmente correspondem à profundidade média de entradas d'água, em torno de 41 metros, ou ainda, aos poços com filtros nas profundidades entre 15 e 30 metros, locados preferencialmente às margens dos ribeirões locais;
- os poços com vazões baixas, inferiores a 3,0 m³/h, relacionam-se às locações em terrenos de topografia mais elevada, com filtros ou não, e cujas entradas d'água correspondem a fendas mais profundas, variando entre 50 e 80 metros.

Considerando tais observações, pode-se verificar que nos terrenos cristalinos os fluxos potencialmente aproveitáveis, correspondem às zonas em que a possibilidade de ocorrência de fendas abertas seja maior, o que na área tem se demonstrado para profundidades de até 88 metros, ressaltadas as cotas topográficas.

IV.1.2.1.3 - Descarga

Grande parcela da água pluvial, que se infiltra nos terrenos granulares que cobrem o embasamento é transmitida para zonas mais profundas do aquífero, e outra parte transfere-se para os cursos d'água através de um regime de influência do aquífero sobre o leito d'água. Desta forma, é mantida uma relação de permuta, em que o aquífero inicialmente cede para os cursos d'água, e por sua vez cede para o aquífero profundo.

Outra parcela que é descarregada pelos aquíferos corresponde à liberação de camadas freáticas, retidas por lentes de material menos permeável da zona alterada, conformando faixas de lençóis suspensos, como fontes intermitentes e também fontes de contato, como descrito anteriormente.

IV.1.3 - Unidade de Coberturas Inconsolidadas - Aquíferos Granulares

Estão representados em toda extensão superficial, através dos materiais inconsolidados provenientes ou da alteração das rochas "in situ", ou por rampas de colúvio de materiais pouco transportados, e ainda, pelos aluviões restritos às zonas das calhas dos cursos d'água.

São essencialmente aquíferos freáticos, descontínuos, caracterizados no campo por uma série de poços escavados (cisternas) e nascentes diversas.

Em profundidade, sofrem oscilações de acordo com a atuação do grau de intemperismo de determinada camada rochosa. À exceção dos aluviões, são geralmente espessos e sua composição varia de acordo com o protólito que o originou. Muitos dos poços tubulares perfurados em zonas de contatos litológicos, obtiveram resultados anômalos quanto a inúmeros parâmetros, tanto qualitativos como quantitativos. Esses poços, cuja tipologia aquífera mostra-se indefinida, correspondem nos perfis analisados às zonas que se confundem em relação ao material inconsolidado, quanto à origem do material intemperizado.

Apesar de alguns casos referirem-se a poços com elevadas vazões, não foi possível associá-los a zonas de aluviões heterogêneas, pois os vales fechados em que se localizam não demonstram capacidade suficiente para grande transporte de sedimentos, em vista das elevadas espessuras observadas.

Os poços escavados (PE's) cadastrados em número de 56, obtiveram uma média de 12,5 metros de profundidade com a máxima em 40,0 metros e a mínima em 3,0 metros. A vazão extraída desses poços com diâmetros em torno de 1500 mm, podem alcançar descargas superiores a 1000 l/h.

Os aquíferos freáticos, em geral, têm suas águas reconstituídas pelas descargas pluviais, ou localmente, podem ser realimentados por águas fluviais conectadas hidraulicamente a estes aquíferos. As condições de escoamento subterrâneo são regidas essencialmente por fluxo laminar, em que predominam movimentos descendentes da água pelos espaços intergranulares da rocha alterada e do solo. As nascentes cadastradas nestas zonas aquíferas mostram-se mais frequentes nas áreas de contato com solos ou rochas menos permeáveis. Das 36 nascentes cadastradas, 25 encontram-se nestas condições, as quais apresentam vazões extremamente variadas, dependendo de diversos fatores, como topografia, tipo de material inconsolidado, etc.. Estes materiais de cobertura, por funcionarem como verdadeiros filtros, condicionam a qualidade da água em subsuperfície, sendo de vital importância no contexto hidrogeológico local.

IV.2 - Características Hidráulicas e Dimensionais

Na avaliação dos resultados obtidos na Tabela IV.1, quanto às características fundamentais dos aquíferos, verifica-se uma espessura saturada média que pode oscilar em torno de 80, 50 e 40 metros, para os aquíferos Sete Lagoas, Cristalino e Santa Helena, respectivamente.

Estes limites de saturação observados implicam num regime de confinamento generalizado dos aquíferos Sete Lagoas e Santa Helena, dadas as condições de fluxo profundo no endocarste e nas lentes carbonáticas intercaladas nos metapelitos, cobertos por espessa camada de material inconsolidado, de baixa permeabilidade. O aquífero Cristalino apresenta-se conectado hidraulicamente ao manto de alteração sobrejacente por uma malha de porosidade secundária, podendo em alguns locais, mostrar-se em regime de semi-confinamento devido à presença de lentes de composição mais argilosa.

Os limites de saturação dos aquíferos estão marcados pelas profundidades máximas de entradas d'água nos poços tubulares, em relação aos níveis estáticos. Contudo, para os valores apresentados acima, estão excluídos os dados referentes às entradas d'água de filtros posicionados no material granular de cobertura, para ambos os aquíferos, Cristalino e Santa Helena.

O mapa piezométrico obtido revela uma configuração geral de fluxos subterrâneos direcionados concordantemente ao caimento topográfico e convergentes à porção central da bacia do ribeirão Jequitibá, embora a disposição das isopiezas, localmente, possa apresentar alguma imprecisão devido à falta de dados para interpolação, o que não invalida a tendência geral do escoamento. Este sistema aquífero é separado pela serra de Santa Helena, que serve de divisor das águas que drenam para oeste, no sentido de alimentação da bacia do córrego São João.

Dentro deste contexto, conforme visualizado nas seções geológicas do mapa I - Potencialidades Aquíferas- as espessuras saturadas sofrem oscilações de acordo com as mudanças altimétricas do assoalho cristalino, enfatizando as zonas com maior ou menor probabilidade de acumulação de água subterrânea, dentro dos pacotes de rocha calcária.

De acordo com o que foi exposto até o momento, nota-se claramente a maior relevância dos aquíferos cársticos (Sete Lagoas), tanto pela quantidade de informações disponíveis, quanto por seu comprometimento com a população a ser abastecida. Isto reflete a importância de se determinar seus atributos dinâmicos e hidráulicos, bem como de se quantificar suas reservas, não obstante a caracterização dos outros aquíferos, seja também importante no contexto hidrológico global, principalmente em termos comparativos.

Os principais recursos utilizados para obtenção das características hidráulicas dos aquíferos compreendem os ensaios de bombeamento dos poços tubulares e/ou recuperação residual dos níveis d'água.

De acordo com a disponibilidade de dados a respeito da execução destes ensaios, apenas seis fichas foram catalogadas, cujos valores estão apresentados na Tabela IV.2. Os dados pertinentes ao aquífero Santa Helena foram obtidos de Lima (1980), e representam condições hidrogeológicas equivalentes, em áreas congêneres - Funilândia e Paraopeba. A interpretação dos 8 (oito) ensaios foi feita para determinação dos parâmetros hidráulicos transmissividade (T) e permeabilidade (K), este último, empiricamente, através da fórmula $T=Kb$, onde b = espessura saturada do aquífero.

TABELA IV.2 - Dados do Rebaixamento Residual dos Ensaio de Recuperação

Tempo t'(min.)	Aquífero Cristalino		Aquífero Santa Helena		Aquífero Sete Lagoas			
	Poço 177 NE = 4,0 m ND = 23,8 m Q = 16,34 m ³ /h	Poço 56 NE = 0,0 m ND = 39,4 m Q = 7,06 m ³ /h	Funilândia NE = 20,3 m ND = 45,8 m Q = 14,08 m ³ /h	Paraopeba NE = 10,7 m ND = 45,8 m Q = 14,98 m ³ /h	Poço 182 NE = 13,8 m ND = 16,2 m Q = 60,94 m ³ /h	Poço 185 NE = 32,9 m ND = 36,9 m Q = 24,98 m ³ /h	Poço 188 NE = 0,86 m ND = 1,72 m Q = 80,0 m ³ /h	Poço 214 NE = 37,9 m ND = 41,0 m Q = 59,98 m ³ /h
	$\Delta S'$ (m)	$\Delta S'$ (m)	$\Delta S'$ (m)	$\Delta S'$ (m)	$\Delta S'$ (m)	$\Delta S'$ (m)	$\Delta S'$ (m)	$\Delta S'$ (m)
1	0,87	10,30	2,16	6,27	0,40	-	0,27	0,0
1,5	3,22	12,25	2,94	7,29	0,80	-	0,32	0,09
2	0,07	15,40	3,46	8,07	1,30	3,00	0,34	0,50
3	7,93	20,20	4,06	9,06	2,20	3,08	0,38	0,99
4	8,54	22,35	4,44	9,78	2,25	3,27	0,42	1,05
5	9,02	23,56	4,73	10,47	2,30	3,72	0,43	1,18
6	9,39	27,55	4,97	10,00	2,32	3,90	0,43	2,00
8	9,94	31,13	5,45	11,36	2,35	3,92	0,44	2,22
10	10,41	32,90	5,85	12,08	2,36	4,00	0,47	2,59
12	10,81	34,62	6,18	12,39	2,38	-	0,48	2,66
14	11,09	35,12	6,48	12,83	2,40	-	0,52	2,79
16	11,40	35,58	6,75	13,22	-	-	0,53	2,87
18	11,69	35,83	7,00	13,62	-	-	0,53	2,96
20	11,90	36,07	7,24	14,13	-	-	0,55	2,99
25	12,54	36,74	7,80	14,70	-	-	0,62	3,02
30	12,88	37,59	8,41	15,65	-	-	0,64	3,02
40	13,59	38,20	9,25	16,71	-	-	0,67	3,04
60	14,60	-	10,42	18,89	-	-	0,72	-
90	15,43	-	11,64	20,72	-	-	-	-
120	16,20	-	12,93	21,62	-	-	-	-
150	-	-	14,00	22,74	-	-	-	-
180	-	-	14,44	-	-	-	-	-
210	-	-	14,93	-	-	-	-	-
240	-	-	15,36	-	-	-	-	-
270	-	-	15,81	-	-	-	-	-
300	-	-	15,93	-	-	-	-	-
Data	/ 90	06/10/89	28/06/79	30/12/77	29/06/86	03/05/86	17/11/81	05/03/85
Firma Executora	Sondaco	Hidropoços	Albrizzi Minas	-	Hidrorizonte	Hidrorizonte	Hidrorizonte	Hidropoços

OBS.: Ne = Nível Estático ND = Nível Dinâmico Q = Vazão Média ΔS = Rebaixamento Residual

Utilizou-se o método simplificado de Jacob (1952, *in* Kruseman & Rider 1970), com base nos dados pertinentes à recuperação natural dos aquíferos, uma vez que a taxa de recarga é constante e igual ao valor da vazão principal (Q) durante o bombeamento. Isto significa que as variações do rebaixamento resultante das diferenças acentuadas na taxa de descarga não ocorrem durante a recuperação do aquífero.

Embora os pré-requisitos necessários à interpretação e aplicação do método de Jacob, como homogeneidade e isotropia dos aquíferos sejam relevantes, este foi utilizado para os aquíferos cársticos e fraturados, pelo fato dos resultados obtidos para transmissividade (T) serem representativos de cada unidade aquífera, quando comparados entre si. As Figuras IV.3 a IV.5 apresentam os gráficos de interpretação das curvas de recuperação e a Tabela IV.3 os resultados dos parâmetros hidráulicos.

TABELA IV.3 - Resultados dos Parâmetros Hidráulicos

Aquífero	Nº do Poço	T		K	
		m ² /dia	m ² /h	m/dia	cm/seg.
Cristalino	177	38,40	1,60	0,768	$8,89 \times 10^{-4}$
	56	1,40	0,058	0,028	$3,20 \times 10^{-5}$
Santa Helena	Funilândia	10,30	0,43	0,257	$2,97 \times 10^{-4}$
	Paraopeba	8,73	0,36	0,218	$2,52 \times 10^{-4}$
Sete Lagoas	182	1.029,00	42,87	12,86	$1,48 \times 10^{-2}$
	185	127,60	5,31	1,60	$1,85 \times 10^{-3}$
	214	136,50	5,69	1,70	$1,96 \times 10^{-3}$
	188	1.405,00	58,54	17,56	$2,03 \times 10^{-3}$

De acordo com o previsto, os resultados encontrados indicam diferenças consideráveis entre os aquíferos fraturados (Cristalino e Santa Helena) e os cársticos (Sete Lagoas). Os primeiros podem ser enquadrados em uma mesma ordem de grandeza, já o segundo apresenta valores cuja ordem de grandeza difere dos demais, refletindo uma condutividade hidráulica muito elevada.

Comparativamente a estes valores, podem se ressaltar os valores obtidos de 60 medidas de vazões específicas (Tabela IV.1), onde os aquíferos fraturados mostram uma média de 0,6 m³/h/m para 18 medidas, e os aquíferos cársticos apresentam uma média elevada de 37,6 m³/h/m, para 42 medidas.

FIGURA IV.3 - CURVAS DE RECUPERAÇÃO-AQUÍFERO CRISTALINO

FIGURA IV.4 - CURVAS DE RECUPERAÇÃO-AQUÍFERO SETE LAGOAS

FIGURA IV.5 - CURVAS DE RECUPERAÇÃO-AQUÍFERO SANTA HELENA

Considerando-se os fatores dimensionais dos aquíferos torna-se extremamente importante a contabilização das reservas hídricas subterrâneas. O cálculo das reservas permanentes e reguladoras dos aquíferos cársticos representam papel de fundamental importância para gestão dos recursos hídricos subterrâneos, de forma a conduzir racionalmente o controle da extração da água, suas formas de uso e proteção.

Segundo os resultados encontrados a partir do balanço hídrico, pode-se estimar que as reservas reguladoras estejam representadas pelo escoamento subterrâneo (217,3 mm), tendo sido calculado conforme a separação dos componentes (superficial e subterrâneo), através do hidrograma de vazões, e que corresponde ao volume anual renovável equivalente à parcela 2 da Tabela II.6, ou seja, $1,03 \times 10^8 \text{ m}^3$. As perdas correspondentes à parcela 3 podem estar associadas aos próprios erros embutidos nos métodos de avaliação, ou mesmo indicar uma fuga das águas subterrâneas, para as bacias cársticas vizinhas, uma vez que as quantidades de entradas e saídas d'água devem se equiparar. O valor corresponde à área total da bacia, deve ser dimensionado para abrangência das rochas aquíferas cársticas, com superfície média de 420 km^2 , se consideradas as zonas encobertas pelas rochas metapelíticas dentro do município. Desta forma, representa um aumento de cerca de 13%, sendo portanto $1,17 \times 10^8 \text{ m}^3$. Este volume corresponde aproximadamente a 7 vezes o volume explotado anualmente destes aquíferos, que é de $1,64 \times 10^7 \text{ m}^3$.

As reservas permanentes teriam seu volume estimado a partir dos volumes encontrados para a porção saturada do referido aquífero, que corresponde a:

V_{sat} = Volume saturado;

A = área de ocorrência;

E_{sat} = espessura saturada.

onde, $V_{\text{sat}} = A \times E_{\text{sat}}$

assim, tem-se : $V_{\text{sat}} = 420 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 80 \text{ m}$

$$V_{\text{sat}} = 33,6 \times 10^9 \text{ m}^3$$

Para o cálculo da reserva permanente propriamente dita, temos que basear os valores do coeficiente de armazenamento (S) em regiões congêneres, uma vez que não se dispõe desse parâmetro. Segundo Lima (1980), foi realizado teste de bombeamento para determinação de S, em rochas calcárias do Grupo Bambuí, em Minas Gerais, encontrando-se um valor médio de $5,5 \times 10^{-3}$ o qual será adotado neste estudo, embora com reservas. Segundo Waldemir B. da Cruz (com. verbal), este valor coincide com o encontrado em estudos hidrogeológicos na região cárstica de Irecê, na Bahia.

Assim, tem-se : $V_p = V_{sat} \times S$

onde : V_p = Reserva Permanente

V_{sat} = Volume Saturado

S = Coeficiente de armazenamento

$$V_p = V_{sat} \times S$$

logo, $V_p = 33,6 \times 10^9 \times 5,5 \times 10^{-3}$

$$V_p = 1,85 \times 10^8 \text{ m}^3$$

Analisando-se os valores encontrados no balanço e os resultados obtidos nos cálculos das reservas, compreende-se que somente uma parcela dos volumes infiltrados seja passível de esgotamento para as calhas dos cursos d'água, talvez pelo fato do posicionamento de parte significativa das camadas aquíferas estar abaixo do nível de base local (ribeirão Jequitibá). Assim, apenas os volumes explorados pelas captações dos poços podem ser computados para regularização das descargas, em contribuição aos volumes do escoamento subterrâneo para perenização do regime hídrico superficial.

Nestes termos, as reservas reguladoras sendo conhecidas possibilitam o dimensionamento da capacidade de exploração dos aquíferos, uma vez que a extração de água dos depósitos subterrâneos, em quantidades superiores às existentes nestas reservas, evidenciaria uma super-exploração, acarretando a quebra do equilíbrio hidráulico do sistema (Souza 1995).

De acordo com Rebouças *et al.* (1994), 25% do volume estimado para as reservas reguladoras representaria a disponibilidade explorável dos aquíferos, que no referido caso corresponde a $2,92 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}$, sendo este volume superior cerca de $1,28 \times 10^7 \text{ m}^3$ ao explorado atualmente ($1,64 \times 10^7 \text{ m}^3$). Isto significa uma demanda atual, que corresponde à 50% do volume de disponibilidade explorável e que consome apenas 14% das reservas reguladoras.

IV.3 - Condicionamento Hidroquímico

A caracterização hidroquímica foi executada a partir de 63 análises em poços tubulares e nascentes selecionadas, distribuídos da seguinte forma: 44 análises para os aquíferos cársticos, sendo 40 poços e 4 surgências; 12 análises para os aquíferos pelito-carbonáticos, sendo 11 poços e 1 nascente, e 7 análises para o aquífero cristalino, em poços tubulares. O anexo IV apresenta os teores de cada elemento analisado e a identificação das amostras, conforme o cadastramento dos pontos d'água. A classificação geral das águas subterrâneas é apresentada na Figura IV.6, segundo o diagrama trilinear de Piper, sendo a composição química das águas predominantemente bicarbonata cálcica, em que as relações iônicas mostram-se da seguinte forma:

No entanto, em alguns poços verificou-se a presença de águas bicarbonatadas mistas, associadas a zonas de contato litológico entre formações pelito-carbonáticas e cristalinas ou ainda a poços situados próximos à zona de recarga. A distribuição dos elementos analisados conforme mostra a Tabela IV.4 indica os resultados globais encontrados para todos os aquíferos, elucidando os teores máximos, médios e mínimos dos íons maiores. Segundo os resultados obtidos para o parâmetro dureza (CaCO_3), cabe ressaltar as águas duras encontradas para os aquíferos cársticos, com teores médios da ordem de 190,00 mg/l. Os aquíferos fraturados apresentaram média de 58,00 mg/l, representando as águas brandas (Custódio & Llamas 1976) destes ambientes.

TABELA IV.4 - Resultados Globais dos Elementos Químicos Analisados

ELEMENTOS (mg/l)	MÁXIMO	MÉDIO	MÍNIMO
Cálcio	87,00	47,5	3,00
Magnésio	38,00	4,40	0,8
Sódio	29,00	4,35	0,24
Potássio	3,35	0,71	0,11
Bicarbonato	454,9	175,90	16,7
Cloreto	21,92	3,59	0,10
Sulfato	30,40	3,43	0,40
Dureza	276,90	144,80	18,60

LEGENDA

- AQUÍFERO SANTA HELENA
- AQUÍFERO SETE LAGOAS
- * AQUÍFERO CRISTALINO

O objetivo principal das análises físico-químicas é o de permitir, através da comparação dos teores encontrados nos elementos maiores (cátions e ânions), um diagnóstico da composição química das águas subterrâneas em cada ambiente aquífero, e consequentemente da qualidade dessas águas.

Como se tem observado através dos resultados obtidos nas análises, há uma discrepância de determinados parâmetros, devido à uma interação diferenciada entre a água e a rocha aquífera. De maneira a se estabelecer grupos químicos de água e suas respectivas influências aquíferas, separou-se os elementos analisados de acordo com a localização do poço amostrado. A Tabela IV.5 apresenta os resultados.

TABELA IV.5 - Características Composicionais das Águas Subterrâneas

AQUÍFERO	LIMITES	PARÂMETRO (mg/l)						
		Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄
CRISTALINO	MÁXIMO	43,00	8,20	22,90	2,14	209,20	4,47	30,4
	MÉDIO	15,3	4,30	10,15	1,40	103,99	1,80	8,70
	MÍNIMO	3,00	1,30	5,60	1,10	34,50	0,10	0,30
SETE LAGOAS	MÁXIMO	87,00	38,00	29,00	2,20	454,90	21,92	16,50
	MÉDIO	65,90	4,71	3,32	0,57	206,78	4,02	2,89
	MÍNIMO	5,00	1,00	0,24	0,11	85,90	0,10	0,40
SANTA HELENA	MÁXIMO	69,50	8,80	16,00	3,35	164,50	6,96	9,40
	MÉDIO	24,40	3,46	5,28	0,67	95,37	2,75	2,99
	MÍNIMO	4,00	0,80	0,62	0,18	16,70	0,80	0,50

Durante a campanha realizada para o cadastramento dos pontos d'água no campo, mediu-se os valores de pH e condutividade elétrica, dos quais são levantadas algumas considerações estatísticas a respeito das dispersões desses parâmetros, conforme o tipo de aquífero avaliado (Tabela IV.6).

Para os aquíferos cársticos obteve-se, em 103 poços tubulares, uma média de 333,2 μ mhos/cm de condutividade elétrica, a mais elevada no conjunto, o que combina com a maior presença de sais dissolvidos, como bicarbonato e cálcio, cujos teores são os mais elevados se comparados a outros elementos. Com relação ao pH, observa-se uma variação muito grande dos valores encontrados nestes aquíferos, porém há uma tendência dentre os 101 poços medidos, para valores entre 6,5 e 7,5, seguindo-se os valores entre 7,0 e 7,5, indicando características de basicidade.

TABELA IV.6 - Teores dos Parâmetros Medidos "in loco"

AQUÍFERO	PARÂMETRO (mg/l)		
	LIMITES	pH	C.E. (μ mhos/cm)
CRISTALINO	MÁXIMO	8,5	297,00
	MÉDIO	(16) 6,8	(16) 135,70
	MÍNIMO	5,1	60,00
SETE LAGOAS	MÁXIMO	8,4	600,00
	MÉDIO	(101) 7,1	(103) 332,20
	MÍNIMO	5,5	153,00
SANTA HELENA	MÁXIMO	8,0	100,00
	MÉDIO	(18) 6,9	(19) 124,70
	MÍNIMO	5,7	55,00

() n° de medidas

O aquífero Santa Helena apresenta, para 19 poços medidos, uma média de 124,70 μ mhos/cm com máximo em 400,00 μ mhos/cm e mínimo de 55,00 μ mhos/cm, representando uma menor quantidade de sais dissolvidos. O pH médio de 6,9 não distoa muito dos valores encontrados nos outros aquíferos, o que indica ser o pH bastante heterogêneo para todas as análises, não mantendo nenhuma relação de proporcionalidade com outras variáveis levantadas.

O aquífero Cristalino, para 16 medições realizadas, acusou uma média de pH de 6,8 e condutividade elétrica média de 135,70 μ mhos/cm.

A interação água-rocha analisada a partir desses elementos fica demonstrada no mapa de isolinhas de teores físico-químicos, o qual individualiza domínios hidroquímicos distintos entre os aquíferos (Figura IV.7). A partir dos dados químicos levantados nas análises pode-se caracterizar as águas subterrâneas da área em três grupos distintos, condicionados da seguinte forma:

- Grupo I: esta faixa apresenta composição química dominada pelos teores mais elevados entre os elementos analisados, caracterizada por uma distribuição percentual média dos íons presentes, superior aos demais grupamentos, Tabela IV.7. Está conformada essencialmente sobre as rochas carstificadas do aquífero Sete Lagoas, onde o predomínio dos íons bicarbonato e cálcio são respectivamente 4 e 3 vezes maiores que nos aquíferos Cristalino e Santa Helena.

TABELA IV.7 - Distribuição Iônica Média Percentual - Aquífero Cárstico

ÍONS	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	TOTAL
TEORES MÉDIOS (mg/l)	65,9	4,71	3,32	0,57	206,78	4,02	2,89	288,19
%	22,9	1,6	1,1	0,2	71,8	1,4	1,0	100

LEGENDA

- LIMITES DE DOMÍNIOS HIDROQUÍMICOS
- 400— ISOLINHAS DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA (μmhos/cm)

ÍNDICES HIDROGEOQUÍMICOS (meq/l)

GRUPO QUÍMICO	AQUÍFEROS	$\frac{r \text{ Mg}}{r \text{ Ca}}$	$\frac{r \text{ SO}_4}{r \text{ Cl}}$	$\text{itb} = \frac{r \text{ Cl} - r (\text{Na} + \text{K})}{r \text{ Cl}}$
I	SETE LAGOAS	0,11	1,85	- 0,48
II	CRISTALINO	0,47	3,62	- 8,94
III	SANTA HELENA	0,23	0,81	- 2,36

Das 44 amostras analisadas, 60% apresentam teores maiores que a média para os íons bicarbonato e 32% são maiores que a média para os íons cálcio. Considerando que algumas anomalias decorrentes de poços com captação em zonas de calcários impuros foram contabilizadas, há de se convir que estes valores estão subestimados.

- Grupo II: insere-se no domínio do Aquífero Cristalino, cuja composição química dominante é caracterizada por valores médios dos elementos analisados (Tabela IV.8), sendo sua distribuição iônica percentual bastante distinta dos demais grupos, com contribuição efetiva dos íons sódio e sulfato, cerca de 3 vezes maiores que nos outros aquíferos.

TABELA IV.8 - Distribuição Iônica Média Percentual - Aquífero Cristalino

ÍONS	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	TOTAL
TEORES MÉDIOS (mg/l)	15,03	4,30	10,15	1,40	103,99	1,80	8,70	145,37
%	10,3	3,0	7,0	1,0	71,5	1,2	6,0	100

Em contrapartida, mostra-se com teor de cálcio mais baixo, constituindo apenas 14% do total de cálcio analisado para todos os aquíferos.

- Grupo III: encerra os teores com valores baixos, pertencentes ao domínio das rochas pelito-carbonáticas do aquífero Santa Helena. Caracteriza-se por uma composição iônica bastante incipiente (Tabela IV.9), onde as frações de bicarbonato e cálcio respondem por aproximadamente 89% de seu espectro composicional.

TABELA IV.9 - Distribuição Iônica Média Percentual - Aquífero Santa Helena

ÍONS	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	TOTAL
TEORES MÉDIOS (mg/l)	24,40	3,46	5,28	0,67	95,37	2,75	2,99	134,72
%	18,1	2,6	3,9	0,5	70,7	2,0	2,2	100

Desta forma, a caracterização da composição química das águas subterrâneas, presentes nestes diferentes ambientes, é confirmada através das relações iônicas determinadas com base nos grupos I, II, III, os quais são perfeitamente correlacionáveis aos dados obtidos no campo, quanto à condutividade elétrica e que indicam as condições de mineralização destas águas.

Cabe salientar que para os grupos II e III não foi possível a delineação das isolinhas de mesma condutividade elétrica, devido a ausência de dados para interpolação.

Quanto à caracterização do índice de saturação das águas, dada em termos de incrustabilidade ou agressividade, foi baseada no método do gnomograma de “Hoover - Langelier” para determinação do pH de equilíbrio, o qual é obtido graficamente. O parâmetro temperatura ($^{\circ}\text{C}$) utilizado foi o obtido nas medições de campo, com média de 21°C para mais de 90% dos dados. A alcalinidade foi obtida através da fórmula $(\text{HCO}_3^-) = 2 \text{ TAC}$ (alcalinidade total), sendo utilizados os valores médios das Tabelas IV.5 e IV.6, para o aquífero Sete Lagoas.

O índice de saturação média encontrado revela características de águas corrosivas, contrariando o esperado, sendo o pH de equilíbrio igual a 7,61. Como citado por Fraga (1994), as águas do aquífero “KARST” paranaense também caracterizam-se por sua maior agressividade, reflexos da elevada condutividade hidráulica, permitindo uma contínua e rápida renovação dos fluxos.

IV.3.1 - Qualidade das Águas Subterrâneas

Os aquíferos cársticos são os principais responsáveis pelo abastecimento público municipal, e de acordo com as análises físico-químicas realizadas, apresentam águas de boa qualidade, não indicando quaisquer restrições quanto à sua potabilidade. O SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto, através de boletins informativos a respeito de campanhas de amostragem recentes, informa que cerca de 30% dos poços que atendem a população, manifestam, sazonalmente, problemas de contaminação bacteriológica da água, que é somente clorada antes de ser distribuída, e que as causas são atribuídas a problemas de selagem de poços mais antigos.

Outra característica que deve ser ressaltada é o teor de dureza das águas, acarretando um sabor desagradável e gerando problemas de incrustação de carbonato de cálcio nas tubulações de menor diâmetro. Isto se deve principalmente às diferenças na temperatura da água, tendo um acréscimo considerável no seu percurso, dos poços até a rede de distribuição.

Quanto aos seus usos principais, podem ser considerados os limites de potabilidade mostrados na Tabela IV.10, o que em comparação aos teores gerais obtidos nas análises físico-químicas (Tabelas IV.4 a IV.6 e anexo IV) apresenta-se em conformidade com os padrões máximos exigidos. Apenas o parâmetro dureza pode ultrapassar, em alguns casos, o recomendado e extrapolar o máximo tolerável.

Quanto às possibilidades do uso das águas subterrâneas para irrigação, procedeu-se à utilização do método de avaliação SAR - "Sodium Absorption Ratio", segundo o "U.S. Salinity Laboratory", estabelecendo-se a proporção de sódio em $\mu\text{eq/l}$, conforme a razão abaixo:

$$\text{SAR} = \frac{r \text{Na}^+}{\sqrt{(r \text{Ca}^{2+} + r \text{Mg}^{2+})/2}}$$

Para a referida avaliação recorreu-se diretamente aos valores máximos, médios e mínimos encontrados dentre os elementos analisados, para a caracterização mais abrangente dos teores presentes nas águas do aquífero Sete Lagoas (Tabela IV.5 e IV.6). Os resultados obtidos foram:

- 1 - p/ valores máximos, SAR = 0,65 e C.E. = 600 $\mu\text{mhos/cm}$;
- 2 - p/ valores médios, SAR = 0,161 e C.E. = 332,2 $\mu\text{mhos/cm}$;
- 3 - p/ valores mínimos, SAR = 0,025 e C.E. = 153,0 $\mu\text{mhos/cm}$.

De acordo com as determinações acima, enquadram-se os dois primeiros resultados nas categorias C_2S_1 , e o terceiro, C_1S_1 :

- C_1 : águas com baixa salinidade, podendo ser utilizadas para irrigar a maior parte das culturas e solos, apresentando baixo risco de salinização;
- C_2 : águas com média salinidade, podendo ser utilizadas em solos moderadamente permeáveis;
- S_1 : águas com baixo teor de sódio, sendo utilizáveis em qualquer tipo de solo.

Verificando-se o enquadramento de todas as análises do anexo IV, 71,9% compreendem a categoria C_2S_1 , e 27,1% à C_1S_1 .

TABELA IV. 10 - LIMITES DE POTABILIDADE

PARÂMETROS	UNIDADE	I	II	III	IV	
					L.R	L.T
Detergentes	mg/l LAS	0.2	0.5	0.2		
Amônia	mg/l NH ₃	-	0.02	0.01	-	-
Arsênio	mg/l As	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1
Bário	mg/l Ba	1	1	1	-	-
Boro	mg/l B	-	0.75	-	-	-
Cádmio	mg/l Cd	0.005	0.001	0.005	-	-
Chumbo	mg/l Pb	0.05	0.03	0.05	-	0.01
Cianetos	mg/l CN	0.1	0.01	0.1	-	-
Cloretos	mg/l Cl	250	250	250	-	250
Cobre	mg/l Cu	1	0.02	1	-	3
Coliformes Totais	NMP/100 ml	0(1)	0	10(2)	-	-
Cor	UH	5	-	5	10	30
Cromo Hexavalente	mg/l Cr	-	0.05	-	-	0.05
Dureza Total	mg/l CaCO ₃	500	-	-	100	200
Fenóis	mg/l C ₆ H ₅ OH	0.001	0.001	0.001	-	0.01
Ferro Total	mg/l Fe	0.3	0.03	0.3	-	0.3
Fluoretos	mg/l F	-	1.4	1.5	1	1.5
Fosfato Total	mg/l P	-	0.025	-	-	-
Manganês	mg/l Mn	0.1	0.1	0.1	-	0.1
Mercurio	mg/l Hg	0.001	0.0002	0.001	-	-
Nitratos	mg/l NO ₃	10	10	10	-	-
Óleos e Graxas	mg/l	-	-	1	-	-
pH		6.5-8.5	6.0-9.0	7.0-8.5	-	6.0
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/l	1000	500	500	-	-
Sulfatos	mg/l SO ₄	400	250	400	-	250
Zinco	mg/l Zn	5	0.18	5	-	15

I = MINISTÉRIO DA SAÚDE - Portaria nº 36 (19/01/90)

II = CONAMA - Resolução nº 20 (18/06/86)

III = O.M.S - "International Standards For Drinking Water" (1984)

IV = ABNT - PB-19 - (1959)

Colimetria - Concentração máxima aceitável:

(1) - 95% das amostras devem apresentar ausência de coliformes totais em 100 ml, nas 5% restantes serão tolerados até 10 coliformes totais em 100 ml, desde que não ocorra em 2 (duas) análises consecutivas;

(2) - Em águas sem tratamento, o NMP será menor que 10 em 90% das amostras examinadas em 1 ano. Nenhuma superará o índice de 20. Não se permite um NMP maior que 15 em 2 (duas) análises consecutivas.

NMP = Número máximo permissível

L.R = Limite recomendável

L.T = Limite tolerável

V - POTENCIALIDADES AQUÍFERAS

A dinâmica aquífera dos ambientes cársticos constitui-se num fenômeno extremamente distinto dos demais domínios aquíferos caracterizados na área de estudo e por seus atributos hidrodinâmicos, representa a única fonte potencialmente capaz de suprir uma demanda elevada e contínua por um longo período de tempo.

As elevadas vazões específicas determinadas para estes aquíferos, além das altas taxas de recarga mantidas por um regime pluviométrico bastante homogêneo, têm assegurado condições de explotabilidade suficientes para abastecer a população. Os registros dos poços com vazões elevadas superam em grande maioria aqueles com insucesso na obtenção de água. Geralmente, o que se observa são baterias de poços aglomerados em locais cujas locações recentes estão próximas aos poços antigos, com vazões reconhecidamente elevadas.

Nestas circunstâncias, à medida que a demanda vem aumentando com o decorrer do tempo, trocam-se os equipamentos de bombeamento e perfuram-se poços vizinhos, mantendo-se as mesmas áreas de captação. Não há problemas instantâneos quanto a esta prática no processo de exploração da água subterrânea, uma vez que os poços bem construídos podem atingir longa durabilidade. Porém, o que se questiona é a interferência dos cones de depressão dessas baterias que se concentram numa área relativamente pequena: são mais de 65 poços tubulares profundos bombeando ininterruptamente, em apenas 38 km², totalizando quase 2 poços/km² de média, mas que podem atingir até 10 poços/km².

A distribuição irregular das áreas de captação não se torna um problema grave, à medida que se dispõe de alternativas plausíveis, considerando-se a área disponível de terrenos calcários carstificados para leste do município, principalmente. Isto implica num pensamento imediatista, culminando na tomada de decisões por parte dos órgãos municipais competentes, no sentido de se desincentivar a verticalização da ocupação urbana, deslocando-se esta expansão para áreas a que o autor julga condizentes para tal fim, se avaliadas sob o ponto de vista de suas potencialidades aquíferas. A partir destas prerrogativas, entendeu-se que seria de fundamental importância um diagnóstico das áreas favoráveis à exploração dos aquíferos, permitindo a visualização de domínios hidrogeológicos homogêneos, quanto às suas características intrínsecas, indicativas de sua capacidade de fluxo e de armazenamento.

Utilizou-se para o estabelecimento destes domínios os critérios morfoestruturais de Soares & Fiori (1976), inicialmente, como forma de identificar as zonas mais permeáveis e de convergência de fluxos, através da análise das texturas de relevo e drenagem. Estas informações foram superpostas aos mapas de fraturamento e de distribuição das vazões específicas, conformando, juntamente com os perfis e seções estratigráficas, os limites de cada domínio.

O mapa I - Potencialidades Aquíferas gerado a partir destas associações visa a identificação dos domínios do menor ao maior potencial à exploração da água subterrânea, sendo definidos os principais atributos hidrogeológicos de cada domínio e suas perspectivas em relação às condições de exploração e aos resultados esperados.

De acordo com o exposto anteriormente, foram estabelecidos cinco domínios hidrogeológicos, caracterizados quanto às suas condições de exploração, qualitativa e quantitativamente, conforme a descrição dos atributos hidrogeológicos e a análise sucinta da relação custo/benefício das obras de captação.

Como será descrito a seguir, fica nítida a proporcionalidade direta entre o meio geológico e o potencial aquífero, representando os ambientes cársticos as melhores condições de exploração.

DOMÍNIO I: potencialidade muito alta

Este domínio é representado por zonas de calcários puros, membro Lagoa Santa, com elevada capacidade de armazenamento dada pelo alto índice de carstificação, marcado por inúmeros poços com mais de 5 entradas d'água a profundidades não superiores a 80 metros. São zonas de topografia plana, baixa densidade de drenagem e relevo pouco pronunciado, predominando encostas suaves e declividade muito baixa. Os aspectos hidrogeológicos conjugados conferem uma relação custo/benefício muito baixa, com perfurações que podem ser caracterizadas da seguinte forma:

1. poços com profundidade máxima de 80 metros;
2. revestimento de qualquer diâmetro, a depender do volume requerido, com profundidade não superior a 15 metros;
3. dispensável a presença de filtros;
4. vazão esperada acima de 50 m³/h para poços com diâmetros superiores a 10 polegadas;
5. água subterrânea caracterizada por condutividade elétrica média de 300 µmhos/cm e teores de bicarbonato e de cálcio no máximo de 450 e 87 mg/l, respectivamente.

DOMÍNIO II: potencialidade alta

Encerra as características das rochas calcárias mais impuras relacionadas ao membro Pedro Leopoldo, com constantes intercalações argilosas. Apresenta capacidade de armazenamento moderada a alta, combinada a um índice de carstificação média a alta, marcado por poços com até 4 entradas d'água, provenientes de fendas de dissolução da rocha carbonática. Ocorrem geralmente, em zonas de topografia suave, relevo pouco ondulado, associado a uma textura de drenagem com densidade baixa a média e declividade baixa.

Alguns fatores podem ser estabelecidos para caracterizar sua relação custo/benefício.

1. profundidade máxima não superior a 100 metros;
2. revestimento recomendável entre 8 e 10 polegadas para vazões entre 40 e 100 m³/h;
3. presença de filtros não é recomendada para cerca de 60% das perfurações e revestimentos de no máximo 35 metros;
4. características químicas da água semelhantes ao domínio I, embora apresente-se em concentrações diminuídas dos seus íons constituintes entre 20 e 40%.

DOMÍNIO III: potencialidade moderada

Este domínio é caracterizado por zonas aquíferas de porosidades primárias e secundárias, marcadas por metapelitos e suas zonas de alteração, e por intercalações de ardósias calcíferas fraturadas, respectivamente. Há uma elevada capacidade de armazenamento nas zonas porosas, contudo não são efetivamente produtoras, devido à sua baixa condutividade hidráulica. Além destes fatores, concorrem como potencialmente favoráveis as zonas de lentes calcárias intercaladas aos pacotes de ardósias, as quais, quando detectadas, podem suprir grandes volumes de água, devido à sua maior permeabilidade associada aos fraturamentos alargados por dissolução.

Contudo, estes terrenos estão localizados em zonas topográficas predominantemente onduladas, com declividades moderadas e em catas topográficas mais baixas, dominando a porção norte da área. A textura de relevo é marcada por quebras positivas pouco pronunciadas, com tendência da densidade de drenagem média e elevada.

Neste domínio, conforme as implicações dos materiais de cobertura em termos de espessura, podem ser avaliados conforme uma relação custo/benefício exposta da seguinte maneira:

1. profundidade média pode variar de acordo com cota topográfica: nos terrenos mais elevados, geralmente a meia encosta, observa-se a necessidade de se aprofundar muito a perfuração para se obter melhores resultados de vazões, sendo conseguidas vazões entre 3 e 10 m³/h para poços com mais de 12 metros; poços perfurados próximos às zonas de talvegues ou superfícies rebaixadas do relevo, conferem vazões acima de 10 m³/h, para profundidades inferiores a 100 metros, entre 80 e 100 metros, geralmente;
2. revestimento poderá alcançar até 30 metros de profundidade, podendo chegar a 50 metros, mais raramente;
3. presença de filtros em quase todas as entradas d'água, salvo as zonas fraturadas e/ou de condutos de dissolução das lentes calcárias;
4. revestimento de 6 polegadas para todos os casos e vazões;
5. qualidade físico-química da água caracterizada por baixas concentrações dos íons maiores, ocorrendo geralmente, valores de condutividade elétrica média em torno de 125,00 µmhos/cm, e teores de Ca e HCO₃ no máximo de 70,00 mg/l;
6. equipamento de bombeamento recomendável, é o sistema "air-lift", dependendo do perfil construtivo-estratigráfico, principalmente para os poços com presença de muitos filtros. No caso de poços sem filtros, mais raros, pode-se adotar a bomba submersa.

DOMÍNIO IV: potencialidade baixa

É constituído por zonas aquíferas ligadas ao embasamento cristalino predominantemente, e com menor ocorrência em faixas coincidentes aos altos estruturais detectados nas seções geológicas, onde os metapelitos podem sobrepor diretamente as rochas cristalinas, ou mesmo com lâminas delgadas de calcário intercalado entre ambos.

Superficialmente, é marcado por zonas com elevada densidade de drenagem e relevo acidentado, cuja capacidade de armazenamento está restrita ao meio poroso intergranular que, sobre as rochas do embasamento cristalino, apresentam permeabilidade média a baixa podendo contribuir com uma parcela considerável dos fluxos freáticos, nas zonas argilo-arenosas. O meio fraturado contribui de maneira eficaz nas zonas em que os alinhamentos de drenagem coincidem às fraturas, elevando o potencial aquífero, mesmo que localmente.

Desta forma podem ser atribuídos os seguintes fatores, responsáveis pela relação custo/benefício:

1. profundidade dos poços tubulares não deverá exceder os 90 metros, quando situados em cotas inferiores a 800 metros (N.M); nos casos de cotas mais elevadas deverá alcançar no máximo 150 metros;

2. revestimento desses poços não ultrapassará 40 metros, para mais de 60% dos casos;
3. poderão ser utilizados filtros para captação do freático, quando devidamente analisadas as condições granulométricas, e de qualidade das águas superficiais de entorno, para filtros posicionados abaixo de 20 metros;
4. vazões esperadas para 50% dos casos, entre 3 e 10 m³/h e, esporadicamente, em circunstâncias especiais de topografia e relevo, superará os 10 m³/h;
5. revestimentos deverão ser de 6 polegadas;
6. qualidade físico-química esperada caracteriza-se por uma baixa concentração de íons, com condutividade elétrica média em torno de 140 µmhos/cm, e teores de Ca e HCO₃, respectivamente, de 45 e 210 mg/l, no máximo. Os teores de Na e SO₄ poderão ocorrer mais elevados, quando comparados aos outros domínios, numa faixa média de 10 mg/l.
7. poderão ser utilizados tanto a bomba submersa, como sistema “air-lift”, citado anteriormente para o domínio III.

DOMÍNIO V: potencialidade muito baixa a desprezível

Este domínio encerra todas as características negativas em relação à locação de poços tubulares, segundo os seguintes argumentos:

1. ocorre quase integralmente nas zonas de recarga;
2. caracteriza-se morfologicamente como típica zona de alimentação dos aquíferos, marcada pelo alto estrutural que representa;
3. recarrega duas bacias distintas (ribeirões Jequitibá e São João);

OBS: deve ser delimitada criteriosamente, em nível de superfície, com indicações de placas e instruções quanto à importância dos cuidados a serem tomados, como medidas preventivas para sua proteção, formas de uso e conservação.

VI - VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS

O termo “vulnerabilidade da água subterrânea à contaminação” foi introduzido nos fins da década de 60 pelo hidrogeólogo francês J. Margat, para descrever os níveis de vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação, em função das características hidrogeológicas mapeadas a partir das variações entre seus atributos, mostrando áreas distintas de proteção natural dos aquíferos.

O conceito de vulnerabilidade natural dos aquíferos, segundo Vrba & Zaporozec (1994), depende das propriedades intrínsecas do sistema hidrogeológico, susceptíveis aos impactos naturais e/ou causados pelas atividades antrópicas.

A abordagem aqui apresentada visa o aproveitamento dos dados levantados ao longo do desenvolvimento do projeto VIDA, sendo a escala de execução do mapa de Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos condizente apenas à sua utilização como documento-guia para planejamento e gestão dos recursos hídricos subterrâneos, além de servir como ferramenta para o zoneamento do uso e ocupação do solo, e às estratégias para proteção e controle da qualidade das águas subterrâneas. Entretanto, deverá ser considerada como uma das muitas ferramentas existentes para o gerenciamento ambiental, não sendo substituta de outros mapas.

O papel das águas subterrâneas como fonte de reservas estratégicas e vitais para o abastecimento dos meios urbano, industrial e rural, tem requerido cada vez mais a atenção das entidades governamentais, a respeito das necessidades urgentes de se criarem métodos e/ou medidas de caráter preventivo, para seu uso racional, em vista dos processos avançados de concentração demográfica e expansão urbana. O incremento acelerado e a variedade de compostos químicos lançados de maneiras diversas no meio ambiente projetam uma situação de descontrole da qualidade das águas subterrâneas, caso tais medidas não venham a ser tomadas no presente (Foster *et al.* 1988).

Considerando ainda a dificuldade existente para descontaminação de aquíferos e também, os elevados custos envolvidos no processo de recuperação dos mesmos, torna-se patente a necessidade de se propor, mesmo que em nível de reconhecimento e através de dados disponíveis, uma avaliação global dos diferentes níveis de vulnerabilidade natural dos aquíferos, caracterizando-se tais níveis e seus limites à implantação de determinados tipos de empreendimentos, de acordo com sua suscetibilidade à dispersão de contaminantes diversos.

De acordo com as características locais da área de estudo, recorreu-se à aplicação da metodologia de elaboração de mapas de vulnerabilidade natural (intrínseca) dos aquíferos, segundo Vrba & Zaporozec (1994), os quais utilizam os atributos do próprio meio físico, como propriedades do solo, zonas de recarga e as características principais da zona saturada e não-saturada.

A utilização da metodologia supracitada visa a preparação do mapa de vulnerabilidade, através das formas e padrões internacionais de legenda citados em Vrba & Zaporosec (1994). Os principais atributos mostrados no mapa II, condizem com os seguintes fatores:

1. litologia e espessura da zona não saturada;
2. litologia da zona saturada;
3. natureza do solo -representada pelo material de alteração derivado da composição e mistura de matéria orgânica e partículas minerais, que cobrem grande extensão superficial da área, e apresentam geralmente, maior capacidade de atenuação de contaminação do que a zona saturada subjacente.

A representação cartográfica foi baseada em informações primárias e secundárias, no sentido de se caracterizar o espectro de atributos básicos relativos à vulnerabilidade natural dos aquíferos. Desta forma as áreas cujos atributos não indiquem graus de vulnerabilidade elevada, encontram-se naturalmente protegidas.

As informações primárias relacionam-se às camadas de material sobrejacente às rochas compactas, avaliadas de forma a permitir sua caracterização quanto à permeabilidade da zona não-saturada em pontos distintos da área, conformando classes diferenciadas de vulnerabilidade, de acordo com a espessura e o tipo de material analisado do solo e/ou manto intempérico, sendo cada classe representada por uma cor diferente no mapa de vulnerabilidade.

As informações secundárias referem-se ao potencial de propagação de contaminantes dentro do aquífero, sendo baseadas nas características intrínsecas da zona saturada. Estes indicadores estão representados através de ornamentos específicos, independentemente das cores referentes às informações primárias.

O mapa II - Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos - visa a representação da suscetibilidade de determinadas áreas à contaminação da água subterrânea, de acordo com a conveniência da escala de trabalho, não sendo adequado para avaliações pormenorizadas, em que pesem investigações em locais específicos sobre a disposição de determinada carga contaminante.

O reconhecimento dos dados levantados e seus respectivos agrupamentos entre os elementos de informações primárias e secundárias, possibilitam a identificação de áreas com predominância dos graus baixo e médio de vulnerabilidade dos aquíferos, que de forma associada aos fatores externos (extrínsecos), representados por atividades potencialmente contaminantes, podem indicar áreas de risco de contaminação dos mesmos. De acordo com Foster *et al.* (1988) a interação entre vulnerabilidade natural e carga contaminante aplicada no solo ou em sub-superfície caracteriza o grau de risco existente.

Contudo, como pode ser visto no referido mapa, não estão delimitadas as zonas com riscos de contaminação dos aquíferos de forma diferenciada, devido à grande heterogenidade de elementos potencialmente contaminantes, não sendo consideradas as características isoladas, quanto à forma de introdução, propagação e persistência nos terrenos, de determinado tipo de elemento ou compostos contaminantes.

Como a atividade contaminante pode ser monitorada ou até mesmo eliminada em determinado local, as áreas de risco à contaminação dos aquíferos estão condicionadas no tempo e no espaço pela ação de uma carga contaminante específica, atrelada ao grau de vulnerabilidade natural de um certo domínio aquífero. Portanto, apresentam-se no mapa II apenas as atividades atualmente desenvolvidas que podem ser fontes potenciais de contaminação.

Não obstante, os graus de risco estejam implícitos no mapa, o bom senso dos usuário permitirá a melhor interpretação da legenda e reconhecimento das áreas mais ou menos vulneráveis dos aquíferos, e também a comparação dos graus de risco através da presença das fontes potencialmente contaminantes. Desta forma a representação cartográfica destas diferentes áreas traz informações de uso geral para os órgãos gestores municipais, conforme comparação entre as diversas classes mapeadas, servindo como um documento auxiliar nas decisões para implantação de quaisquer atividades.

As fontes potencialmente contaminantes encontram-se dispersas por todo o município, sendo identificadas três tipos principais, conforme a forma de disposição no solo, rios ou em sub-superfície. A mais importante fonte de disposição de elementos contaminantes provém dos esgotos domésticos lançados "in natura" na calha do córrego Matadouro, tributário do ribeirão Jequitibá em sua margem esquerda, drenando a área urbana municipal. Corresponde ao principal foco de poluição hídrica superficial, com o aporte de cerca de 500 l/s de descarga poluente.

A circulação deste esgoto a céu aberto agrava-se à medida que os cursos d'água avançam sobre zonas sujeitas a inundação, colocando em situação de risco extremo de contaminação os aquíferos livres que alimentam poços escavados, ou mesmo contribuindo para percolação profunda em zonas cuja espessura do material sedimentar seja pequena ou próxima de fraturas mais rasas.

Contribuindo de forma bem menos efetiva e em circunstâncias distintas, agrupam-se os elementos contaminantes provenientes de atividades agrícolas através do lançamento de defensivos (fitossanitários) e/ou fertilizantes ou adubos (Pessoa 1992). Contudo, este tipo de atividade manifesta-se, predominantemente, na forma de aplicações pontuais, podendo ser qualificada de mal aproveitada, sendo o elemento contaminante quase sempre aquilo que é desperdiçado ou seja, o excedente utilizado. Essas atividades não trazem riscos consideráveis, uma vez que há poucas áreas com uso regular destes recursos, além das zonas de ocorrência serem protegidas por espessa camada natural de manto intempérico.

As atividades industriais podem contribuir consideravelmente para o aumento do risco de contaminação dos aquíferos. Primeiramente, porque são atividades geradoras de resíduos sólidos e/ou líquidos geralmente dispostos de forma inadequada, próximo aos cursos d'água, ou mesmo diretamente nos leitos, através dos efluentes líquidos. Em segundo lugar, a maior concentração de indústrias siderúrgicas situa-se na zona de recarga dos aquíferos, podendo os elementos contaminantes serem carregados através de fluxos verticais por condutos de fraturas alargadas por dissolução, nas zonas de rochas calcárias aflorantes.

Em virtude, quase que exclusivamente, dos atributos geológicos presentes na área, principalmente a espessura e permeabilidade do manto intempérico, evidencia-se a boa qualidade das águas subterrâneas exploradas atualmente, embora haja indícios de contaminação fecal em alguns poços que servem ao sistema de abastecimento público. Estas constatações permitem atribuir-se aos aquíferos um baixo grau de vulnerabilidade natural, diante das possíveis combinações de risco de contaminação existentes.

CONCLUSÕES

Sete Lagoas pode ser considerada uma cidade privilegiada em termos de recursos hídricos subterrâneos, pois seu condicionamento hidrogeológico favorece a exploração de excelentes mananciais para o abastecimento de água potável. Os aquíferos cársticos possibilitam, de acordo com os cálculos de reservas reguladoras e permanentes, estimadas respectivamente em $1,17 \times 10^8$ e $1,85 \times 10^8 \text{ m}^3$, uma exploração contínua que extrapola a escala de observação de nossas gerações. Deve-se ressaltar ainda, que a maior parte do volume, cerca de 90%, corresponde ao abastecimento público, sendo o restante relativo aos usos industrial e rural.

Em relação aos métodos utilizados para a determinação das reservas, deve-se salientar que sua credibilidade está associada a parâmetros empíricos, oriundos de medidas médias mensais, as quais representam um conjunto de valores obtidos de forma a permitir uma melhor aproximação dos resultados, merecendo certa ponderação quanto às suas interpretações.

A quantificação das reservas hídricas subterrâneas através da execução do balanço hídrico permitiu a separação dos componentes hidrológicos em questão, sendo verificada uma taxa de infiltração de 19,8% em relação ao total precipitado na área, sendo 15,3% relativos ao escoamento subterrâneo. Como as retiradas provenientes das captações subterrâneas correspondem a 2,4% do excedente, presume-se que o restante (2,1%) podem fluir para zonas mais profundas do aquífero cárstico; para a bacia vizinha situada a leste do município, o que contraria as interpolações obtidas através do mapa piezométrico. Assim, torna-se necessária uma investigação mais detalhada a respeito das zonas limítrofes da porção leste da bacia do ribeirão Jequitibá, quando surgirem mais informações dos níveis d'água de poços perfurados nestas zonas. Outro fator que deverá ser considerado, refere-se à avaliação da profundidade dos poços perfurados, uma vez que o mapa piezométrico elaborado, valeu-se dos níveis estáticos de poços parcialmente penetrantes no aquífero cárstico. Para uma interpretação mais precisa a respeito dos fluxos subterrâneos, a existência de poços totalmente penetrantes permitiriam a identificação das potencialidades de circulação profunda do endocarste (mais de 100 m). Na realidade, o que se observa na porção central de Sete Lagoas, é uma depressão piezométrica causada pela extração contínua da água subterrânea, oscilando em torno da cota de 710 m, que deve ser causada pela concentração dos poços nestes locais. Propõe-se medidas de dispersão de novas locações na área urbana, visando principalmente, a redução do rebaixamento do lençol subterrâneo, e também, a diminuição de oscilações piezométricas, que possam proporcionar os colapsos de terrenos sobrejacentes aos calcários.

Com base na elaboração dos mapas de vulnerabilidade natural dos aquíferos e de potencialidades aquíferas, estão compreendidos os principais documentos que poderão auxiliar no planejamento da ocupação e uso do solo, contribuindo para o melhor aproveitamento dos recursos hídricos subterrâneos. Através do reconhecimento das áreas favoráveis a exploração destes recursos e das áreas susceptíveis à contaminação, criam-se meios de otimizar o processo de expansão urbana, a partir da distribuição ordenada dos diversos tipos de atividades antrópicas.

Os processos que geram o conforto e o bem-estar social estão intimamente ligados ao equacionamento das questões relativas às necessidades básicas da população, cujo contexto reflete a importância de se convergir os estudos para o entendimento dos fatores que condicionam a qualidade da água e suas formas de armazenamento.

A respeito dos domínios de potencialidades aquíferas levantados, estabeleceu-se através dos atributos hidrogeológicos e das características construtivas dos poços tubulares, uma relação custo/benefício teórica, pertinente apenas à diferenciação global dos domínios, quanto ao tipo da obra e vazões esperadas. Estes dados foram coletados através dos perfis construtivo-estratigráficos de 102 poços tubulares, permitindo uma avaliação dos gastos envolvidos na obra, como filtros, revestimentos, diâmetro de perfuração e profundidade final, em relação às vazões obtidas, capacidade específica dos poços e rebaixamento dos níveis d'água, combinando-se estas relações às condições hidrogeológicas locais.

A finalidade deste mapa de potencialidades aquíferas é de viabilizar o reconhecimento mais amplo das condições de exploração da água subterrânea no município, como forma de orientar o planejamento urbano, não obstante os resultados finais da execução das obras de captação por poços tubulares, em quaisquer domínios mapeados, não dispensem averiguações locais, a partir dos detalhamentos de investigação de campo e fotointerpretações adicionais.

Os propósitos da elaboração do mapa de vulnerabilidade natural dos aquíferos, consistem da necessidade de se alertar quanto à importância dos recursos hídricos subterrâneos, no que tange às suas formas de exploração e principalmente, os processos atuais de ocupação dos terrenos, que geram uma enorme gama de atividades potencialmente contaminantes. Estes aspectos implicam na qualidade das águas subterrâneas oriundas dos aquíferos cársticos, os quais são o único meio de abastecimento da população.

Assim, o padrão de sua qualidade poderá ser mantido, caso sejam conhecidas as condições dos terrenos e seu substrato rochoso, através das zonas de maior ou menor susceptibilidade à propagação de elementos contaminantes.

O referido mapa busca, em conjunto com o mapa de potencialidades aquíferas, uma forma de elucidar os principais fatores que devem ser considerados quanto à implantação de quaisquer empreendimentos, mostrando-se apenas as áreas onde prevalecem determinada vocação ou restrição a sua ocupação; cabendo as decisões finais serem tomadas pelos órgãos de planejamento competentes.

Com a utilização destes documentos de forma adequada, acredita-se que se estará contribuindo para a preservação da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, e para a conscientização do poder público e privado, quanto à importância de se investir em medidas preventivas, de controle e de proteção de todo o sistema aquífero.

Em relação às características hidrogeológicas mais importantes detectadas na área, podem ser salientados alguns aspectos relevantes:

- considerando-se as formas de aproveitamento dos aquíferos cársticos, poderão ser levantados todos os pontos de ressurgências ou nascentes em que houver qualidade e volume satisfatórios para consumo. Para tanto, as fontes potencialmente favoráveis, conforme inventário anexo, deverão ser monitoradas ao longo de um período hidrológico representativo, diante das modificações sazonais intervenientes;

- a zona de recarga comporta atualmente, em seu trecho não mapeável (1/50000) coincidente às margens da rodovia BR-040, um acúmulo de indústrias e demais atividades potencialmente contaminantes, que se considerados seus atributos intrínsecos, deverá ser criteriosamente sinalizada, para se inicializar o processo de informação e conscientização do poder público e privado, como forma de se precaver contra acidentes, ou mesmo proteger esta área de recarga dos aquíferos.

Os abatimentos de solo em Sete Lagoas são citados por moradores antigos da região, há mais de 50 anos. É certo que naquela época muitos poucos poços existiam (o primeiro poço tubular foi perfurado em 1942), sendo tais fenômenos essencialmente de origem natural. Contudo, a intensificação no processo exploratório dos aquíferos cársticos pode ter contribuído para a maior incidência destes abatimentos, nos dias atuais. Silva (1988), com base em furos de sondagem para investigação profunda do pacote carbonático e através de um modelo teórico sobre o abatimento na área urbana de Sete Lagoas, afirmou não haver relação entre tal abatimento de solo e o funcionamento dos poços tubulares.

No entanto, o que se observa, é uma tendência dos fenômenos ocorrerem sempre próximo à área urbana, onde estão concentrados inúmeros poços profundos. A investigação mais detalhada, através do monitoramento hidrodinâmico de poços selecionados, conhecendo-se suas correlações estratigráficas, e demais aspectos construtivos, como posicionamento de filtros e entradas d'água, em um longo período de observação, poderão facilitar a compreensão de tais mecanismos.

A operação do sistema de abastecimento de água da cidade é relativamente simples, uma vez que toda a produção é realizada a partir da exploração de água de boa qualidade, dispensando-se tratamento convencional; apenas a cloração é feita, estando dentro dos limites de potabilidade. No entanto, apesar da quantidade de água subterrânea disponível, os problemas no atendimento às demandas de consumo ocorrem principalmente devido à má distribuição destes recursos, quase sempre concentrados em baterias de poços muito próximos entre si, sem o devido estudo de interferência entre os mesmos, e também, à efêmera reservação e perdas na rede.

Diante desse quadro e da impossibilidade de paralisação do sistema em operação 24 h/dia, recomenda-se algumas medidas de controle e vigilância dos poços tubulares, para o aproveitamento racional dos aquíferos:

- planejamento adequado do processo de expansão do sistema de abastecimento, com novas locações permitidas somente em áreas que extrapolam a zona urbana, para evitar o colapso do sistema e o aprofundamento das cotas piezométricas;
- utilização de indicadores dinâmicos dos níveis d'água nos poços, para avaliação técnica de desempenho em períodos distintos e para o estabelecimento da vazão ótima de exploração;
- manutenção preventiva dos poços tubulares a partir de paralisações escalonadas de baterias, por um período mínimo de 24 horas, em intervalos mensais;
- cimentação dos poços desativados;
- acompanhamento das construções de poços tubulares por empregados do setor operacional, para correta interpretação dos dados pertinentes às obras de captação subterrânea;
- execução das construções dos poços devem ficar a cargo de firmas conceituadas no mercado, com capacitação técnica reconhecida, pois da qualidade dos serviços de perfuração e instalação, e dos materiais e equipamentos utilizados, depende a vida útil dos poços tubulares.

As recomendações importantes a respeito da utilização dos aquíferos recai na necessidade de se alertar quanto ao processo de verticalização no centro urbano, o que aumentará significativamente a densidade populacional, e como consequência, um acréscimo substancial na demanda do consumo urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKIMIM, F.F.; BRITO NEVES, B.B.; CASTRO ALVES, J.A. 1993. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco - uma revisão. In: DOMINGUEZ, J.M.L. & MISI, A. (eds), 'O Cráton do São Francisco. SALVADOR, SBG-SGM-CNPq, p.45-62.
- ALMEIDA, F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7: 349-364.
- ANDRADE, J.B.M. DE; & CASCAES, O.S.F. 1990. Panorama Hidrogeológico do Grupo Bambuí no oeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 6, Porto Alegre, 1993. *Anais...* Porto Alegre, ABAS, p.50-57.
- ANDRADE RAMOS, J. R. DE. 1956. Folha Geológica da Nova Capital. Relatório Anual da Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, 1956, p.55-68.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ABAS 1992 - Caderno Técnico - Coletânea da Legislação e Regulamentação sobre o Uso e Preservação das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, p.10-22.
- AULER, A.S. 1994. *Hydrogeological and Hydrochemical characterization of the Matozinhos - Pedro Leopoldo Karst, Brazil*. 110p. (Msc Thesis, Western Kentucky University).
- BARBOSA, A.L.M. 1966. Síntese da evolução geológica da América do sul. Bol.inst. geol. esc. Minas Ouro Preto, 1: 91-111.
- BARBOSA, O. 1965. Simpósio das formações Eo paleozóicas do Brasil, Série Bambuí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 19, Rio de Janeiro, 1965. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG, p.11.
- BEATO, D.; BERBERT, M.; DANDERFER, A.; PESSOA, P. 1992. Avaliação preliminar do carste de Sete Lagoas - Lagoa Santa e Riscos ao Meio - Ambiente Antrópico (Projeto VIDA). In: SIMPÓSIO SITUAÇÃO AMBIENTAL E QUALIDADE DE VIDA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE E MINAS GERAIS, II, Belo Horizonte, 1992. *Anais...* Belo Horizonte, ABGE, p.56-59.
- BERTACHINI, A.C. 1988. Análise dos Condicionantes Estruturais dos Aquíferos Fraturados - aplicação à Região de Jundiá - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 5, São Paulo, 1988. *Anais...* São Paulo, ABAS, p.12-21.
- BOTTURA, J.A. & ALBUQUERQUE J.L.F. 1990. Condicionantes hidrogeológicas no processo de subsidência em Cajamar - S.P. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 6, Porto Alegre, 1990. *Anais...* Porto Alegre, ABAS, p.216-225.
- BRANCO J.J.R. & COSTA M.T. 1961. Roteiro para excursão Belo Horizonte - Brasília. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 14, Belo Horizonte, 1961. *Anais...* Belo Horizonte, SBG, p.125.
- BRANNER, J.L. 1919. Outlines of the geology of Brasil to accompany the geological map of Brasil. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 30: 189-338.

- BRAUN, O.P.G. 1968. Contribuição à estratigrafia do grupo Bambuí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, Belo Horizonte, 1968. *Anais...* Belo Horizonte, SBG, p.155-166.
- CABRAL, J.L. 1995. Zoneamento geotécnico da área do Projeto VIDA. Belo Horizonte, CPRM, Relatório interno.
- CARVALHO, L.T.; FREITRAS, J.R.; KOHLER, H.C.; SANTOS, F.M.C. 1977. "Inventário Geológico da região de Lagoa Santa - M.G." Relatório FUNDEP/PLANBEL/UFMG - Belo Horizonte.
- CAVALCANTE, I.N. & REBOUÇAS, A.C. 1990. Caracterização Hidrogeológica de Terrenos Cristalinos com Manto de Alteração. *Revista Águas Subterrâneas*, 13: 9-20.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. 1991. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - inventário dos pontos d'água. Publicação inédita. s/ ed. p.4.
- COSTA, W.D. - 1994 - Curso de Hidrogeologia do Aquífero Fissural In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8, Recife, 1994. *Anais...* Recife, ABAS, p.119.
- COUTO, J.G.P.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; IYER, S.S.; MORAES, N.M.P. 1981 Considerações sobre a idade do Grupo Bambuí com base em análises isotópicas de Sr. e Pb. *Revista Brasileira de Geociências*, 11:5-16.
- DANDERFER, A. 1994. Geologia Estrutural da Área do Projeto VIDA. Belo Horizonte, CPRM. Relatório interno.
- DARDENNE, M.A. 1978. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. *Anais...* Recife, SBG, 2:597-610.
- DUARTE, U. 1980. *Geologia Ambiental da área de São Pedro - SP - Vetor Águas Subterrâneas*, São Paulo, 73p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP.
- FIORI, A.P. 1979. *Geologia da Região de Pouso Alegre - Machado : Análise Estrutural de Dobramentos Superpostos*, 200p. São Paulo, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP.
- FORD, D.C. & WILLIAMS, P.W. 1992. Karst Resources, their exploitation and management. In: Karst Geomorphology and Hydrology. London, Chapman & Hall, p.513-546.
- FOSTER, S.S.D.; HIRATA, R.C.; ROCHA, G.A. 1990. Riscos de Poluição de Águas subterrâneas: uma proposta metodológica de avaliação regional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 6, Porto Alegre, 1990. *Anais...* Porto Alegre, ABAS, p.175-185.
- FRAGA, C.G. 1994. Análise Introdutória à Hidrogeologia do "KARST" Paranaense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8, Recife, 1994. *Anais...* Recife, ABAS, p.244-255.

- GROSSI SAD, J.H. & QUADE, H. 1985. Revisão estratigráfica do Grupo Bambuí (Bloco Oriental), em Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 3, Belo Horizonte, 1985. *Anais...* Belo Horizonte, SBG-MG, p.68-83.
- GUERRA, A.M. & MELLO, J. DE C. 1986. Locações de poços com base na relação entre estrutura e feições cársticas - Grupo Bambuí - Irecê - BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 4, Brasília, 1986. *Anais...* Brasília, ABAS/DNAEE/DNPM, p.208-220.
- GUERRA, A.M. 1986. *Processos de Carstificação e Hidrogeologia do Grupo Bambuí na Região de Irecê - Ba*. São Paulo, 132p. Tese de Doutorado; Instituto de Geociências, USP.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, I.B.G.E. 1958. Enciclopédia dos municípios brasileiros volume XXVI. Rio de Janeiro.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, I.B.G.E. 1980. Censo Demográfico de Minas Gerais.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. 1991. Sinópsse Preliminar do Censo Demográfico 1991. N° 16, Minas Gerais. Fundação IBGE, Rio de Janeiro, p.255.
- JAFFE, M. 1987. Data and organizational Requirements for local Planning. In: PAGE, G.W. Planning for Groundwater Protection. University of Wisconsin - Milwaukee Academic press, Inc., p.125-156.
- KLIMAS, A.A. 1995. Impacts of Urbanisation and Protection of Water Resources in the Vilnius District, Lithuania. *Hidrogeology Journal*, 3:24-35.
- KOHLER, H.C. 1978. A Evolução Morfogenética da Lagoa Santa - M.G. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. *Anais...* Recife, SBG, p.147-153.
- KOHLER, H.C. 1989. *Geomorfologia Cárstica na região de Lagoa Santa- M.G.* São Paulo, 113p. Tese de Doutorado, FFLCH-USP.
- KRUSEMAN, G.P. & RIDDER, N.A. 1970. Analysis and evaluation of pumping test data. International institute for land reclamation and improvement / wageningen/the netherlands, p.59-69.
- LADEIRA, E.A. 1985. Contribuição da Geologia Estrutural à Pesquisa de Águas Subterrâneas em Rochas Fraturadas. *Revista águas subterrâneas*, 9:7-34.
- LEAL, A. DE S. 1969. Consideração sobre a circulação da água em rochas cristalinas e salinização em região árida; área piloto de Juazeiro/curaçá - Bahia. Recife, Sudene, 28p.
- LEAL, J. de M. 1970. Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, Folha n° 20, Aracaju - NE. Recife, Sudene, Divisão de hidrogeologia, série hidrogeologia 34, p.17-39.

- LIMA, J.E.S. 1980. Projeto Hidrogeologia do Centro de Minas Gerais e Norte do Espírito Santo. Relatório Final. Rolha Belo Horizonte -SE, s. ed,Relatório inédito DNPM/CPRM.
- LIMA, J.E.S. 1994. Monte Azul, folha SD.23-Z-D-II, Estado de Minas Gerais. Hidrogeologia, Escala 1:100.000. Programa Levantamentos geológicos Básicos do Brasil. Brasília/CPRM.
- LOPES, O.F. 1981. Evolução Paleogeográfica e Estrutural da Porção Central da Bacia Bambuí, no norte do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências*, **11**:115-127.
- MAGALHÃES, P.C. 1989. Hidrologia superficial, In: Engenharia Hidrológica, R.J., ABRH, ed. UFRJ, p.218-221.
- MARCHESE, A.G. 1974. Litoestratigrafia Y Petrología del Grupo Bambuí en los estados de Minas Gerais Y goiás, Brasil. *Revista Brasileira Geociências*, **3**:172-190.
- MARSHAK, S.E.& ALKMIM, F.F. 1989. Proterozoic Contraction/Extension,Tectonics of the Southern São Francisco Region, Minas Gerais, Brasil. *Tectonics*, **8**:555-574.
- MENESES FILHO, N.R. & DE MATOS, G.M.M. 1978. Formação Paraopeba - Estruturas primárias caracterizantes de ambiente deposicional em plataforma carbonática. In:CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA,30,Recife,1978.*Anais...*Recife,SBG, 2:824-837.
- MENESES, P.R.; MELLO, A.F.; SANO, E.E. 1990. Integração de Dados de Sensoriamento Remoto para a Pesquisa Hidrogeológica em Áreas Cársticas.In:CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA,36, Natal,1990.*Anais...*Natal,SBG, 2:1011-1018.
- MOTA, F.S.DA.1986. Aspectos Agro-meteorológicos da Água na atmosfera. In: Meteorologia Agrícola, Balanço Hídrico, p.243-309.
- MULL, D.S.; LIEBERMANN, T.D.; SMOOT, J. L.; WOOSLEY JR ,L. H. 1988. Application of Dye-Tracing Technics for Determining Solute Transport Characteristics of Groundwater in Karst Terranes.EPA, p.3-21.
- NEGRÃO, F.I. 1987. *Caracterização Hidrogeoquímica e Vulnerabilidade do Sistema Hidrogeológico Cárstico da Região de Irecê - BA*. São Paulo,86p. Dissertação de Mestrado; Instituto de Geociências, USP.
- OLIVEIRA, M.A.M. DE. 1967. Contribuição à Geologia da Parte Sul da Bacia do São Francisco e Áreas Adjacentes. Petrobrás, DEPIN, CENPES, Rio de Janeiro,Coletâneas de Relatórios de Exploração, 1:71-105.
- PALMER, A. N. 1991. Origin and Morphology of Limestone Caves.*Geological Society of American Bulletin*,**103**:1-21.
- PALMER, A. N. 1984a. Geomorphic Interpretation of Karst Features, in LaFleur, R. G.,Groundwater as Geomorphic Agent: BOSTON, MASSACHUSETTS,ALLEN,and UNWIN, p.173-209.

- PEDRALLI, G.; GUABIRABA, M. DO S. G.; JARDIM, M. E. A. Z.; RIBEIRO, M. A.; RIBEIRO, S. T. M.; FREITAS, V. L. DE O. 1994. Uso da terra e Caracterização da Cobertura Vegetacional. Informações Básicas para a gestão territorial, Região de Sete Lagoas - Lagoa Santa - M.G. CPRM-CETEC, Belo Horizonte, p.16-22.
- PEDROSA, S. A. 1992. Caracterização geomorfológica. Informações Básicas para a Gestão Territorial, Região de Sete Lagoas - Lagoa Santa - M.G. CPRM-CETEC, Belo Horizonte, p.29.
- PESSOA, P. F. P. 1992. Aspectos Hidrogeológicos na região cástica de Sete Lagoas - Lagoa Santa, com Ênfase à Qualidade das Águas Subterrâneas. In: SIMPÓSIO SITUAÇÃO AMBIENTAL E QUALIDADE DE VIDA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE E MINAS GERAIS, 2, Belo Horizonte, 1992. *Anais...* Belo Horizonte, ABGE, p.87-89.
- REBOUÇAS, A. C. 1994. Mensagem do Presidente da ABAS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8, Recife, 1994. *Anais...* Recife, ABAS/DNPM/CPRM.
- REBOUÇAS, A. C.; RICCOMINI, C.; ELLERT, N.; DUARTE, U.; MELITO, K. M.; SENF, L. A.; SOUZA, J. C. S. 1994. Diagnóstico Hidrogeológico da R.M.S.P. Uso e Proteção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8, Recife, 1994. *Anais...* Recife, ABAS/DNPM/CPRM, p.93-102.
- RIMANN, E. 1917. A Kimberlita do Brasil. An. Esc. Minas de Ouro Preto, 15:27-32.
- SCHOLL, W. U. 1976. Estromatólitos (Conophyton) em dolomitos do Grupo Macaúbas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29: Ouro Preto, 1976. *Anais...* Ouro Preto, SBG, 2: 67-73.
- SEPLAN 1990. Anuário Estatístico de Minas Gerais.
- SILVA, A. B. DA; ESCODINO, P. C. B.; CRUZ, W. B. DA; PEIXOTO, C. A. DE M.; COSTA, P. C. G.; PADILHA, A. V.; JARDIM, F. G.; ARAÚJO, A. G. DE; FRAGOMENI, P. R. P.; FRAGOMENI, M. G.; LITWINSKI, N. 1981. Estudos piezométricos e Hidrogeoquímicos. In: Pesquisa e Avaliação de Recursos hídricos Subterrâneos em "KARST" por Sensores Remotos. Relatório Final. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC/CNPq, p.135-244.
- SILVA, A. B. DA 1984. *Análise Morfoestrutural e sua aplicação no estudo do Aquífero Cárstico do Jaíba, norte de Minas Gerais*. São Paulo, 190 p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP.
- SILVA, A. B. DA 1984. Aplicação de Técnicas Geomatemáticas no Estudo de um Aquífero Cárstico In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3, Fortaleza, 1984. *Anais...* Fortaleza, ABAS, p.69-86.
- SILVA, A. B. DA 1986. Contribuição da Geologia Estrutural na exploração de Águas Subterrâneas do Grupo Bambuí na região norte do Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 4, 1986. *Anais...* Brasília, ABAS, p.251-262.
- SILVA, A. B. DA 1988. Abatimento de solo na cidade de Sete Lagoas, M.G. *Revista Águas Subterrâneas*, 12:58-66.

- SOARES, P.C. & FIORI, A.P. 1976. Lógica e Sistemática na Análise e Interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia. *Notícias Geomorfológicas, Campinas*, 16:71-104.
- SOKOLOV, A.A. & CHAPMAN, T.G. 1978. Métodos para o cálculo do Balanço Hídrico, um Guia Internacional para Pesquisas e Práticas. Tradução dos Estudos e Relatórios de Hidrologia UNESCO. ed. preliminar. RJ, 17:17-45.
- SOUZA, S.M.T. DE 1995. Estudo da Capacidade Reguladora dos Aquíferos. In: Disponibilidades Hídricas Subterrâneas No Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte; Hidrosistemas, p.49-53.
- STRUCKMEIER, W.F. & MARGAT, J. 1995. Hydrogeological Maps a Guide and a standard Legend. IAH, ed. hannover: Heise, vol. 17, p.177.
- TULLER, M. P; RIBEIRO, J. H.; DANDERFER, A. 1992. Mapeamento Geológico da área do Projeto VIDA, CPRM, Belo Horizonte. Relatório Interno.
- UHLEIN, A. & DAIM, P.S.G. 1989. O Grupo Bambuí na Porção Sudeste da Bacia: sistemas deposicionais e relação estrutural com a faixa Araçuaí, MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA NÚCLEO MINAS GERAIS, 5, SIMPÓSIO DE GEOLOGIA NÚCLEO BRASÍLIA, 1, Belo Horizonte, 1989. Anais... Belo Horizonte, SBG, 10:277-280.
- VRBA, J. & ZAPOROZEC, A. 1994. Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. IAH, ed. Hannover: Heise, 16, p.131.
- WREGE, M.L.D. & MOBUS, G. 1992. Análise de Agrupamento em Aquífero Fraturado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 7, Belo Horizonte, 1993. Anais... Belo Horizonte, ABAS, p.175-180.
- YASSUDA, E. R. & NOGAMI, P. S. 1987. Consumo de Água. In: Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água. CETESB/ASCETESB, São Paulo, 4:107-131.

ANEXO I

SIAS - SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
PONTOS DE ÁGUA

I - IDENTIFICAÇÃO / LOCALIZAÇÃO

UN. OPER.			PROJETO																														C/C													
IDENTIFICADOR DO PONTO										NATUREZA DO PONTO										PERFURADO POR:																										
LOCAL / ENDEREÇO																														UF																
MUNICÍPIO																																														
BASE CARTOGRÁFICA															MAPA - DENOMINAÇÃO																															
LATITUDE															LONGITUDE															UTMN (m)					UTME (m)					MC		ALTITUDE (m)				
BACIA HIDROGRÁFICA															SUB-BACIA HIDROGRÁFICA																															
PROPRIETÁRIO / ALCUNHA																																														

II - CARACTERÍSTICAS DO POÇO

MÉTODOS DE PERFURAÇÃO															PROFUNDIDADE (m)					Ø REV. BOCA (mm)				DATA DE PERFURAÇÃO										
Ø REV. (mm)					ESPAÇAMENTO DE (m)										A (m)					TIPO DE REVESTIMENTO														
Ø FILTRO (mm)					ESPAÇAMENTO DE (m)										A (m)					RANHURA (mm)					TIPO DE FILTRO									
PRÉ-FILTRO					TIPO DO PRÉ-FILTRO															PENETRAÇÃO AQUIFERO					ESTADO DO POÇO									

III - INFORMAÇÕES GEOLÓGICAS/HIDROGEOLÓGICAS

[illegible]

IDENTIFICADOR FIGHA

[illegible]

RESIST. ELÉTRICA

RESIST. ELÉTRICA				S P				RAIOS GAMA				CALIPER			
DE (m)		A (m)		DE (m)		A (m)		DE (m)		A (m)		DE (m)		A (m)	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
TRAÇADOR QUÍMICO				TRAÇADOR RADIOATIVO				OUTRAS							
DE (m)		A (m)		DE (m)		A (m)									
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>								

a. DETERMINAÇÕES DE CAMPO

DATA		ODOR										pH		DUREZA TOTAL (mg/l)				DUREZA DE CARB. (mg/l)			
COND. ELÉTRICA (μ mhos/cm)		TEMPER. (°C)		CO ₂ (mg/l)		Cl (mg/l)		Ca (mg/l)		TAC (mg/l)											

IDENTIFICADOR ANÁLISE

LABORATÓRIO	CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA
<div></div>	<div></div>
RISCO DE POLUIÇÃO	FONTE POTENCIAL DE POLUIÇÃO
<div></div>	<div></div>
DISTÂNCIA (m)	
<div></div>	

USO DA ÁGUA

USO DA ÁGUA															CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO										F. PRELIMINAR		
TIPO DE RESERVATÓRIO															CAPACIDADE (m³)										PRODUÇÃO (m³/MÊS)		

FONTE DE INFORMAÇÃO

FONTE DE INFORMACÃO																													
PROFISSÃO															DATA														
															/ /														

[illegible]

ANEXO II

INVENTÁRIO DOS PONTOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água			Características dos Pontos D'Água											
	Local	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquifero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	s' (m)	q (m³/h/m)	pH	C.E. MS/cm
		UTM N	UTM E												
1	Areias	7849535	585340	-	PE	GRA	25/06/91	12,0	6,0	-	0,36	-	-	5,1	13,5
2	Areias	7849550	585300	-	PE	GRA	25/06/91	17,0	6,3	-	0,36	-	-	5,1	16,9
3	Cemitério - Pq. Boa Vista	7851905	585390	737,8	PT	CARS	25/06/91	65,5	18,0	35,0	59,76	17,0	3,53	8,0	152,9
4	Cemitério - Pq. Boa Vista	7851850	584505	-	PT	CARS	23/05/91	151,0	22,5	-	-	-	-	-	-
5	Areias	7851500	584135	-	PE	GRA	23/05/91	7,0	3,3	-	-	-	-	3,9	140,0
6	Faz. das Areias	7850135	585030	-	PT	CARS	23/05/91	60,0	-	-	7,92	-	-	7,6	220,0
7	Faz. das Areias	7858990	586095	-	PT	CARS	23/05/91	100,0	7,0	22,0	21,96	15,0	1,46	6,8	420,0
8	Faz. das Areias	7851780	585120	-	PE	GRA	23/05/91	16,0	4,2	-	0,36	-	-	4,1	909,0
9	Faz. das Areias	7851890	585280	-	PE	GRA	23/05/91	13,5	1,8	-	0,36	-	-	4,4	20,0
10	Sítio Coiores	7851680	584715	-	PT	CARS	23/05/91	87,0	21,0	42,0	7,92	21,0	0,37	-	-
11	Sítio Coiores	7851660	584740	-	PE	GRA	23/05/91	9,0	6,6	-	1,08	-	-	6,4	117,0
12	Barreiro - Faz. Boutique	7850210	572195	767,3	PT	PELC	14/05/91	-	5,0	-	9,97	-	-	-	98,0
13	Barreiro - SAAE	7851705	570830	-	PT	CARS	21/05/91	150,0	4,0	33,0	29,02	29,0	1,00	7,0	420,0
14	Pousada do Sol	7851885	567790	726,9	PT	CARS	08/06/91	-	6,6	-	-	-	-	7,4	220,0
15	Barreiro - SAAE	7848765	571465	787,9	PT	CARS	15/10/91	90,0	35,6	36,0	19,30	0,4	48,25	5,7	300,0
16	Siderúrgica Plantar	7850585	569290	738,5	PT	PELC	10/06/91	150,0	-	14,3	-	-	-	7,4	380,0
17	Serraria Lontrinha	7854200	469480	-	PE	GRA	27/05/91	14,0	6,4	-	-	-	-	4,9	110,0
18	PETROLUB	7853470	469720	-	PT	PELC	10/11/91	140,0	-	-	-	-	-	-	-
19	Faz. Lontrinha	7854290	569640	-	PT	PELC	27/05/91	80,0	5,3	14,9	10,80	9,6	1,13	-	-
20	Faz. Lontrinha	7854730	570080	-	PE	GRA	27/05/91	10,0	9,0	-	-	-	-	5,0	43,0
21	Faz. Gineta	7851310	569505	-	PE	GRA	08/06/91	20,0	10,2	-	-	-	-	4,7	37,0
22	Granja Juliana	7851830	570885	739,3	PT	PELC	28/05/91	130,0	3,1	-	-	-	-	-	-
23	Granja Juliana	7851810	570820	-	PT	PELC	28/05/91	89,0	3,6	-	11,99	-	-	7,5	85,0
24	Siderúrgica Irombras	7848605	571710	-	PT	CARS	28/05/91	64,0	9,7	38,9	6,88	29,2	0,23	6,8	250,0
25	Siderúrgica Iromsider	7848525	571770	-	PT	CARS	28/05/91	62,0	13,5	-	-	-	-	6,9	370,0
26	Posto Canecão	7849180	571550	-	PT	CARS	25/05/91	110,0	24,3	-	-	-	-	6,1	185,0
27	Posto Canecão	7849145	571620	799,2	PT	CARS	25/05/91	115,5	42,0	49,0	7,20	7,0	1,0	6,7	400,0
28	Posto Gauchão	7849700	571275	-	PT	PELC	28/05/91	-	29,7	-	-	-	-	-	-
29	Posto Gauchão	7849715	571225	-	PT	PELC	28/05/91	-	-	-	-	-	-	-	-
30	Siderúrgica Itaminas	7847355	573635	821,3	PT	CARS	10/06/91	170,2	46,0	53,8	28,51	7,8	3,65	7,1	490,0
31	Siderúrgica Itaminas	7847385	573470	-	PT	CARS	10/06/91	155,0	26,7	40,2	13,50	13,5	1,00	6,9	530,0
32	Siderúrgica Itaminas	7847510	573480	-	PT	CARS	11/06/91	110,0	42,0	71,0	3,60	29,0	0,12	7,0	600,0
33	Siderúrgica Itaminas	7847185	573570	-	PT	CARS	12/06/91	-	-	-	-	-	-	-	-
34	Siderúrgica Itaminas	7847160	573920	-	PT	CARS	13/06/91	218,0	60,0	92,0	10,01	32,0	0,31	-	-
35	Faz. Lapa Velha	7849520	573785	-	PE	GRA	13/06/91	6,0	1,3	-	-	-	-	6,4	280,0
36	Faz. Marilândia	7849340	573295	785,3	PT	CARS	13/06/91	86,0	10,3	-	13,97	-	-	8,0	350,0
37	Posto Itaminas	7847580	573665	-	PT	CARS	10/06/91	-	22,6	-	-	-	-	-	-
38	Posto Itaminas	7847575	573705	-	PT	CARS	11/06/91	160,0	60,0	96,0	15,00	36,0	0,42	7,5	520,0
39	Sítio Paineiras	7850620	573330	781,2	PT	CARS	13/06/91	48,0	4,0	-	10,01	-	-	-	350,0
40	Siderúrgica Itasider	7847670	573720	813,5	PT	CARS	10/06/91	-	11,8	-	5,00	-	-	7,1	450,0

OBS.: s' = rebaixamento, q = vazão específica,
 CARS = cársico, PELC = pelito-carbonático, cris = cristalino, GRA = granular,
 PT = poço tubular, PE = poço escavado, NC = nascente, INDEF = indefinido.

INVENTÁRIO DOS PONTOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água				Características dos Pontos D'Água										
	Local	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquifero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m3/h)	s' (m)	q (m3/h/m)	pH	C.E. MS/cm
		UTM N	UTM E												
41	Siderúrgica Itasider	7846860	574005	-	PT	CARS	11/06/91	-	>100	-	-	-	-	-	-
42	Santa Helena Sementes	7847640	573900	807,2	PT	CARS	25/05/91	65,0	36,9	-	-	-	-	-	-
43	BR-040 / KM 470	7847920	573650	-	PT	CARS	14/09/91	-	-	-	59,98	-	-	6,9	430,0
44	Posto 3 Poderes	7845775	575240	835,6	PT	CARS	25/05/91	135,0	40,0	80,0	2,88	40,0	0,07	7,4	340,0
45	Sider. Irombrás	7844235	575695	-	PT	CARS	11/06/91	-	11,0	-	7,20	-	-	-	-
46	Siderúrgica Ironbras	7844040	575800	833,7	PT	CARS	11/06/91	-	10,8	-	5,76	-	-	-	-
47	Siderúrgica Ironbras	7844000	575830	-	PT	CARS	11/06/91	-	11,4	-	12,24	-	-	-	-
48	Siderúrgica Ironbras	7843980	575750	-	PT	CARS	11/06/91	140,0	11,5	48,0	10,80	-	-	8,1	391,0
49	Siderúrgica Ironsider	7844570	575725	-	PT	CARS	11/06/91	-	6,0	-	11,88	36,5	-	7,6	600,0
50	Lapa da Orelha	7843795	575890	-	PT	CARS	10/06/91	150,0	33,0	79,0	16,92	-	-	7,2	447,0
51	Lapa da Orelha	7843780	575840	850,1	PT	CARS	10/06/91	100,0	39,5	-	-	-	-	8,1	306,0
52	Siderúrgica Sicafe	7841935	577605	-	PT	CRIS	10/06/91	89,0	0,0	17,5	15,98	17,5	0,91	8,0	214,1
53	Siderúrgica Sicafe	7842730	577350	796,1	PT	CRIS	11/06/91	90,0	4,3	57,6	3,60	53,3	-	7,8	150,9
54	Siderúrgica Cifercal	7840460	577525	814,5	PT	PELC	10/06/91	105,0	4,5	21,0	11,88	16,5	0,72	7,9	400,0
55	Siderúrgica Siderpa	7841180	578160	-	PT	CRIS	10/06/91	125,0	2,0	70,0	2,88	68,0	0,0396	7,7	62,5
56	Siderúrgica Interlagos	7841850	577565	785,5	PT	CRIS	11/06/91	92,0	0,0	39,4	0,72	39,4	0,018	7,1	250,0
57	Siderúrgica Interlagos	7842000	577675	-	PT	CRIS	10/06/91	80,0	4,0	40,0	7,56	36,0	0,21	6,8	169,4
58	Siderúrgica Insivi	7841675	577745	-	PT	CRIS	17/06/91	104,0	6,0	67,0	2,88	61,0	0,0468	-	-
59	Siderúrgica Insivi	7841700	577630	-	PE	GRA	17/06/91	8,0	1,8	-	0,36	-	-	4,9	65,0
60	Motel Miami	7840545	577765	-	PE	GRA	08/06/91	5,0	1,0	-	0,36	-	-	5,8	80,0
61	Laticínio Santa Helena	7838240	579205	-	PT	CRIS	08/06/91	120,0	-	-	-	-	-	-	-
62	Laticínio Santa Helena	7837470	579600	-	PT	INDEF	08/06/91	60,0	-	-	-	-	-	-	-
63	BR-040 -km 481 - Pol.Rodov.	7837270	579540	887,8	PT	PELC	03/09/91	80,0	6,3	34,0	2,30	27,7	0,0828	6,3	12,0
64	EPAMIG	7848675	587725	-	PE	GRA	22/08/91	7,0	2,5	-	1,44	-	-	6,6	65,0
65	EPAMIG	7849740	589060	646,8	PE	GRA	22/08/91	12,0	3,8	-	1,44	-	-	6,3	200,0
66	Estância Virgínia	7876325	585000	-	NC	GRA	19/06/91	-	-	-	2,88	-	-	6,7	100,0
67	Estiva SAAE	7859405	578385	717,3	PT	PELC	21/05/91	80,0	3,8	-	11,88	-	-	7,6	263,9
68	Estiva - Faz.B. Esperança	7856630	580210	-	NC	GRA	27/06/91	-	-	-	7,20	-	-	4,7	11,0
69	Estiva	7859070	579350	-	PE	GRA	27/06/91	15,0	12,5	-	1,08	-	-	5,1	29,0
70	Faz. Bacupari	7845920	571240	744,3	NC	CARS	12/06/91	-	-	-	10,01	-	-	6,9	350,0
71	Faz.Barreiro Alto	7864530	585830	674,1	PT	PELC	19/06/91	-	-	-	2,88	-	-	6,9	70,0
72	Faz.Barreiro Alto	786590	585840	-	PE	GRA	19/06/91	80,0	14,0	-	-	-	-	6,7	110,0
73	Faz.Barreiro Alto	7863615	584790	666,0	PT	PELC	19/06/91	-	6,4	-	-	-	-	7,1	115,0
74	Faz. Boa Vista	7862710	578295	-	NC	GRA	26/06/91	-	-	-	1,08	-	-	6,4	37,0
75	Faz. Bocaina	7848940	574100	-	NC	CARS	14/06/91	-	-	-	24,98	-	-	6,9	260,0
76	Faz. Bocaina	7844745	574205	778,8	NC	CARS	14/06/91	-	-	-	15,01	-	-	6,4	310,0
77	Faz. Brauna II	7853350	590230	-	NC	GRA	30/08/91	-	-	-	1,44	-	-	3,7	9,0
78	Faz. BreJão	7858810	587880	-	NC	GRA	27/08/91	-	-	-	1,08	-	-	4,4	60,0
79	Faz. Canabrava	7846645	567695	-	PE	GRA	17/06/91	10,0	4,1	-	-	-	-	5,6	380,0
80	Faz. Capão do Inferno	7847060	570220	-	NC	CARS	14/06/91	-	-	-	4,00	-	-	7,3	260,0

OBS.: s' = rebaixamento, q = vazão específica,

CARS = cárstico, PELC = pelito-carbonático, cris = cristalino, GRA = granular,

PT =poço tubular, PE =poço escavado, NC= nascente, INDEF = indefinido.

INVENTÁRIO DOS PONTOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água				Características dos Pontos D'Água										
	Local	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquifero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m3/h)	s' (m)	q (m3/h/m)	pH	C.E. MS/cm
		UTM N	UTM E												
81	Faz. Copão Grande	7847510	571515	790,1	PT	CARS	11/06/91	100,0	15,0	47,0	4,61	32,0	0,144	7,4	490,0
82	Faz. Capão Rico	7851980	574000	-	PT	CARS	11/06/91	104,0	91,0	86,0	4,79	45,0	0,108	7,2	370,0
83	Faz. Capão Rico	7851955	573955	-	PT	CARS	13/05/91	-	-	-	seco	-	-	-	-
84	Faz. Capão Rico	7851940	573970	-	PT	INDEF	13/05/91	-	-	-	seco	-	-	-	-
85	Faz. Curral Queimado	7862720	583070	-	PE	GRA	20/06/91	4,0	0,8	-	1,08	-	-	5,0	23,0
86	Faz. da Lapa	7849550	572820	-	PT	CARS	11/06/91	51,0	11,6	24,8	7,99	13,2	0,6048	7,8	320,0
87	Faz. da Lapa	7850765	572895	-	PT	CARS	14/06/91	60,0	6,4	-	1,01	-	-	7,6	330,0
88	Faz. das Areias	7849320	584820	-	PE	GRA	25/06/91	17,0	12,5	-	0,72	-	-	4,7	95,0
89	Faz. das Pedra	7840330	574630	-	NC	GRA	12/06/91	-	-	-	7,99	-	-	5,5	12,0
90	Faz. das Taboas	7846475	570555	743,5	NC	CARS	12/06/91	-	-	-	8,00	-	-	7,3	300,0
91	Faz. do Jandir	7855670	582650	-	PE	GRA	24/06/91	15,0	10,2	-	1,80	-	-	6,6	100,0
92	Faz. do Retiro	7849515	568190	722,8	PT	CARS	18/06/91	96,0	-	-	8,33	-	-	-	330,0
93	Faz. dos Matos	7841875	584120	-	NC	GRA	19/06/91	-	-	-	7,92	-	-	6,3	45,0
94	Faz. Estiva	7840740	574655	-	NC	GRA	12/06/91	-	-	-	1,34	-	-	6,1	10,0
95	Faz. Floresta	7855840	579900	-	PT	PELC	27/06/91	-	-	-	-	-	-	-	-
96	Faz. Fr. Boa Vista	7852940	562880	-	PE	GRA	19/10/91	5,0	1,7	-	-	-	-	4,7	48,0
97	Faz. Goiabera	7857280	580030	-	NC	GRA	27/06/91	-	-	-	1,08	-	-	7,5	270,0
98	Faz. Imbiruçu	7852800	573345	-	PT	PELC	14/06/91	120,0	34,4	-	-	-	-	-	-
99	Faz. Imbiruçu	7852820	573530	828,7	PT	PELC	14/06/91	100,0	57,1	-	-	-	-	-	-
100	Faz. Imbiruçu	7851730	572540	791,5	PT	PELC	14/06/91	-	-	-	-	-	-	7,1	130,0
101	Faz. Itambé	7851395	573200	-	PT	PELC	13/06/91	117,0	20,0	57,5	3,60	37,5	0,0972	6,5	110,0
102	Faz. Itambé	7851455	573205	-	PT	PELC	13/06/91	80,0	21,0	61,0	2,30	40,0	0,0576	6,0	110,0
103	Faz. Lapa Branca	7844175	581280	-	PE	GRA	19/06/91	10,0	0,2	-	0,36	-	-	5,7	460,0
104	Faz. Lapa Branca	7844155	581270	-	PT	CRIS	19/06/91	22,0	-	-	seco	-	-	-	-
105	Faz. Lapa Velha	7849550	573775	-	PE	GRA	13/06/91	-	-	-	-	-	-	6,0	170,0
106	Faz. Lapa Velha	7849430	573850	-	PT	CRIS	18/06/91	100,0	-	-	seco	-	-	-	-
107	Faz. Laranjeiras	7842935	574790	-	PE	GRA	14/06/91	4,0	-	-	-	-	-	5,5	160,0
108	Faz. Laranjeiras	7843080	575265	-	NC	GRA	17/06/91	-	-	-	-	-	-	6,9	80,0
109	Faz. Macuco Teobaldo	7838685	576860	-	NC	GRA	29/05/91	-	-	-	7,20	-	-	4,7	121,0
110	Faz. Mata Grande	7845035	578070	-	PE	GRA	18/06/91	5,0	2,1	-	0,36	-	-	6,9	310,0
111	Faz. Morada Nova	7848520	565410	710,6	PT	CARS	18/06/91	38,0	-	-	5,00	-	-	7,1	240,0
112	Faz. Morada Nova	7848820	566925	720,3	PT	CARS	18/06/91	-	-	-	-	-	-	-	-
113	Faz. Morada Nova	7848675	567940	-	PT	CARS	18/06/91	-	2,6	-	-	-	-	-	-
114	Faz. Morro Vermelho	7856785	579865	-	PE	GRA	27/06/91	23,0	-	-	0,40	-	-	6,7	110,0
115	Faz. Palmital	7842820	584500	-	NC	GRA	19/06/91	-	-	-	2,88	-	-	5,7	32,0
116	Faz. Paredão	7842545	581630	-	PE	GRA	19/06/91	15,0	7,4	-	0,36	-	-	5,1	150,0
117	Faz. Querença	7851280	563580	695,2	PT	CARS	16/06/91	30,0	1,8	17,0	119,80	15,2	7,8876	-	-
118	Faz. Querença	7851205	563790	695,0	PT	CARS	18/06/91	30,0	-	-	-	-	-	6,3	250,0
119	Faz. Retiro das Estrelas	7843890	586030	789,1	PT	CARS	21/08/91	47,0	38,1	-	7,56	-	-	7,6	240,0
120	Faz. Riacho do Campo	7850275	566950	-	PE	GRA	18/06/91	9,0	0,5	-	-	-	-	5,4	20,0

OBS.: s' = rebaixamento, q = vazão específica,

CARS = cársico, PELC = pelito-carbonático, cris = cristalino, GRA = granular,

PT =poço tubular, PE =poço escavado, NC= nascente, INDEF = indefinido.

INVENTÁRIO DOS PONTOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água				Características dos Pontos D'Água										
	Local	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquifero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m3/h)	s' (m)	q (m3/h/m)	pH	C.E. MS/cm
		UTM N	UTM E												
121	Faz. Riacho do Campo	7850385	566995	-	NC	GRA	18/06/91	-	-	-	1,80	-	-	6,4	33,0
122	Faz. Santa Helena	7840250	579715	-	NC	GRA	17/06/91	-	-	-	-	-	-	6,3	45,0
123	Faz. Santa Helena	7840910	579530	-	NC	GRA	18/06/91	-	-	-	1,44	-	-	5,2	16,0
124	Faz. Santa Mônica	7837025	577755	-	PT	CRIS	27/06/91	73,0	-	-	2,02	-	-	6,5	100,0
125	Faz. São Sebastião	7836670	575075	-	NC	GRA	10/06/91	-	-	-	2,02	-	-	6,7	10,0
126	Faz. Unisa	7859925	581255	730,4	PT	PELC	26/06/91	120,0	-	37,0	9,72	-	-	7,0	130,0
127	Faz. Velha - SAAE	7837675	581395	886,9	PT	CRIS	21/05/91	93,0	10,6	-	-	-	-	7,1	297,0
128	Faz. Velha - SAAE	7837980	581835	908,3	PT	CRIS	21/06/91	96,0	2,0	-	4,00	-	-	-	-
129	Faz. Velha - SAAE	7838010	581805	-	PT	CRIS	21/06/91	72,0	3,7	-	-	-	-	6,6	110,0
130	Faz. VerdeVale	7855580	588030	-	PE	GRA	30/08/91	6,2	5,4	-	0,36	-	-	3,6	12,0
131	Faz. Gineta	7851805	571340	-	NC	GRA	14/06/91	-	-	-	-	-	-	5,9	12,5
132	Faz. Gineta	7851310	570965	-	PE	GRA	14/06/91	6,0	3,4	-	-	-	-	4,3	19,0
133	Granja Barreirinho	7855585	580555	718,9	PT	PELC	27/06/91	-	3,0	13,0	18,00	10,0	1,8	6,1	55,0
134	Lontra - SAAE	7853720	559795	715,8	PT	PELC	11/10/91	70,0	7,3	-	-	-	-	6,2	100,0
135	Lontrinha	7854290	569435	-	PT	PELC	27/05/91	80,0	3,7	-	-	-	-	-	-
136	Lontrinha	7854300	569370	844,0	PT	PELC	27/05/91	90,0	3,9	-	3,49	-	-	6,1	120,0
137	Loteamento Bem Viver	7833600	580250	969,0	PT	INDEF	21/05/91	-	32,0	-	-	-	-	-	-
138	Machados	7841700	582715	851,3	NC	CARS	19/06/91	-	-	-	11,88	-	-	7,3	288,6
139	MG-238 Faz. Brejão	7858435	588645	-	PE	GRA	20/06/91	10,0	7,0	-	1,44	-	-	4,3	29,0
140	MG-238 Faz. Rancho Alegre	7858170	582490	-	PE	GRA	21/06/91	20,0	15,7	-	0,36	-	-	4,8	9,0
141	MG-238 Faz. Santo Antonio	7857730	584375	-	PE	GRA	21/06/91	9,0	2,5	-	0,36	-	-	4,6	32,0
142	MG-238 Faz. Santo Antonio	7857750	584390	-	NC	GRA	20/06/91	-	-	-	4,32	-	-	4,7	12,0
143	MG-238 Faz. Verde Vale	7860520	586270	-	PE	GRA	24/06/91	10,0	7,7	-	0,36	-	-	4,9	10,0
144	MG-238 Gr.Verde e Branco	7857950	585925	714,7	PT	PELC	24/06/91	-	9,1	-	-	-	-	-	-
145	MG-238 Gr.Verde e Branco	7858260	585935	-	PE	GRA	20/06/91	25,0	15,5	-	1,44	-	-	4,9	7,0
146	MG-238 Sítio São José	7860700	586055	-	NC	GRA	25/06/91	-	-	-	0,72	-	-	5,6	16,0
147	MG-238 Faz. B. Esperança	7851885	583295	741,6	PT	PELC	25/06/91	96,0	8,1	-	15,84	-	-	8,0	155,0
148	MG-238 Faz. Capão do Poço	7853435	582930	-	PE	GRA	25/06/91	6,0	3,1	-	0,36	-	-	5,9	95,0
149	MG-238 Km 9 - Faz. Esperança	7854190	582210	727,8	PT	PELC	25/06/91	84,0	18,5	-	7,20	-	-	7,1	330,0
150	MG-238 Km 11 Est. Mirabela	7854255	589895	718,0	PT	CARS	24/06/91	120,0	24,0	-	3,60	-	-	6,8	45,0
151	MG-238 Km 12 FEBEM	7856390	582675	700,6	PT	PELC	24/06/91	-	1,4	10,0	3,96	8,6	0,46	7,6	60,0
152	MG-238 Km 12 4ª GAEE	7856010	582290	-	PT	PELC	24/06/91	-	-	-	7,20	-	-	7,6	180,7
153	MG 238 - Km 75 -Faz.Nova	7861040	584440	-	PE	GRA	21/06/91	18,0	10,6	-	0,36	-	-	3,9	750,0
154	MG 238 - Km 75 -Faz.Nova	7860440	583750	-	PE	GRA	21/06/91	6,0	1,0	-	0,36	-	-	6,2	215,0
155	MG 238 - Faz. Nova	7860485	583705	677,5	PE	GRA	21/06/91	7,0	3,0	-	0,20	-	-	5,0	14,0
156	MG 238 - Km 75 - Faz. O. Verde	7859910	583570	-	PE	GRA	21/06/91	8,0	3,8	-	2,88	-	-	6,5	170,0
157	MG 238 - Km 85 Est.Stª Helena	7861965	587490	-	PE	GRA	21/06/91	8,0	5,2	-	1,80	-	-	5,0	55,0
158	MG 238 - Km 85 Est.Sta Helena	7862510	587330	-	NC	GRA	26/06/91	-	-	-	72,00	-	-	5,9	40,0
159	MG 238 - Km 85 Est.Sta Helena	7861925	587460	663,5	PT	PELC	26/06/91	68,0	1,9	-	19,80	-	60,0	-	-
160	MG 238 - Km 85 Est.Sta Helena	7862580	586820	-	NC	GRA	26/06/91	-	-	-	2,52	-	-	6,3	31,0

OBS.: s' = rebaixamento, q = vazão específica,
 CARS = cársico, PELC = pelito-carbonático, cris = cristalino, GRA = granular,
 PT =poço tubular, PE =poço escavado, NC= nascente, INDEF = indefinido.

INVENTÁRIO DOS PONTOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água				Características dos Pontos D'Água										
	Local	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquífero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m3/h)	s' (m)	q (m3/h/m)	pH	C.E. MS/cm
		UTM N	UTM E												
161	EMBRAPA	7849800	586365	704,6	PT	CARS	29/05/91	62,0	0,0	3,0	180,00	3,0		7,6	244,7
162	EMBRAPA	7849680	587050	-	PT	CARS	29/05/91	72,0	4,7	-	14,40			4,5	260,0
163	EMBRAPA	7849675	587105	699,7	PT	CARS	29/05/91	85,6	5,3	-	72,00			7,3	300,0
164	EMBRAPA	7845680	586515	720,2	PT	CARS	29/05/91	61,0	0,5	-	180,00			7,0	360,0
165	MG 429 - Granja Juliana	7845970	583790	737,7	PT	CARS	24/05/91	80,0	0,6	1,0	36,00	1,6	22,5	7,7	203,9
166	Mineração Jade	7841420	576235	829,8	NC	CARS	11/06/91	-	-	-	5,98	-	-	6,7	340,0
167	Minerasete	7543440	575460	-	PE	GRA	14/06/91	100,0	6,2	-	-	-	-	6,6	410,0
168	SAAE-COHAB	7841825	573750	722,8	PT	CARS	11/06/91	65,0	1,0	-	-	-	-	6,7	475,0
169	SAAE - Faz. Laranjeiras	7841905	573560	-	PE	GRA	12/06/91	10,0	3,8	-	-	-	-	4,5	10,0
170	Pedras	7837840	579870	902,4	PE	GRA	11/06/91	23,0	16,6	-	-	-	-	6,7	300,0
171	Pedras	7837870	579670	-	PE	GRA	11/06/91	40,0	24,2	-	-	-	-	6,0	15,0
172	Pedras	7836830	580165	-	PT	CARS	19/06/91	61,0	22,8	-	-	-	-	6,6	190,0
173	Pedras - Condomínio	7834140	580930	-	PE	GRA	10/06/91	32,0	24,9	-	-	-	-	6,8	90,0
174	Pedras - Faz. Quebra Canzil	7838940	582480	911,5	PT	CRIS	18/10/91	65,0	7,0	-	1,80		-	6,4	72,7
175	Pedras Sítio das Pedras	7837895	577880	-	PE	GRA	08/06/91	8,0	4,1	-	-	-	-	6,2	125,0
176	Pedras Sítio das Pedras	7837850	577945	-	NC	GRA	08/06/91	-	-	-	2,99	-	-	4,5	10,0
177	Pedras Sítio Santa Rita	7837960	577895	865,4	PT	CRIS	08/06/91	90,0	4,7	-	-	-	-	5,9	90,0
178	SAAE - r. Agp. Vasc. 31	7849005	580190	-	PT	CARS	20/05/91	120,0	-	-	-	-	-	-	-
179	SAAE - Alvorada	7852340	577860	-	PT	CARS	01/11/91	100,0	-	-	seco	-	-	-	-
180	SAAE - Av. Arcos	7844215	579405	-	PT	CRIS	08/06/91	60,0	-	-	seco	-	-	-	-
181	Huracan A. Clube	7847235	578345	-	PT	CARS	25/05/91	80,0	32,0	36,4	7,92	4,4	1,8	8,2	290,0
182	SAAE - Av. Cand. Azeredo	7847200	579130	751,9	PT	CARS	20/05/91	81,0	16,0	-	43,20		-	7,7	392,0
183	SAAE - Av. Castelo Branco	7846640	577510	773,0	PT	CARS	17/05/91	68,5	-	32,0	109,80		-	7,5	305,0
184	SAAE - Av. Castelo Branco	7846585	577470	-	PT	CARS	17/05/91	104,5	-	-	seco	-	-	-	-
185	SAAE - Av. das Nações, 57	7847530	577815	772,6	PT	CARS	17/05/91	124,0	-	18,0	24,84		-	7,8	362,0
186	Curtume Chaves	7848215	581890	-	PT	CARS	28/05/91	60,0	8,4	-	51,84		-	7,6	290,0
187	Curtume Chaves	7848245	581855	736,0	NC	CARS	28/05/91	-	-	-	11,88	-	-	7,5	260,0
188	SAAE - Av. Norte, 500	7848290	582325	-	PT	CARS	16/05/91	85,0	-	14,6	34,92	-	-	7,3	350,0
189	SAAE - Av. Norte, 501	7848265	582345	731,0	PT	CARS	16/05/91	100,0	8,5	9,6	154,80	1,1	140,4	7,7	239,2
190	SAAE - Av. Perimetral	7846360	576725	-	PT	CARS	20/05/91	73,0	-	-	seco	-	-	-	-
191	SAAE - Av. Perimetral	7846785	576695	-	PE	GRA	21/05/91	20,0	18,0	-	0,36	-	-	-	-
192	SAAE - Av. Perimetral	7849335	581980	755,0	NC	GRA	28/05/91	-	-	-	6,48	-	-	5,5	420,0
193	SAAE - Av. Perimetral, 4265	7845500	578705	752,6	PT	CARS	08/07/91	70,0	1,5	39,0	17,64	37,5	0,47	6,8	310,0
194	SAAE - Av. Prof. M. Jesus	7848550	580140	-	PT	CARS	08/07/91	130,0	43,0	-	-	-	-	-	-
195	Banco Agrimisa	7846470	583410	-	PT	CARS	17/06/91	95,0	-	-	-	-	-	-	-
196	Clube Náutico	7849665	579965	766,8	PT	CARS	21/05/91	80,0	30,9	-	-	-	-	-	-
197	SAAE -Rod. Cach. Prata, 200	7846350	575850	-	PT	CARS	20/05/91	130,0	-	-	-	-	-	-	-
198	SAAE -Rod. Cach. Prata, 201	7846240	575810	-	PT	CARS	17/05/91	100,0	-	-	21,96	-	-	6,9	367,5
199	SAAE -Rod. Cach. Prata, 202	7846370	575870	-	PT	CARS	20/05/91	102,0	-	-	-	-	-	-	-
200	SAAE -Rod. Cach. Prata, km 2	7845600	575755	819,4	PT	CARS	27/05/91	141,0	-	-	29,88	-	-	8,1	407,8

OBS.: s' = rebaixamento, q = vazão específica,

CARS = cársico, PELC = pelito-carbonático, cris = cristalino, GRA = granular,

PT =poço tubular, PE =poço escavado, NC= nascente, INDEF = indefinido.

INVENTÁRIO DOS PONTOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água				Características dos Pontos D'Água										
	Local	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquifero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m3/h)	s' (m)	q (m3/h/m)	pH	C.E. MS/cm
		UTM N	UTM E												
201	SAAE -Rod. Cach. Prata, km 2	7845580	575775	-	PT	CARS	27/05/91	142,0	-	-	18,00	-	-	7,4	370,0
202	SAAE -Rod. Tropeiros, 784	7849305	578420	802,0	PT	CRIS	20/05/91	110,0	17,8	-	7,92	-	-	8,5	84,5
203	Sede - Faz. Arizona	7847660	576530	-	PT	CARS	19/06/91	101,0	-	-	-	-	-	7,4	290,0
204	SAAE - Faz. Goiabeira	7853960	581100	719,5	PT	INDEF	10/11/91	120,0	-	-	-	-	-	-	-
205	Sede - Faz. J.K.	7852320	580230	739,0	PT	CRIS	19/06/91	80,0	1,8	-	9,00	-	-	-	-
206	Sede - Faz. J.K.	7852175	580165	-	NC	GRA	19/06/91	-	-	-	4,32	-	-	6,2	100,0
207	Sede - Faz. Morro Vermelho	7852350	581495	719,0	PT	CRIS	19/06/91	82,0	1,5	20,0	14,04	18,5	0,76	-	-
208	Sede - Faz. Retiro Melancia	7842675	5778780	781,4	PT	CRIS	23/05/91	50	3,5	11,2	12,60	7,7	1,63	4,9	60,0
209	Sede - Faz. Retiro Melancia	7844490	579430	-	PT	CRIS	23/05/91	-	-	-	-	-	-	5,1	60,0
210	SAAE - Faz. Jardim Arizona	7848500	576785	-	PT	CARS	15/08/91	52,0	22,8	35,9	111,96	13,1	8,63	-	-
211	SAAE - Faz. Jardim Arizona	7848540	576780	825,7	PT	CARS	16/08/91	100,0	31,8	35,3	200,16	4,5	44,46	7,5	280,0
212	SAAE - Lagoa Boa Vista	7849010	580470	-	PT	CARS	05/06/91	100,0	49,0	54,0	56,88	6,0	9,47	6,4	272,4
213	SAAE - Lagoa Boa Vista	7848605	580175	-	PT	CARS	16/05/91	160,0	40,0	50,0	39,96	10,0	4,00	6,6	410,0
214	SAAE - Lagoa Boa Vista	7848530	580305	768,1	PT	CARS	16/05/91	-	-	-	79,92	-	-	6,5	402,0
215	SAAE - Lagoa Paulino	7848380	579110	765,5	PT	CARS	22/05/91	122,0	30,0	-	59,76	-	-	6,7	290,0
216	SAAE - Lagoa Paulino	7848425	579105	-	PT	CARS	22/05/91	123,0	30,0	-	59,76	-	-	6,9	300,0
217	Sede - Lages Pregem	7844960	581915	-	PT	CARS	18/06/91	70,0	-	-	-	-	-	8,2	400,0
218	Sede - Minerasete	7844865	577790	771,1	PE	GRA	18/06/91	5,0	0,5	-	-	-	-	5,5	90,0
219	Sede - Minerasete	7849650	577345	-	NC	GRA	18/06/91	-	-	-	-	-	-	6,5	70,0
220	SEDE - Parque Cascota	7848760	755345	-	PT	PELC	18/06/91	150,0	2,6	5,5	5,11	2,9	1,76	5,7	100,0
221	SAAE - R. Antonio Alvim	7850570	579655	-	PT	CRIS	20/05/91	61,0	-	-	1,44	-	-	-	-
222	Cerâmica Sete Lagoana	7847860	581260	735,7	PT	CARS	28/05/91	85,0	9,0	9,8	-	-	-	7,1	350,0
223	Cerâmica Sete Lagoana	7847730	581085	-	PT	CARS	28/05/91	40,0	11,7	-	55,08	0,8	68,85	7,0	160,0
224	SAAE - R. Araguaari	7846135	578675	-	PT	CRIS	20/05/91	79,0	-	-	-	-	-	-	-
225	SAAE - R. Araponga, 141	7847210	583765	737,8	PT	CARS	23/05/91	41,0	-	8,3	19,80	-	-	6,4	270,0
226	SAAE - R. Bento Paixão, 4	7846595	577905	-	PT	CARS	17/05/91	74,0	16,0	20,0	34,92	4,0	-	6,2	260,0
227	Sidersete	7848800	581375	-	PT	INDEF	27/05/91	130,0	29,0	-	-	-	8,73	6,3	150,0
228	Sede-Sidersete	7848445	581330	-	PT	CARS	27/05/91	50,0	6,0	18,0	158,04	12,0	13,1688	-	-
229	Sede-Sidersete	7848665	581265	743,7	PT	INDEF	27/05/91	54,0	13,6	-	-	-	-	6,8	240,0
230	Sede Nordeste Siderurgica	7848605	581250	744,0	PT	CARS	27/05/91	141,0	13,5	-	-	-	-	6,2	400,0
231	SAAE - R. Braz Filizola	7846880	579965	-	PT	CARS	17/05/91	74,0	-	-	34,92	-	-	6,2	350,0
232	SAAE - R. CArvalho Rico, 339	7850125	578650	809,4	PT	CRIS	20/05/91	78,0	-	29,7	5,04	-	-	6,7	100,0
233	SAAE -R. Chiquinha Avelar	7846635	581340	-	PT	CARS	20/05/91	81,0	-	-	-	-	-	-	-
234	Sede - R. Ciriena, 101	7847125	583765	-	PE	GRA	23/05/91	7,5	5,1	-	0,36	-	-	4,9	14,0
235	SAAE - R. das Melancias	7845270	579295	-	PT	CRIS	17/05/91	75,0	4,0	11,9	21,96	7,9	2,78	7,4	220,0
236	SAAE - R. D. João VI, 45	7846265	580705	746,0	PT	CARS	17/05/91	80,0	-	17,6	43,92	-	-	7,2	450,0
237	Sede R. Agripa Vasconc.	7849180	580190	-	PE	GRA	18/16/91	6,0	1,3	-	0,36	-	-	5,1	220,0
238	SAAE - R. Emilia, 56	7848160	580150	-	PT	CARS	16/05/91	120,0	-	-	39,96	-	-	7,0	447,0
239	SAAE - R. Emilia, 57	7848980	580090	765,9	PT	CARS	16/05/91	90,0	40,0	56,1	100,08	16,1	6,21	6,5	430,0
240	SAAE - R. José França, 455	7849110	578620	-	PT	CRIS	20/05/91	134,0	-	-	6,84	-	-	6,7	130,0

OBS.: s' = rebaixamento, q = vazão específica,

CARS = cárstico, PELC = pelito-carbonático, cris = cristalino, GRA = granular,

PT =poço tubular, PE =poço escavado, NC= nascente, INDEF = indefinido.

INVENTÁRIO DOS PONTOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água				Características dos Pontos D'Água										
	Local	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquífero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m3/h)	s' (m)	q (m3/h/m)	pH	C.E. MS/cm
		UTM N	UTM E												
241	SAAE - R. Felipe Vasconc.	7848595	579200	-	PT	CARS	16/05/91	90,0	-	-	90,00	-	-	6,6	340,0
242	SAAE - R. Goiás, S/Nº	7848755	579705	-	PT	CARS	08/06/91	180,0	-	-	0,72	-	-	-	-
243	FEVEF - R. Inhaúma, 1921	7846980	578640	759,8	PT	CARS	17/05/91	45,0	22,7	-	11,88	-	-	8,2	244,7
244	SAAE - R. João Dam., 774	7846590	576970	-	PT	CARS	17/05/91	104,0	-	27,9	34,92	-	-	7,8	248,4
245	Frigorífico Vapabuçu	7848215	580955	-	PT	CARS	28/05/91	81,0	15,0	17,0	24,48	1,0	24,48	7,5	336,4
246	SAAE - R. José Calmon	7846750	580020	-	PT	CARS	17/05/91	71,0	-	-	-	-	-	-	-
247	SAAE - R. José Calmon	7846770	580000	-	PT	CARS	17/05/91	74,0	-	-	36,00	-	-	6,3	360,0
248	SAAE - R. José Viana	7849400	579440	764,8	PT	CARS	21/05/91	93,0	16,0	40,0	50,04	24,0	2,08	7,1	216,0
249	SAAE - R. José Félix	7848980	580165	764,6	PT	CARS	10/06/91	155,0	26,0	26,8	39,96	-	-	-	-
250	CEMIG	7848610	578560	783,4	PT	CARS	24/06/91	90,0	56,0	60,8	-	-	-	7,5	-
251	Hosp. N.S. Graças	7847510	580055	745,3	PT	CARS	22/05/91	80,0	-	18,3	-	-	-	7,1	-
252	Hosp. N.S. Graças	7847510	580055	-	NC	GRA	22/05/91	-	-	-	1,80	-	-	5,3	220,0
253	Hosp. N.S. Graças	7847510	580055	-	PE	GRA	22/05/91	5,0	0,9	-	1,80	-	-	5,3	220,0
254	SAAE - R. Major Castan, 65	7848650	579230	-	PT	CARS	16/05/91	112,0	52,0	54,0	72,00	2,0	72	7,9	253,0
255	SAAE - R. Major Castan, 66	7848620	579235	765,7	PT	CARS	16/05/91	80,0	-	-	36,00	-	-	-	-
256	SAAE - R. Mirasol	7850140	578985	-	PT	INDEF	10/06/91	-	-	-	seco	-	-	-	-
257	SAAE - R. Nic. Lanza	7848620	579200	-	PT	CARS	16/05/91	66	30,0	38,0	126,00	8,0	15,75	7,1	300,0
258	SAAE - R. Nic. Lanza	7848420	579170	-	PT	CARS	16/05/91	55	-	-	-	-	-	6,8	340,0
259	Miner. Canaan	7846335	575730	818,5	PT	CARS	14/06/91	-	54,2	-	-	-	-	7,0	210,0
260	Posto Arizona	7847005	577050	-	PT	CARS	22/05/91	70,0	30,0	45,0	5,40	15,0	0,36	8,3	317,4
261	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847330	580340	-	PT	CARS	24/05/91	100,0	14,5	17,6	111,60	3,1	36	-	-
262	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847280	580135	-	PT	CARS	24/05/91	60,0	22,0	22,4	47,88	0,4	119,7	7,0	310,0
263	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847165	580135	-	PT	CARS	24/05/91	122,0	21,8	40,0	54,00	18,2	2,97	7,2	340,0
264	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847310	580135	-	PT	CARS	24/05/91	-	13,3	-	-	-	-	6,3	390,0
265	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847360	580135	740,1	PT	CARS	24/05/91	100,0	12,0	14,0	111,60	2,0	55,8	7,3	390,0
266	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847225	579900	-	PT	CARS	24/05/91	114,0	24,8	41,6	23,40	16,8	1,3896	8,1	420,0
267	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847270	579900	747,0	PT	CARS	24/05/91	94,0	10,3	-	-	-	-	-	-
268	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847270	579870	-	PT	CARS	24/05/91	43,0	-	-	-	-	-	-	-
269	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847290	579945	656,2	PT	CARS	24/05/91	43,0	-	-	39,96	-	-	6,6	425,0
270	Cia. Fia. C. Cachoeiro	7847315	579985	651,2	PT	CARS	24/05/91	109,0	18,4	34,5	36,00	16,1	2,24	6,9	310,0
271	Cerâm. São Sebastião	7846940	580495	743,7	PT	CARS	24/05/91	65,0	9,8	10,5	21,96	0,7	31,3704	6,6	350,0
272	Coop. RPL - SL	7847490	579560	-	PT	CARS	22/05/91	56,0	28,7	-	14,40	-	-	6,9	540,0
273	Coop. RPL - SL	7847460	579565	-	PT	CARS	22/05/91	-	24,5	-	-	-	-	-	-
274	SAAE - R. Prof. Abeylard	7848720	579115	-	PT	CARS	16/05/91	90,0	-	-	39,96	-	-	6,5	260,0
275	SAAE - R. Prof. Abeylard	7848760	579120	-	PT	CARS	16/05/91	85,0	-	-	-	-	-	-	-
276	Posto São Sebastião	7848870	580200	-	PT	CARS	18/06/91	147,0	52,4	-	2,88	-	-	-	-
277	Siderúrgica - SAMA	7848825	580910	-	PT	CARS	27/05/91	140,0	-	-	3,24	-	-	6,2	250,0
278	SAAE - R. Rio Urucua	7846590	577720	766,0	PT	CARS	17/05/91	120,0	-	-	108,00	-	-	8,0	211,6
279	SAAE - R. Stª Luzia, 64	7849200	580305	769,7	PT	CARS	16/05/91	150,0	38,0	46,0	60,12	8,0	7,5132	6,5	380,0
280	SAAE - R. Sat. Verde, 181	7847450	582155	-	PT	CARS	16/05/91	66,0	-	-	39,96	-	-	6,5	240,0

OBS.: s' = rebaixamento, q = vazão específica,

CARS = cárstico, PELC = pelito-carbonático, cris = cristalino, GRA = granular,

PT = poço tubular, PE = poço escavado, NC = nascente, INDEF = indefinido.

INVENTÁRIO DOS PONTOS D'ÁGUA DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água				Características dos Pontos D'Água										
	Local	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquífero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m3/h)	s' (m)	q (m3/h/m)	pH	C.E. MS/cm
		UTM N	UTM E												
281	SAAE - R. Tapajós	7851065	579500	-	PT	CRIS	20/05/91	34,5	3,4	13,9	10,80	10,5	1,026	-	-
282	Trav. Olavo Bilac, s/nº	7846815	576780	-	PE	GRA	21/05/91	25,0	14,0	-	0,72		-	5,0	17,0
283	SAAE - R. Unaí, s/nº	7851270	581615	-	PT	CRIS	20/05/91	70,0	-	-	-		-	-	-
284	SAAE - R. 21 de Setembro, 721	7846770	579085	761,9	PT	CARS	23/05/91	91,0	28,8	-	22,32		-	-	-
285	Frigor. Cossisa	7848765	581960	-	PT	CARS	28/05/91	75,0	-	-	79,20		-	7,9	260,0
286	Sede - Serra Stª Helena	7848415	576295	-	PT	CARS	27/05/91	100,0	-	-	seco		-	-	-
287	Siderúrgica Cossisa	7848465	581155	-	PT	CARS	27/05/91	65,0	-	-	-		-	7,5	390,0
288	SAAE - Silva Xavier	7861675	579905	713,0	PT	PELC	21/05/91	78,0	5,8	25,0	12,60	19,2	0,6552	6,8	107,0
289	Faz. do Raimundo	7861350	577050	-	NC	PELC	27/06/91	-	-	-	1,01		-	5,9	29,0
290	Sítio Boa Vista	7862690	579690	661,3	PE	GRA	26/06/91	30,0	20,5	-	-		-	6,4	80,0
291	Sítio Brejão	7846605	583500	-	PE	GRA	17/06/91	16,0	-	-	-		-	4,3	95,0
292	Sítio Curral Queimado	7861720	585500	-	PE	GRA	27/08/91	12,8	-	-	-		-	4,1	14,0
293	Sítio Dois Irmãos	7854995	583600	712,0	PE	GRA	24/06/91	-	4,5	-	-		-	5,1	15,0
294	Sítio Tamanduá	7848855	584125	720,2	NC	CARS	25/06/91	-	-	-	43,20		-	6,5	131,0

OBS.: s' = rebaixamento, q = vazão específica,

CARS = cárstico, PELC = pelito-carbonático, cris = cristalino, GRA = granular,

PT =poço tubular, PE =poço escavado, NC= nascente, INDEF = indefinido.

ANEXO III

INVENTÁRIO COMPLEMENTAR DE PONTOS D'ÁGUA PARA BACIA DO RIBEIRÃO JEQUITIBÁ

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água					Características dos Pontos D'Água										
	Local	Mun.	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquífero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	s' (m)	q	pH	C.E. MS/cm
			UTM N	UTM E										(m³/h/m)		
1	Prefeitura Municipal	JQ	7872470	602010	-	PT	PELC	13/12/91	100	25,00	51,00	6,00	26,00	0,23	7,4	156
2	Faz. Brauna II	FU	7854390	591510	-	PE	GRA	30/08/91	17,20	10,20	-	0,54		-	4,1	24
3	Faz. Brauna II	FU	7854250	592650	737,2	PT	PELC	30/08/91	150,00	13,00	25,50	13,97	12,50	1,12	7,1	150
4	Faz. Aguada	FU	7867990	596650	-	PE	GRA	26/08/91	4,90	1,30	-	0,36	-	-	5,2	80
5	Faz. Colina Verde	FU	7861910	588635	-	PT	PELC	27/08/91	96,00	11,90	23,00	12,24	11,10	1,10	6,7	220
6	Faz. da Mata	FU	7862750	590280	672,6	PT	PELC	26/08/91	80,00	1,00	17,30	72,00	16,30	4,43	7,3	236
7	Patronato - Stª Casa	FU	7867860	599850	-	PE	GRA	26/08/91	13,20	9,20	-	2,16	-	-	5,3	100
8	Granja Juliana	FU	7860590	589430	667,4	PT	PELC	20/06/91	80,00	12,00	28,00	13,97	16,00	0,86	7,9	220
9	João Pinheiro - Creche	FU	7865640	593940	637,9	PT	PELC	26/08/91	100,00	5,30	11,20	9,97	5,90	1,69	7,4	220
10	J. Pinheiro - Faz. Contagem	FU	7866290	591620	-	PE	GRA	26/08/91	16,00	12,10	-	1,44	-	-	4,2	23
11	J. Pinheiro - R. João D. 32	FU	7865135	593905	-	PE	GRA	26/08/91	17,90	13,80	-	1,08	-	-	4,5	16,5
12	J.Pinheiro - Faz.S.Geraldo	FU	7862050	594090	-	PE	GRA	26/08/91	11,00	7,40	-	0,72	-	-	3,8	225
13	Campo de Santana	PM	7844600	590525	-	PT	CARS	21/08/91	-	4,60	-	-	-	-	8,0	110
14	IMICAL	PM	7843800	591860	-	PE	GRA	17/07/91	20,00	5,60	-	1,08	-	-	5,1	14,7
15	Brasilit	PM	7844185	591000	-	PT	CARS	21/08/91	126,00	26,40	32,00	28,80	5,60	5,60	7,3	190
16	Av. Athon. Pires, 108	PM	7844215	590930	759,9	PT	CARS	19/08/91	43,00	28,00	30,00	18,00	2,00	9,00	7,9	140
17	Rua dos Poços, s/nº	PM	7843780	591110	729,6	PT	CARS	19/08/91	-	-	16,00	36,00	-	-	7,5	320
18	Rua dos Poços, s/nº	PM	7843725	591135	729,4	PT	CARS	19/08/91	-	-	-	1,80	-	-	7,5	340
19	Rua dos Poços, s/nº	PM	7843765	591155	729,0	NC	GRA	19/08/91	-	-	-	37,80	-	-	5,3	55
20	Faz. Fantasia	PM	7848305	589290	-	PT	GRA	19/08/91	90,00	3,40	-	57,96	-	-	6,4	150
21	Faz. Fantasia	PM	7848205	589440	705,3	PT	GRA	19/08/91	150,00	5,00	-	8,64	-	-	6,6	160
22	Faz. Porteira do Arraial	PM	7844880	593205	-	PT	CARS	20/08/91	80,00	21,80	22,00	5,40	0,20	43,20	7,2	320
23	Faz. Sangradouro	PM	7844025	587990	-	NC	GRA	21/08/91	-	-	-	-	-	-	6,9	305
24	Faz. Sapé	PM	7847265	590420	-	NC	GRA	20/08/91	-	-	-	7,92	-	-	5,3	19
25	Faz. Taquaril	PM	7844020	582025	769,2	PT	CARS	19/08/91	83,00	18,80	-	5,40	-	-	7,9	410
26	Faz. Traquinio - Funagro	PM	7890975	592415	-	PT	CARS	18/07/91	-	6,70	-	90,00	-	-	7,8	320
27	MG 424 - Km 53	PM	7851500	589395	686,7	PT	CARS	29/08/91	77,00	0,90	8,00	0,72	7,10	12,67	8,0	300
28	EFOC - Eimcal	PM	7843355	592895	-	PE	GRA	19/07/91	15,50	10,50	-	2,88	-	-	6,9	320
29	Eimcal - MG 424, Km 53	PM	7842810	592700	801,4	PT	CARS	20/07/91	-	7,50	-	36,00	-	-	7,2	340
30	Eimcal - MG 424, Km 54	PM	7841840	592415	780,7	PT	CARS	19/07/91	70,00	1,90	-	10,00	-	-	7,9	465
31	Eimcal - MG 424, Km 55	PM	7841575	593500	-	PT	CARS	19/07/91	-	16,10	-	4,32	-	-	-	-
32	Eimcal - MG 424, Km 56	PM	7841470	593500	798,2	PT	CARS	19/07/91	-	15,20	-	1,20	-	-	7,2	435
33	Eimcal - MG 424, Km 57	PM	7841735	593195	-	PT	CARS	19/07/91	-	-	-	-	-	-	7,2	400
34	Polícia Rodoviária	PM	7845000	590620	744,5	PT	CARS	19/08/91	-	13,70	21,00	0,70	7,30	-	6,9	220
35	EPAMIG	PM	7847905	587775	-	PE	GRA	22/08/91	8,00	4,50	-	0,10	-	-	6,6	33
36	Sede - Calc. Itacolomi	PM	7845165	588515	-	PT	CARS	15/08/91	86,00	3,90	14,50	10,00	10,60	-	7,2	280
37	Sede - Calc. Itacolomi	PM	7845185	588430	-	NC	CARS	15/08/91	-	-	-	3,30	-	-	7,2	250
38	Sede - São João II	PM	7845130	588415	727,0	PT	CARS	15/08/91	-	3,50	3,60	2,20	0,10	-	7,3	244
39	Sede - São João II	PM	7845200	588535	-	PT	CARS	21/08/91	-	-	-	SECO	-	-	-	-

Obs.: Município: JQ= Jequitibá, FU= Funilândia, PM= Prudente de Moraes; PT= poço tubular, PE= poço escavado, NC= nascente.

INVENTÁRIO COMPLEMENTAR DE PONTOS D'ÁGUA PARA BACIA DO RIBEIRÃO JEQUITIBÁ

Nº do Ponto	Identificação dos Pontos D'Água					Características dos Pontos D'Água										
	Local	Mun.	Coordenadas		Altitude m N M	Natureza	Aquífero	Data Coleta	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	s' (m)	q (m³/h/m)	pH	C.E. MS/cm
			UTM N	UTM E												
40	Sede - Estação Velha	PM	7845350	589365	741,5	PT	CARS	21/08/91	80,00	21,00	21,60	16,60	0,60	-	7,6	340
41	Sede - MG 424 - Km 63	PM	7847000	589135	711,6	PT	CARS	04/12/91	75,00	0,00	4,00	44,00	4,00	-	8,0	298
42	Sede - MG 424 - Km 64	PM	7847020	587130	-	PT	CARS	15/08/91	70,00	5,30	8,40	1,50	3,10	-	7,7	300
43	Sede - MG 424 - Km 65	PM	7847040	587120	-	PT	CARS	15/08/91	-	5,30	5,60	11,10	0,30	-	7,6	320
44	Sede - MG 424 - Km 66	PM	7847010	587180	780,0	PT	CARS	15/08/91	65,00	5,70	-	16,60	-	-	7,7	300
45	Sede - MG 424 - Km 67	PM	7846985	587205	-	PT	CARS	15/08/91	-	-	-	-	-	-	7,4	290
46	Sede - R. João Batista Cruz	PM	7845065	588555	747,9	PT	CARS	21/08/91	96,00	34,10	-	-	-	-	-	-
47	Sítio Santo Antonio	PM	7844655	5885201	783,6	PT	CARS	21/08/91	60,00	29,10	-	2,00	-	-	6,9	120

Obs.: Município: JQ= Jequitibá, FU= Funilândia, PM= Prudente de Moraes; PT= poço tubular, PE= poço escavado, NC= nascente.

ANEXO IV

INVENTÁRIO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS PONTOS D'ÁGUA DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA			PARÂMETROS ANALISADOS																		
	Local	Nat	Data	pH	C.E.	Dureza	HCO ₃ ⁻		CO ₃ ⁼		Cl ⁻		SO ₄ ⁼		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		Na ⁺		K ⁺	
					MS/cm	mg/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
3	Cemitério Parque B.Vista	PT	31/08/93	7,9	228,8	116,0	93,3	1,53	ND	ND	3,49	0,10	1,00	0,02	35,00	1,75	2,15	0,18	0,24	0,01	0,120	0,01
13	Barreiro (SAAE)	PT	02/09/93	7,8	447,2	196,6	218,8	3,59	ND	ND	2,99	0,08	2,30	0,05	59,50	2,98	5,90	0,49	3,55	0,15	0,530	0,04
16	Siderúrgica Plantar	PT	20/08/93	7,4	450,0	186,8	241,5	3,96	ND	ND	6,96	0,20	9,40	0,20	56,00	2,80	8,85	0,73	16,00	0,70	0,700	0,02
25	Siderúrgica Ironsider	PT	24/08/93	8,3	328,6	191,80	210,4	3,45	ND	ND	1,00	0,03	4,10	0,09	53,00	2,65	5,00	0,41	3,55	0,15	1,000	0,03
27	Posto Canecão	PT	28/10/91	6,7	400,0	195,1	262,9	4,31	ND	ND	3,99	0,11	1,00	0,02	73,00	3,65	3,10	0,26	3,35	0,15	0,620	0,02
30	Siderúrgica Itaminas	PT	26/08/87	8,0	316,4	208,0	251,3	4,12	ND	ND	ND	ND	5,00	0,10	64,00	3,20	12,00	0,99	ND	ND	ND	ND
34	Siderúrgica Itaminas	PT	23/08/93	7,6	312,0	115,0	231,9	3,80	ND	ND	2,49	0,07	3,70	0,08	72,00	3,60	1,75	0,15	0,85	0,04	0,800	0,02
36	Fazenda Mariândia	PT	20/08/93	7,9	364,0	210,8	234,3	3,84	ND	ND	4,99	0,14	2,80	0,06	85,00	3,25	3,40	0,28	2,40	0,10	0,510	0,01
38	Posto Itaminas	PT	31/10/91	7,5	546,0	204,0	258,9	4,25	ND	ND	3,99	0,11	2,50	0,05	78,50	3,93	1,95	0,16	0,90	0,04	0,990	0,03
48	Siderúrgica Ironbras	PT	17/05/89	8,1	391,0	268,0	454,9	7,46	ND	ND	0,73	0,02	6,00	0,13	46,40	2,32	38,00	3,13	ND	ND	ND	ND
50	Siderúrgica MGS	PT	28/10/91	6,9	530,4	228,3	283,7	4,65	ND	ND	8,68	3,50	3,50	0,07	68,00	3,40	14,20	1,17	2,35	0,10	0,680	0,02
51	Siderúrgica MGS	PT	23/08/93	7,7	416,0	215,6	228,4	3,75	ND	ND	5,99	0,17	5,50	0,11	58,00	2,80	10,20	0,84	1,60	0,07	0,710	0,02
52	Siderúrgica Sicafe	PT	23/08/93	7,7	364,0	158,0	209,2	3,43	ND	ND	4,47	0,32	2,90	0,06	43,00	2,15	6,00	0,50	22,90	1,00	1,200	0,03
53	Siderúrgica Sicafe	PT	13/07/89	7,9	150,9	94,0	133,1	2,18	ND	ND	0,25	0,01	30,4	1,52	4,50	0,37	ND	ND	ND	ND	ND	ND
54	Siderúrgica Cifercal	PT	24/08/93	7,4	424,0	225,0	222,4	3,65	ND	ND	5,99	0,17	5,90	0,12	74,00	3,70	3,05	0,25	2,45	0,11	0,700	0,02
57	Siderúrgica Interlagos	PT	31/10/91	6,8	169,4	68,4	108,1	1,77	ND	ND	3,89	0,11	ND	ND	18,50	0,93	5,40	0,45	9,20	0,4	2,140	0,06
67	Estiva (SAAE)	PT	02/09/93	7,8	280,8	145,5	165,0	2,71	ND	ND	3,49	0,10	2,30	0,05	45,50	2,28	2,80	0,23	3,80	0,17	0,460	0,01
70	Fazenda Bacupari	NC	31/06/93	7,3	426,4	234,4	257,1	4,22	ND	ND	2,99	0,08	2,90	0,06	74,50	3,73	3,20	0,26	2,50	0,11	0,500	0,01
73	Faz. Barreiro Alto	PT	08/09/93	7,3	197,6	92,0	117,2	1,92	ND	ND	1,99	0,06	ND	ND	26,00	1,30	3,10	0,26	6,20	0,27	0,530	0,01
76	Faz. Bocaina	NC	27/08/91	7,4	325,5	182,1	255,0	4,18	ND	ND	0,93	0,03	5,50	0,11	69,00	3,45	2,40	0,20	0,81	0,04	0,380	0,01
90	Faz. Taboas	NC	27/08/91	7,3	324,0	184,5	258,2	4,23	ND	ND	2,07	0,06	2,00	0,04	63,00	3,15	6,60	0,55	3,80	0,17	0,640	0,02
100	Faz. Imbiruçu	PT	20/08/93	7,8	213,2	87,6	86,1	1,41	ND	ND	ND	ND	2,00	0,04	29,00	1,45	2,40	0,20	1,20	0,05	0,500	0,01
117	Faz. Querença	PT	08/09/93	8,0	112,2	18,6	16,7	0,28	ND	ND	0,50	0,01	ND	ND	4,00	0,20	0,80	0,07	0,60	0,03	0,180	0,01
127	Faz. Velha	PT	04/11/92	7,0	322,4	138,4	164,5	2,70	ND	ND	1,50	0,04	7,0	0,15	67,50	1,88	8,80	0,73	4,50	0,20	0,59	0,03
134	Lontra	PT	20/08/93	7,6	63,6	24,0	24,4	0,40	ND	ND	1,99	0,06	2,6	0,05	4,30	0,22	0,80	0,07	6,50	0,28	3,35	0,09
138	Machados	NC	29/10/91	6,0	275,6	145,5	198,9	3,26	ND	ND	0,10	0,00	ND	ND	52,00	2,60	3,80	0,31	0,75	0,03	0,26	0,01
147	Faz. Boa Esperança	PT	08/09/93	7,7	176,8	96,2	98,8	1,62	ND	ND	ND	ND	ND	ND	21,00	1,25	2,65	0,22	0,62	0,03	0,36	0,01
151	FEBEM	PT	24/08/93	6,9	31,2	21,6	25,1	0,41	ND	ND	1,50	0,04	1,70	0,035	3,80	0,18	2,10	0,17	4,45	0,19	0,70	0,02
152	Exército - 4º GAAE	PT	31/10/91	8,0	187,2	72,6	121,8	2,00	ND	ND	0,80	0,02	0,50	0,01	20,00	1,00	5,50	0,45	11,40	0,50	0,64	0,02
161	EMBRAPA	PT	31/08/93	7,7	260,0	150,4	166,2	2,73	ND	ND	1,50	0,04	1,0	0,02	46,50	2,33	2,45	0,20	1,02	0,04	0,16	0,00
164	EMBRAPA	PT	31/08/93	7,4	374,4	207,4	228,4	3,75	ND	ND	1,50	0,04	2,3	0,05	61,00	3,05	7,40	0,61	1,44	0,06	0,27	0,01
165	Granja Juliana	PT	31/08/93	7,9	275,4	141,2	155,4	2,55	ND	ND	3,99	0,11	ND	ND	43,00	2,15	2,45	0,20	0,40	0,02	0,11	0,00

Obs.: nat=natureza do ponto

(PT=poço tubular; PE=poço escavado; NC=nascente)

CE=condutividade elétrica da água;

ND=não detectado

INVENTÁRIO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS PONTOS D'ÁGUA DE SETE LAGOAS

Nº do Ponto	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA				PARÂMETROS ANALISADOS																	
	Local	Nat	Data	pH	C.E.	Dureza	HCO ₃ ⁻		CO ₃ ²⁻		Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		Na ⁺		K ⁺	
					MS/cm	mg/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
174	Faz. Quebra Canzil	PT	21/10/91	6,3	73,50	22,1	42,2	0,69	ND	ND	0,87	0,03	ND	ND	6,70	0,34	1,30	0,11	5,60	0,24	1,20	0,03
177	Sítio Stª Rita	PT	23/08/93	7,7	132,5	49,8	77,7	1,28	ND	ND	2,49	0,07	1,20	0,03	10,00	0,50	3,60	0,30	8,80	0,38	1,10	0,03
182	Rodoviária	PT	27/07/91	8,7	150,0	16,6	85,9	1,41	ND	ND	21,92	0,62	0,40	0,01	5,00	0,25	1,00	0,08	29,00	1,26	2,20	0,06
183	SAAE - Henrique Nery	PT	04/11/92	6,9	347,9	169,4	185,3	3,04	ND	ND	1,90	0,05	3,60	0,08	57,00	2,85	3,60	0,30	0,75	0,03	0,33	0,01
185	Av. das Nações	PT	04/11/92	7,3	362,8	246,8	199,8	3,27	ND	ND	2,20	0,06	7,00	0,15	70,00	3,50	3,60	0,30	0,80	0,00	0,47	0,00
186	Curtume Chaves	PT	31/08/93	7,6	306,0	171,2	172,2	2,82	ND	ND	3,99	0,11	1,00	0,02	53,50	2,68	3,25	0,27	1,56	0,07	0,20	0,01
188	SAAE - C.D.I.	PT	04/11/92	7,2	393,6	176,2	211,4	3,47	ND	ND	6,09	0,17	3,60	0,08	60,00	3,00	4,00	0,33	7,10	0,31	1,52	0,04
189	SAAE - C.D.I.	PT	07/07/91	6,8	291,6	150,1	195,2	3,20	ND	ND	3,12	0,09	1,60	0,03	55,00	2,75	3,10	0,26	3,20	0,14	0,8	0,02
198	SAAE - Eldorado	PT	29/10/91	6,6	315,0	172,2	226,9	3,72	ND	ND	3,49	0,10	0,50	0,01	67,00	3,35	1,20	0,10	0,70	0,03	0,42	0,01
200	Sítio Bandeirante	PT	24/08/93	8,0	416,0	229,0	217,6	3,57	ND	ND	9,98	0,28	1,70	0,04	75,00	3,75	1,65	0,14	1,90	0,08	0,50	0,01
202	Vila Vicentina	PT	04/11/92	6,5	64,50	19,0	34,5	0,57	ND	ND	0,50	0,01	ND	ND	3,00	0,25	1,30	0,11	6,70	0,29	1,11	0,03
211	Jardim Arizona	PT	01/09/93	7,5	285,60	143,3	149,9	2,31	ND	ND	9,18	0,26	10,75	0,22	64,00	3,20	2,00	0,17	1,85	0,08	0,60	0,01
212	Lagoa Boa Vista	PT	05/11/92	ND	272,40	143,6	163,5	2,68	ND	ND	0,80	0,02	1,20	0,03	46,00	2,30	2,80	0,23	1,80	0,08	0,51	0,01
215	Lagoa Paulino	PT	25/06/82	8,1	ND	160,0	194,0	3,18	ND	ND	0,50	0,01	1,00	0,02	57,60	2,88	4,00	0,33	ND	ND	ND	ND
220	Parque Cascata	PT	13/04/87	6,9	ND	32,5	42,7	0,70	ND	ND	1,43	0,04	ND	ND	8,20	0,41	3,00	0,25	ND	ND	ND	ND
226	Horta	PT	01/04/86	7,7	ND	166,0	197,6	3,24	ND	ND	1,50	0,04	3,00	0,06	59,20	2,96	4,50	0,37	ND	ND	ND	ND
235	Faz. Melancias	PT	27/07/91	6,2	170,0	82,5	123,1	2,02	ND	ND	0,10	0,00	0,30	0,01	19,50	0,98	8,20	0,68	7,70	0,34	1,7	0,04
236	Bairro Progresso	PT	01/09/93	7,2	459,0	215,7	215,2	3,53	ND	ND	10,20	0,29	16,50	0,34	78,00	3,90	5,00	0,41	3,10	0,14	1,62	0,04
238	José Custódio	PT	27/07/91	6,5	391,4	175,3	212,0	3,48	ND	ND	8,42	0,24	0,40	0,01	66,00	3,30	2,51	0,21	12,00	0,52	0,8	0,02
243	FEVEF	PT	24/08/93	8,3	280,8	150,4	167,4	2,75	ND	ND	2,49	0,07	2,10	0,04	48,00	2,40	2,30	0,19	0,50	0,02	0,25	0,01
244	Henrique Nery	PT	27/07/91	7,0	331,7	150,7	197,5	3,24	ND	ND	1,04	0,03	1,60	0,03	55,00	2,75	3,25	0,27	0,80	0,04	0,30	0,01
245	Frigorífico Vapabuçu	PT	31/08/93	7,4	356,0	188,4	205,6	3,37	ND	ND	4,49	0,13	1,90	0,04	58,00	2,90	3,35	0,28	6,45	0,28	0,56	0,01
248	Lagoa José Félix	PT	05/11/92	7,1	216,3	107,0	122,4	2,00	ND	ND	0,40	0,01	1,10	0,02	30,50	1,53	3,30	0,27	1,70	0,07	0,57	0,02
254	Mucuri	PT	27/07/91	6,9	338,0	160,9	196,7	3,23	ND	ND	2,08	0,06	0,70	0,02	60,00	3,00	2,70	0,22	3,50	0,15	0,40	0,01
260	Posto Arizona	PT	29/10/91	8,1	364,0	210,4	226,9	3,74	ND	ND	1,70	0,05	2,50	0,05	79,00	3,95	3,20	0,26	0,85	0,03	0,32	0,01
265	Cedro Cachoeiro	PT	28/10/91	7,3	401,7	179,6	259,9	4,26	ND	ND	4,09	0,12	0,50	0,01	66,00	3,30	3,60	0,30	9,20	0,4	0,62	0,02
266	Cedro Cachoeiro	PT	28/10/91	7,0	469,2	232,9	276,9	4,54	ND	ND	14,86	0,42	0,50	0,01	87,00	4,35	3,80	0,31	13,60	0,59	0,49	0,01
278	Horto Florestal	PT	27/07/91	7,3	260,0	136,4	174,3	2,86	ND	ND	1,04	0,03	0,90	0,02	49,00	2,45	3,40	0,28	0,70	0,03	0,30	0,01
280	Lagoa Vapabuçu	PT	27/07/91	7,6	249,6	131,8	173,7	2,85	ND	ND	0,10	0,00	0,40	0,08	48,50	2,43	2,60	0,22	0,60	0,03	0,20	0,01
288	Silva Xavier	PT	02/09/93	7,2	93,60	46,00	55,0	0,90	ND	ND	7,98	0,23	3,20	0,07	11,00	0,55	2,50	0,21	6,45	0,28	0,36	0,01
294	Sítio Tamanduá	NC	22/10/91	5,8	132,8	63,18	81,0	1,33	ND	ND	2,07	0,06	0,50	0,01	22,50	1,13	1,70	0,14	1,65	0,07	0,78	0,02

Obs.: nat=natureza do ponto
 (PT=poço tubular; PE=poço escavado; NC=nascente)
 CE=condutividade elétrica da água;
 ND=não detectado

ANEXO V

MAPA I

POTENCIALIDADES AQUÍFERAS

MAPA DE POTENCIALIDADES AQUÍFERAS DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS - MG

ESCALA: 1:50.000
1 km 0 1 2 3 km
PROJEÇÃO TRANSVERSA DE MERCATOR
1993

Mapa elaborado por Paulo Fernando P. Pessoa para dissertação de mestrado do curso de Pós-Graduação em Hidrogeologia, do Instituto de Geo-Ciências da Universidade de São Paulo.

Base cartográfica gerada a partir da digitalização das folhas SE-23-Z-C-11, Sete Lagoas 1a. edição, 1979; SE-23-Z-C-V-4, Cachoeira das Pedras, 1a. edição, 1979; e SE-23-Z-C-V-2, Piedra Leopoldo, 1a. edição, 1979, Fundação IBGE.

Serviços de amostragem, interpretação de contos de nível e digitalização executados pela EMBRAFOTO S/A. Municipalização, plotagem, relaxamento e reprodução em cartaz da base executados pela Companhia de Planejamento S/A - COMPLASA. Atualização executada por Rosângela O. Barros Souza, baseada em contos de 1980, escala 1:10.000 (não realizado em 1988) pela EMBRAFOTO S/A, para CEMIG e em dados de campo fornecidos pelas equipes técnicas do CETEC e CPRI, respectivamente.

Limite municipal segundo contos da CEMIG.

Origem da quilometragem Equador e Meridiano 45°W Gr., acréscimos em centímetros 10.000 km e 500 km, respectivamente.

Digitalização: Axi Computação Gráfica Ltda - Tel. 298-9048

LEGENDA

DOMÍNIOS DE POTENCIALIDADES AQUÍFERAS

- POTENCIALIDADE MUITO ALTA:** aquíferos cársticos com elevada condutividade hidráulica marcada por alto índice de carstificação, conformado por vários níveis de entradas d'água. Aproveitamento através de poços tubulares com profundidades de até 80 metros para vazões superiores a 100 m³/h, com diâmetro maior ou igual a 10 polegadas, e vazões entre 40 e 100 m³/h, com diâmetros de 8 ou 10 polegadas. Elevadas vazões específicas e médios rebaixamentos (< 20m). Dispensa presença de filtros; revestimentos de no máximo 15 metros de profundidade. Águas de boa qualidade, potáveis "in natura"
- POTENCIALIDADE ALTA:** aquíferos cársticos com elevada condutividade hidráulica marcada por índice de carstificação médio a alto, conformado por até quatro níveis de entradas d'água. Podem apresentar zonas de calcários ímpuros, com intercalações argilosas. Aproveitamento através de poços tubulares com profundidade de até 100 metros para vazões superiores a 40 m³/h, com diâmetros de 8 ou 10 polegadas, e vazões entre 10 e 40 m³/h para diâmetros de 6 polegadas. Elevadas vazões específicas e pequenos a médios rebaixamentos (< 40 m). Filtros não são recomendados, na maioria dos casos.
- POTENCIALIDADE MODERADA:** aquíferos pelito-carbonáticos fraturados, com armazenamento em zonas de fraturas de ardósias e calcários intercalados, e nas zonas porosas dos mantos de alteração. Condutividade hidráulica média em zonas de porosidade secundária e baixa no meio poroso. Aproveitamento através de poços tubulares com profundidades de até 120 metros e vazões entre 3 e 10 m³/h nas zonas de topografia mais elevada, e de até 100 metros com vazões superiores a 10 m³/h. Vazões específicas baixas e rebaixamentos médios (< 20 m). Filtros são recomendados em grande parte dos casos, exceto nas zonas fraturadas. Revestimentos podem atingir até
- POTENCIALIDADE BAIXA:** aquíferos cristalinos e/ou pelito-carbonáticos fraturados, com armazenamento em zonas de fraturas e nas zonas de alteração do manto de cobertura. Condutividade hidráulica média a baixa nas duas zonas de circulação. Aproveitamento através de poços tubulares com profundidades inferiores a 90 metros em zonas de topografia até 800 metros (N.M.), e 150 metros no máximo para cotas mais elevadas. Vazões baixas, entre 3 e 10 m³/h predominam, podendo ocorrer vazões superiores a 10 m³/h mais raramente. Vazões específicas baixas e rebaixamentos elevados (até 40 m). Filtros recomendáveis para quase todos os casos; revestimentos podem
- POTENCIALIDADE NULA OU DESPREZÍVEL:** zona de recarga dos aquíferos, inapropriada para exploração da água subterrânea.

CARACTERÍSTICAS HIDROLITOLÓGICAS

- AQUÍFERO SANTA HELENA**
Metapelitos com intercalações de ardósias e lentes calcárias. Espessura média de 60 metros.
- AQUÍFERO SETE LAGOAS**
Calcários carstificados em condutos de fraturas alargadas por dissolução, em profundidade. Espessura média de 80 metros.
- AQUÍFERO CRISTALINO**
Gnaiss-migmatito fraturado encoberto por manto de alteração areno-argiloso de espessura inferior a 40 metros, geralmente.

CONVENÇÕES

- Rodovia interestadual
- Rodovia municipal
- Ferrovia
- Curso d'água perene
- Lagoa perene e lagoa temporária
- ÁGUA SUBTERRÂNEA E NASCENTES**
 - Contorno de superfície piezométrica, traçado quando intencido (maio a setembro / 1991)
 - Direção do fluxo da água subterrânea
 - Nascente
 - Poço escavado
 - Poço tubular
 - Produtividade
 - Seco
 - Até 3 m³/h
 - Entre 3 e 10 m³/h
 - Entre 10 e 40 m³/h
 - Entre 40 e 100 m³/h
 - Superior a 100 m³/h
 - Indicam vazão estimada
 - 1 - Número do poço
 - Poço surgente
 - Poço não equipado

MAPA II

VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS

MAPA DE VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS - MG

VULNERABILIDADE DO SISTEMA AQUIFERO DE ACORDO COM O MANTO INTÉRMICO

Grau de Vulnerabilidade	Natureza da zona não saturada - Permeabilidade
Muito alta	Afloramento rochoso e/ou espessura insignificante
Alta	Solo aluvionar altamente permeável com zona não saturada inferior a 5 m de profundidade
Média	Solo coluvionar de permeabilidade moderada (10^{-3} - 10^{-4} cm/s) e zona não saturada entre 5 - 20 m de profundidade
Baixa	Solo eluvionar com baixa permeabilidade ($< 10^{-4}$ cm/s) e zona saturada acima de 20 m de profundidade

VULNERABILIDADE DO SISTEMA AQUIFERO DE ACORDO COM SUAS POTENCIALIDADES À DISPERSÃO DE CONTAMINANTES

Potencial relativo para propagação de contaminantes no aquífero	Natureza do aquífero - zona saturada
Alto	Elevado grau de carstificação
	Sedimentos com granulção grossa
	Elevada densidade de fraturas
Médio	Baixo grau de carstificação
	Sedimentos com granulção média
	Média densidade de fraturas
Baixo	Sedimentos com granulção fina
	Baixa densidade de fraturas

CONVENÇÕES

Rodovia interestadual

Rodovia municipal

Ferrovia

Curso d'água perene

ÁGUA SUBTERRÂNEA E NASCENTES

720 720

Contorno de superfície piezométrica, traçado quando inferido (maio a setembro/1991)

Direção do fluxo da água subterrânea

Nascente

Poço escavado

Poço tubular

Produtividade

Seco

Até 3 m³/h

Entre 3 e 10 m³/h

Entre 10 e 40 m³/h

Entre 40 e 100 m³/h

Superior a 100 m³/h

Indicam vazão estimada

1 - Número do poço

Poço surgente

Poço não equipado

ÁGUA DE SUPERFÍCIE E HIDROGRAFIA CÁRSTICA

Dolina seca

Lagoa perene e lagoa temporária

OBJETOS DE PROTEÇÃO

Zona de recarga

FONTES POTENCIALMENTE CONTAMINANTES

Área urbana com rede de esgoto

Área urbana sem rede de esgoto

Área irregular de disposição de resíduos sólidos (lixão)

Estação de tratamento de efluentes urbanos/industriais

Lagoa poluída

Hospital

Cemitério

Instalações militares

Campo de pouso

Ferrovia

Rodovia municipal

Posto de gasolina

Mineração

Mina ativa

Agricultura

Área de cultivo sem uso de pesticidas

Área de cultivo com uso de pesticidas

Indústria

Áreas industriais

LOCALIZAÇÃO DO PROJETO

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO EM RELAÇÃO AOS MUNICÍPIOS INTEGRANTES DO PROJETO VIDA

Mapa elaborado por Paulo Fernando P. Pessoa para a dissertação de mestrado do curso de Pós-Graduação em Hidrogeologia do Instituto de Geo-Ciências da Universidade de São Paulo, dezembro de 1995.

BIBLIOTECA

72254

USP