

2717

S

Projeto Circuito das Águas do Estado de Minas Gerais.

**Estudos geoambientais das fontes
hidrominerais de Cambuquira,
Caxambu, Conceição do Rio Verde,
Lambari e São Lourenço.**



REL
2717

I/2004

GOVERNO FEDERAL

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

Rodolpho Tourinho Neto
Ministro de Minas e Energia

Luciano de Freitas Borges
Secretário de Minas e Metalurgia

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Carlos Oiti Berbert
Diretor-Presidente

Augusto Wagner Padilha Martins
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Antônio Juarez Milmann Martins
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

José de Sampaio Portela Nunes
Diretor de Administração e Finanças

Cássio Roberto da Silva
Chefe do Departamento de Gestão Territorial

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Oswaldo Castanheira
Superintendente Regional

Nelson Baptista de Oliveira Resende Costa
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Fernando Antônio de Oliveira
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Jayme Álvaro de Lima Cabral
Supervisor da Área de GATE

Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira
Chefe do Projeto

Phl
012420



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Itamar Augusto Cautiero Franco
Governador

Newton Cardoso
Vice-Governador

SECRETARIA DE ESTADO DE MINAS E ENERGIA

Paulino Cícero de Vasconcellos
Secretário de Estado

José Fernando Coura
Superintendente de Recursos Minerais

COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS

Henrique Eduardo Ferreira Hargreaves
Diretor-Presidente

Marco Aurélio Martins da Costa Vasconcelos
Diretor de Administração e Finanças

Luís Márcio Ribeiro Vianna
Diretor de Desenvolvimento e Controle de Negócios

Marcelo Arruda Nassif
Coordenador de Apoio Técnico Operacional

Minas Gerais. Secretaria de Estado de Minas
e Energia

Estudos Geoambientais das fontes hidro-
minerais de Águas de Contendas, Cambuquira,
Caxambu, Lambari e São Lourenço. - Belo
Horizonte: 1999.

142p.

1. Circuito das Águas - 2. Estudos
geoambientais - I. Beato, Décio A.C. II. Oliveira,
Fernando A.R. de. III. Viana, Haroldo S.

CDU: 577-4

CRÉDITOS DE AUTORIA

Aspectos Socioeconômicos

Fisiografia regional

Geólogo: *Fernando A. Rodrigues de Oliveira*

Geologia

Uso e ocupação do solo

Geólogo: *Haroldo S. Viana*

Hidrogeologia

Geólogo: *Décio A. C. Beato*

Geólogo: *José do Espírito Santo Lima (Caxambu)*

Hidrologia (Caxambu)

Eng. Civil: *Fernando Maldini Pena*

Pedologia (Caxambu)

Agrônomos: *José F. Lumbrenar*

Edgard Shinzuto

Geotecnia (Caxambu)

Geólogo: *Nelson Baptista de O. R. Costa*

EQUIPE DE APOIO

Elizabeth de Almeida Cadête Costa - Arte Final

Márcio Ferreira Augusto - Desenho

Maria Madalena Costa Ferreira - Bibliotecária

Rosângela Gonçalves Bastos Souza - Geógrafa

Terezinha Inácia de Carvalho Pereira - Digitalização

Valdiva de Oliveira - Editoração - Arte Final

Edição original

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

DRI - Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Av. Pasteur, 404. CEP 22290-240, Urca - Rio de Janeiro, RJ.

PABX: (21) 295-0032 - FAX: (21) 295-6647

GERIDE - Gerência de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Av. Brasil, 1731 - CEP 30140-002, Funcionários - Belo Horizonte, MG.

Telefone: (31) 261-0352 - FAX: (31) 261-5585

Edição final

Editora e Serviços Água Branca

Rua Fluorina, 112 - CEP 30280-340, Pompéia - Belo Horizonte, MG.

Telefone: (31) 481-0828 - FAX: (31) 482-1831

E-mail: eab@encontrar.com.br

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	3
3 - JUSTIFICATIVAS	5
4 - ABORDAGEM METODOLÓGICA	7
5 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS E VIAS DE ACESSO	9
6 - ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	11
6.1 - Economia	11
6.2 - Atuação de Órgãos Públicos e Regiões Administrativas	16
6.3 - Dados Históricos	16
6.4 - Condições de Vida	20
6.4.1 - Aspectos Demográficos	21
6.4.2 - Saúde, Saneamento e Habitação	23
6.4.3 - Educação e Ensino	23
7 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS REGIONAIS	25
8 - GEOLOGIA	33
8.1 - Geologia Regional	33
8.2 - Caracterização Geológica e Geomorfológica das Bacias dos Parques das Águas ...	38
8.2.1 - Lambari	38
8.2.2 - Cambuquira e Marimbeiro	40
8.2.3 - Águas de Contendas	41
8.2.4 - São Lourenço	42
9 - USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS A MONTANTE DOS PARQUES DAS ÁGUAS	57
10 - ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS DAS FONTES HIDROMINERAIS	59
10.1 - Introdução	59
10.2 - Estudos Anteriores	59
10.3 - Metodologia	60
10.4 - Hidrogeologia	62
10.4.1 - Hidrogeologia de Águas de Contendas	64
10.4.2 - Hidrogeologia de Cambuquira	70
10.4.3 - Hidrogeologia de Caxambu	72
10.4.4 - Hidrogeologia de Lambari	74
10.4.5 - Hidrogeologia de São Lourenço	75
10.4.6 - Gênese das Águas Minerais	77
10.5 - Hidroquímica	78
10.5.1 - Composição Química	84
10.5.2 - Origem dos Componentes das Águas Minerais	97
10.5.3 - Qualidade das Águas	107
10.6 - Vulnerabilidade Natural dos Aqüíferos à Contaminação	113
10.7 - Conclusões	114
10.8 - Recomendações	115
11 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES GERAIS	129
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA	135
ANEXO - Catálogo Geral de Pontos D'água	139

FIGURAS

1 - Localização das estâncias hidrominerais do Circuito das Águas	8
2 - Localização do projeto Circuito das Águas em relação às zonas geográficas de Minas Gerais	10
3 - Participação relativa dos municípios no consumo de energia por classes - 1995	13
4 - Participação de Caxambu no consumo de energia - classe industrial - em 1993	14
5 - Variação da taxa de crescimento médio anual de consumo de energia por classe por município	15
6 - Níveis de atendimento dos serviços de saneamento básico (%) por município	23
7 - Evolução dos parâmetros indicadores na área de educação	24
8 - Bacia do rio Verde	26
9 - Balanço hídrico da região de Caxambu	28
10 - Compartimentação geomorfológica regional da área do Circuito das Águas	32
11 - Localização regional da área de estudo no contexto geológico	34
12 - Arcabouço estrutural da sintaxe de Guaxupé e do Cinturão Transpressivo Rio Paraíba do Sul	35
13 - Esboço Estrutural do Cinturão de Cisalhamento Atlântico -....-CRP Craton Rio de La Plata	36
14 - Mapa estrutural simplificado da Cunha de Guaxupé-...- ZCCM - Zona de Cisalhamento Campo do Meio	37
15 - Mapa Geológico Bacia do ribeirão Mumbuca a montante do Parque das Águas Município de Lambari	48
16 - Mapa de fraturamento da sub-bacia do ribeirão Mumbuca - Lambari	43
17 - Mapa Geológico Bacias dos córregos Cambuquira e Marimbeiro a montante do Parque das Águas Município de Cambuquira - MG	49
18 - Mapa de fraturamento das sub-bacias dos córregos Cambuquira e Marimbeiro - Cambuquira	44
19 - Mapa Geológico Bacia do córrego Contendas a montante do Parque das Águas	50
20 - Mapa de fraturamento da sub-bacia do córrego Contendas - Conceição do Rio Verde	46
21 - Mapa Geológico Bacia do ribeirão São Lourenço a montante do Parque das Águas Município de São Lourenço - MG	51
22 - Mapa de fraturamento da sub-bacia do ribeirão São Lourenço - São Lourenço	47
23 - Mapa de uso e ocupação do solo Bacia do córrego Águas de Contendas a montante do Parque das Águas Município de Conceição do Rio Verde - MG	52
24 - Mapa de uso e ocupação do solo Bacia dos córregos Cambuquira e Marimbeiro a montante do Parque das Águas Município de Cambuquira - MG	53
25 - Mapa de uso e ocupação do solo Bacia do ribeirão Mumbuca a montante do Parque das Águas Município de Lambari - MG	54
26 - Mapa de uso e ocupação do solo Bacia do ribeirão São Lourenço a montante do Parque das águas Município de São Lourenço - MG	55
27 - Mapa hidrogeológico da Bacia do ribeirão Contendas a montante do Parque das Águas município de Conceição do Rio Verde	56
28 - Mapa Hidrogeológico do parque das Águas de Águas de Contendas e seu entorno	65
29 - Mapa Hidrogeológico das bacias dos ribeirões Cambuquira e Marimbeiro a montante dos Parques das Águas município de Cambuquira - MG	66
30 - Mapa Hidrogeológico do Parque Cambuquira e seu entorno	66
31 - Mapa Hidrogeológico do parque das águas de Marimbeiro e seu entorno	67
32 - Mapa Hidrogeológico da Bacia do ribeirão Bengo e adjacências, incluindo o Parque das Águas de Caxambu	69
33 - Mapa Hidrogeológico do parque das águas de Caxambu e seu entorno	68

34 - Mapa hidrogeológico da Bacia do ribeirão Mumbuca a montante do Parque das Águas do município de Lambari - MG	71
35 - Mapa Hidrogeológico do parque das águas de Lambari e seu entorno	69
36 - Mapa Hidrogeológico da bacia do ribeirão São Lourenço a montante do Parque das águas município de São Lourenço - MG	122
37 - Mapa Hidrogeológico do parque das águas de São Lourenço e seu entorno	123
38 - Perfil litológico representativo das fontes de Águas de Contendas	79
39 - Perfil litológico representativo das fontes de Caxambu	80
40 - Perfil litológico representativo das fontes de São Lourenço	81
41 - Modelo de circulação das águas subterrâneas nas proximidades das fontes	82
42 - Diagramas de Piper e Schoeller das águas minerais de Águas de Contendas, Caxambu e São Lourenço	90
43 - Diagramas de Piper e Schoeller das águas minerais de Cambuquira e Lambari	86
44 - Diagramas de Piper e Schoeller das águas naturais e minerais de Águas de Contendas	98
45 - Diagramas de Piper e Schoeller das águas naturais e minerais de Cambuquira e Marimbeiro	99
46 - Diagrama de Piper e Schoeller das águas naturais e minerais de Caxambu	100
47 - Diagramas de Piper e Schoeller das águas naturais e minerais de Lambari	101
48 - Diagramas de Piper e Schoeller das águas naturais e minerais de São Lourenço	102
49 - Sistema DIOS para avaliação do índice de vulnerabilidade natural do aquífero	117
50 - Mapa de vulnerabilidade natural Bacia do ribeirão Contendas a montante do Parque das Águas Município de Conceição do Rio Verde	124
51 - Mapa de vulnerabilidade natural bacias dos ribeirões Cambuquira e Marimbeiro a montante do Parque das Águas Município de Cambuquira - MG	125
52 - Mapa de vulnerabilidade natural dos aquíferos do município de Caxambu incluindo a bacia a montante do parque das Águas	118
53 - Mapa de vulnerabilidade natural Bacia do ribeirão Mumbuca a montante do Parque Águas Município de Lambari - MG	126
54 - Mapa de vulnerabilidade natural bacia do ribeirão São Lourenço a montante do Parque das Águas Município de São Lourenço - MG	127

QUADROS

Quadro 1 - Produto Interno Bruto e sua evolução por município	12
Quadro 2 - Atividades industriais existentes por município	16
Quadro 3 - Área de atuação de órgãos públicos nos municípios estudados	17
Quadro 4 - Índice de desenvolvimento humano – IDH	21
Quadro 5 - População e área total dos municípios estudados pelo Projeto Circuito das Águas	21
Quadro 6 - População total e sua evolução	21
Quadro 7 - População Rural total e sua evolução	22
Quadro 8 - Distribuição da população por faixas etárias por ano em Cambuquira	22
Quadro 9 - Indicadores do bloco saúde do sistema IDH	22
Quadro 10 - Bacias hidrográficas a montante dos parques das águas	27
Quadro 11 - Principais usos dos solos das áreas estudadas em porcentagem por sub-bacias	57
Quadro 12 - Pontos de água levantados no cadastramento	62
Quadro 13 - Características hidrodinâmicas das fontes de Águas de Contendas	70
Quadro 14 - Características hidrodinâmicas das fontes de Cambuquira e Marimbeiro	72
Quadro 15 - Características hidrodinâmicas das fontes de Caxambu	73
Quadro 16 - Vazões das fontes de Lambari	75
Quadro 17 - Características hidrodinâmicas das fontes de São Lourenço	76
Quadro 18 - Vazões (litros/h) das fontes do Circuito das Águas	83
Quadro 19 - Resultados estatísticos das análises físico-químicas das fontes hidrominerais do Circuito das Águas	87

Quadro 20 - Radioatividade natural nas águas minerais do Circuito das Águas	89
Quadro 21 - Principais características físico-químicas das águas de Águas de Contendas	90
Quadro 22 - Principais características físico-químicas das águas de Cambuquira e Marimbeiro	91
Quadro 23 - Principais características físico-químicas das águas de Caxambu	93
Quadro 24 - Principais características físico-químicas das águas de Lambari	94
Quadro 25 - Principais características físico-químicas das águas de São Lourenço	96
Quadro 26 - Índices de correlação entre os diversos parâmetros físico-químicos analisados nas águas minerais do Circuito das Águas	103
Quadro 27 - Principais parâmetros correlacionáveis nas águas minerais do Circuito das Águas	104
Quadro 28 - Principais relações iônicas das águas das fontes do Circuito das Águas	105
Quadro 29 - Padrões de Qualidade para Águas destinadas ao Consumo Humano	109
Quadro 30 - Parâmetros fora dos limites de potabilidade para água mineral das fontes do Circuito das Águas	110
Quadro 31a - Características dos principais parâmetros físico-químicos analisados	111
Quadro 31b - Características dos principais parâmetros físico-químicos analisados	112

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta estudos geoambientais, com ênfase nas águas hidrominerais da região do Circuito das Águas, realizados nos municípios de Caxambu, Lambari, Cambuquira, São Lourenço e Conceição do Rio Verde (distrito de Águas de Contendas), na Bacia do Rio Verde - sul de Minas Gerais, e é resultado das iniciativas do Programa Informações Básicas para a Gestão Territorial da CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Sua finalidade é subsidiar o planejamento e o gerenciamento racional dos recursos naturais em harmonia com a legislação ambiental.

Para a sua realização, contou-se com as parcerias da Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG e do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN - vinculado à Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN.

Capítulo 2

OBJETIVOS

Estudar a região do Circuito das Águas sob o ponto de vista do meio físico para:

- produzir conhecimento básico sobre as fontes hidrominerais e seu entorno, no âmbito de várias disciplinas geoambientais, de forma a permitir a sua proteção e exploração sustentável;
- gerar mapas, documentos e dados sistematizados para auxiliar o planejamento da ocupação territorial e o gerenciamento ambiental, contribuindo para que os recursos naturais sejam aproveitados em todo o seu potencial.

Capítulo 3

JUSTIFICATIVAS

Em 1992 surgiram, no seio da comunidade e da administração pública de Caxambu, questionamentos quanto à expansão urbana em áreas próximas às fontes hidrominerais daquele município. A avaliação preliminar feita pela CPRM, com base em reconhecimento de campo, constatou que, não apenas em Caxambu, mas também em outros municípios da região do Circuito das Águas, as fontes hidrominerais poderiam estar correndo sérios riscos de contaminação em função da proximidade da zona urbana e do uso do solo das bacias hidrográficas a montante delas.

O turismo é uma das principais fontes de renda das cidades de Caxambu, São Lourenço, Cambuquira e Lambari e, potencialmente, de Águas de Contendas. Os parques das águas dessas cidades, onde se situam as principais fontes hidrominerais, são as suas principais atrações turísticas. Unidades industriais de engarrafamento dessas águas são outro fator de importância econômica. No entanto, não havia um estudo sistematizado das águas dessas fontes e, portanto, desconheciam-se as suas próprias potencialidades e limites. Dada a importância econômica, turística e cultural dessas fontes, a CPRM, através da Superintendência Regional de Belo Horizonte, começou a direcionar esforços para suprir essa deficiência.

Além desse aspecto, outra questão é emergente: a degradação ambiental é uma característica das cidades brasileiras onde se concentra atualmente a parcela de 70% de toda a população. A região do Circuito das Águas não é uma exceção a esse fenômeno socioeconômico. Problemas ambientais relativos à poluição das águas superficiais e subterrâneas, erosão de encostas pelo assentamento humano em áreas acidentadas não podem ser resolvidos sem o conhecimento do meio físico. É preciso conhecer os condicionantes físicos para planejar; é necessária a pré-existência de estudos básicos em toda a região, para decidir corretamente.

ABORDAGEM METODOLÓGICA

Os estudos das fontes hidrominerais consideram um grande número de variáveis que interagem de maneira bastante complexa. Em função disso, inicialmente foi realizado um estudo piloto em Caxambu, abrangendo os seguintes temas: Pedologia, Uso e Ocupação do Solo, Formações Superficiais, Geologia, Hidrologia, Hidrogeologia e Geofísica, cobrindo, em sua maioria, toda a área do município. Desse trabalho resultaram vários relatórios e mapas já publicados pela CPRM, ou ainda em vias de edição. A informação obtida gerou, entre outros resultados práticos, a localização do novo aterro sanitário de Caxambu.

Na segunda fase, com base nas experiências já obtidas, os trabalhos foram concentrados apenas nos parques das águas e nas bacias hidrográficas a montante deles, que são, sem dúvida, as áreas mais críticas em relação à proteção às fontes devido à sua proximidade imediata. As disciplinas estudadas foram: Geologia, Uso e Ocupação do Solo e Hidrogeologia - em Lambari, Águas de Contendas, Cambuquira e Marimbeiro (parque das águas fora da zona urbana de Cambuquira), São Lourenço.

Os estudos empreendidos nessa fase geraram:

- mapas geológicos em escala 1:25000 das bacias a montante dos parques;
- mapas de uso e ocupação do solo em escala 1:25000 das bacias a montante dos parques das águas;
- mapas hidrogeológicos em escala 1:25000 das bacias a montante dos parques;
- mapas hidrogeológicos em escala 1:5000 dos parques das águas e seu entorno;
- mapas de vulnerabilidade natural em escala 1:25000 das bacias a montante dos parques.

Além desses resultados, foi feita uma caracterização físico-química e bacteriológica das fontes, bem como o estabelecimento dos modelos qualitativos delas.

Este relatório apresenta principalmente os trabalhos da segunda fase, referindo-se, eventualmente, à fase piloto (Caxambu), pois ela, por ser mais extensa, foi apresentada em relatórios à parte, destacando-se, entre eles, o relatório "Hidrogeologia de Caxambu", que contém análises e mapas de Caxambu equivalentes aos aqui apresentados para as outras bacias.

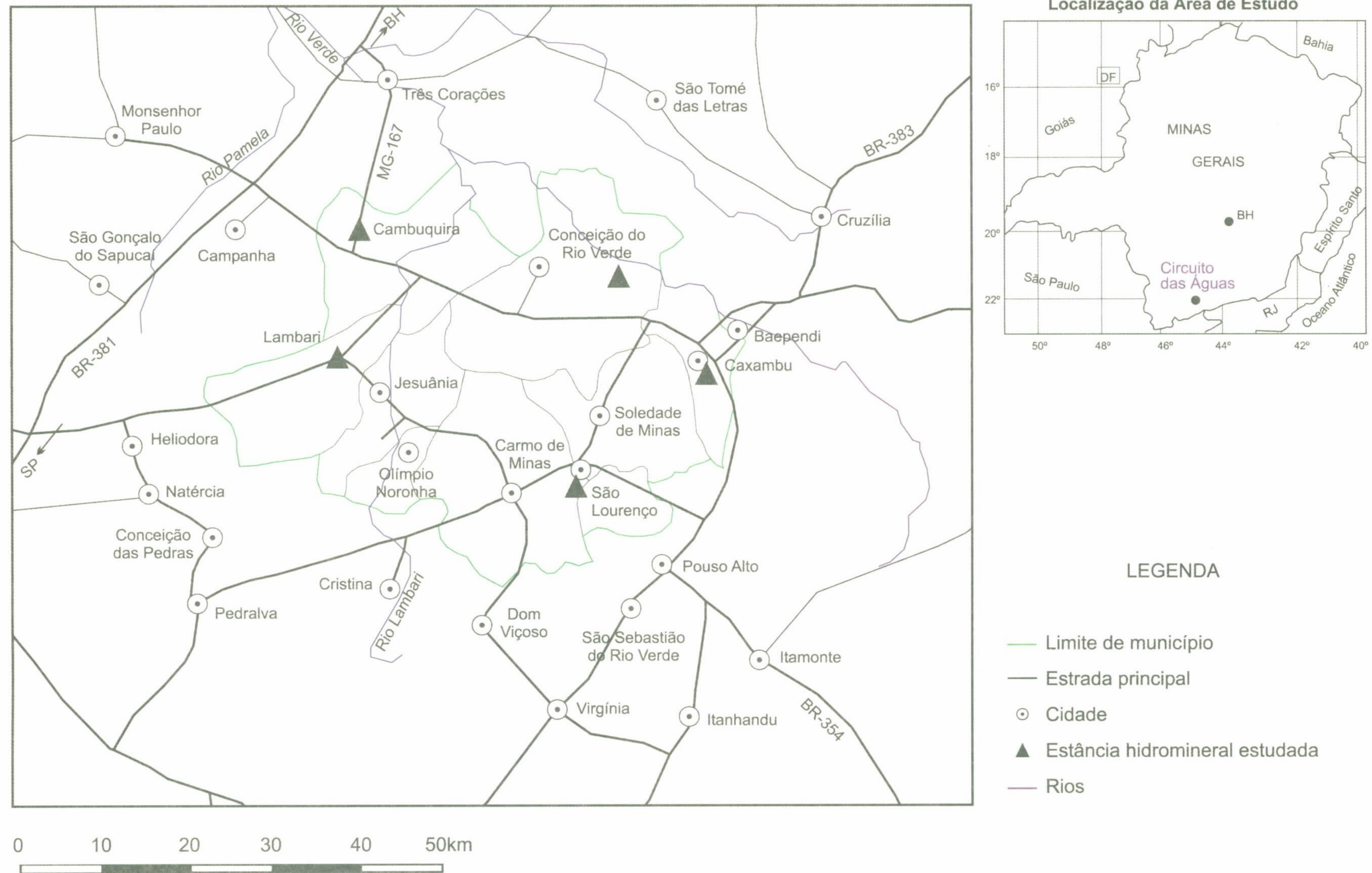


Figura 1 - Localização das estâncias hidrominerais do Circuito das Águas e vias de acesso.

Capítulo 5

LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS E VIAS DE ACESSO

Os municípios de Cambuquira, Lambari, Conceição do Rio Verde, Caxambu e São Lourenço (fig.1) pertencem à região sul de Minas Gerais e estão a uma distância média de 350 km da capital do Estado, Belo Horizonte, através da rodovia federal BR-381 (rodovia Fernão Dias) em pista dupla. Distam, também, aproximadamente, 250 km do Rio de Janeiro e 300 km de São Paulo. Encontram-se a pequena distância das cidades de Três Corações e Itajubá, núcleos regionais de desenvolvimento com populações superiores a 50.000 habitantes. Caxambu e São Lourenço possuem aeroportos com pistas de 2.000 m. A região conta também com linha de carga ferroviária. As rodovias que servem a esses municípios são asfaltadas e de boa qualidade: BR 240, BR 354, BR 460, BR 267, MG 347, MG 456, permitindo o fácil acesso a eles.

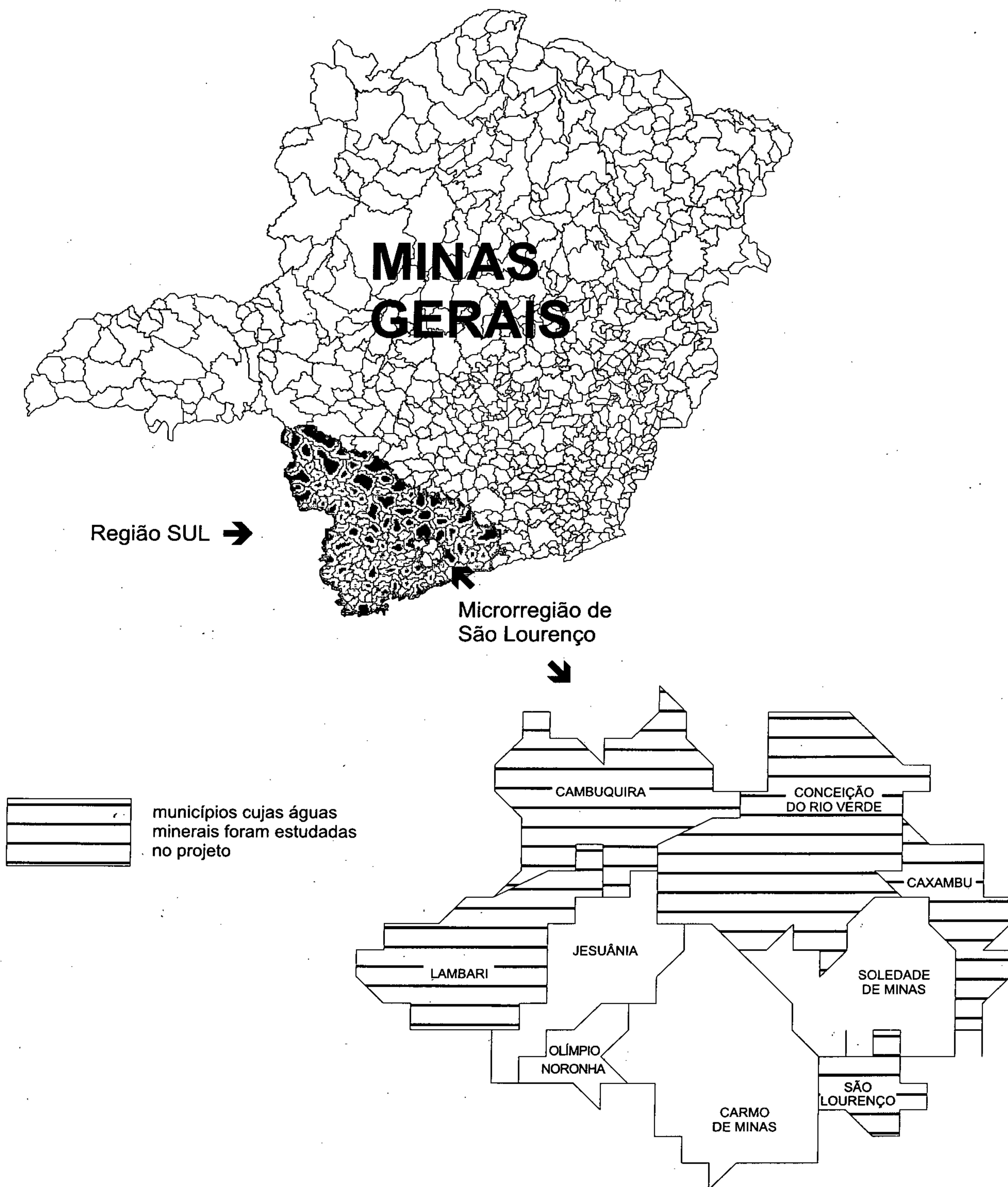


Figura 2 - Localização do projeto Circuito das Águas em relação às zonas geográficas de Minas Gerais.

Capítulo 6

ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

A região do Circuito das Águas está contida na microrregião homogênea de São Lourenço (IBGE), composta por 16 municípios. A microrregião de São Lourenço, por sua vez, está contida na região de Planejamento Sul de Minas-III (SEPLAN-MG), composta por 153 municípios (Fig.2). A região III é a mais desenvolvida do Estado de Minas Gerais, apresentando indicadores socioeconômicos superiores à média estadual, segundo os dados do Censo de 1991 (IBGE).

As estâncias hidrominerais aí localizadas são freqüentadas principalmente por turistas de Minas, Rio de Janeiro e São Paulo e desempenham um papel significativo na economia da região, em função dessa atividade turística.

Entre os fatores que se apresentam como componentes importantes do crescimento atual e futuro do Sul de Minas Gerais, com evidentes reflexos no Circuito das Águas, está, em primeiro lugar, a migração das indústrias da região metropolitana de São Paulo para o Interior do Estado de São Paulo e para outros Estados. Esse processo de desconcentração industrial, segundo Diniz e Crocco (in Gutberlet, 1996), que vem ocorrendo desde a década de 80, foi "relativamente contido dentro da região Centro-Sul, em um grande polígono que vai da região central de Minas Gerais ao nordeste do Rio Grande do Sul". De uma forma geral, essa migração ocorreu por vantagens comparativas relativas ao transporte e à qualidade de vida, bem como à instituição de atrativos fiscais e instrumentos incentivadores na área de infra-estrutura no sul de Minas Gerais (implantação de distritos industriais como o D.I. Santa Rita do Sapucaí e planos para a instalação em Varginha, Campestre, Pouso Alegre, entre outros).

Outro fator significativo nessa expansão é o processo de modernização e duplicação da rodovia Fernão Dias (BR-381), que trará um maior volume de recursos à região, não só pela melhoria das condições de acesso às estâncias hidrominerais, mas também por sua posição estratégica, a meio caminho de São Paulo e Belo Horizonte, captando fluxos inter-regionais e sendo rota de escoamento para os países do Mercosul.

Existe, portanto, uma inquietação justificada, tanto das comunidades locais como das administrações públicas municipais, com a questão ambiental das fontes hidrominerais, que são, sem dúvida, o "motor" do turismo na região. Qual será o impacto ambiental desse esperado crescimento da atividade econômica? Essa preocupação é demonstrada não só pelos habitantes locais, mas também pelos turistas, como atesta uma pesquisa de opinião realizada, em 1995, pela GD Perfil Informática, Opinião e Mercado para o SEBRAE-MG, a qual constatou que os aspectos relacionados ao meio ambiente, como clima, parque das Águas e qualidade das águas pertencem ao elenco das principais qualidades buscadas na estância de São Lourenço, ao lado das variáveis "tranqüilidade" e "hospitalidade". Concluiu a pesquisa que o parque das Águas é o item que encerra maior potencial turístico entre as atrações do município. Emerge dessa conclusão uma ponte de ligação entre a evolução socioeconômica da região e a necessidade de estudos ambientais como este.

6.1 - Economia

O crescimento do PIB total médio de toda a microrregião do Circuito das Águas foi de 2,5% no período de 1985/1995. As análises fornecidas por F.J.P.(1995) mostram que, nessa microrregião, a atividade industrial ganhou força na estrutura produtiva. Em 1985, a participação da indústria no PIB total era de 17,4%, evoluindo para 22,7% em 1995. Enquanto isso, o setor de serviços ficou relativamente estável, passando de 61,9%, em 1985, para 64,0%, em 1995. A agropecuária caiu de 20,7% para 13,3% no mesmo período.

Deve-se ressaltar, ainda, que, nesse período, o crescimento do PIB médio de toda a região de Planejamento Sul de Minas foi de 1,6%, com uma taxa de crescimento negativo de 3,5% no PIB agropecuário, mas com um crescimento de 4,5% no PIB industrial. Destaca-se que o sul de Minas Gerais é a região mais desenvolvida do Estado, em termos agropecuários, e a segunda, em termos populacionais.

São Lourenço teve taxa de crescimento de 5,1% de seu PIB total no período de 1985/1995, portanto, superando significativamente os índices da microrregião e da região de Planejamento. Esse município teve um desempenho econômico positivo no período de 1990/1995, apresentando crescimento continuado sem recessões. Caxambu, seguindo o mesmo padrão de crescimento, atingiu o índice de 2,8%. É interessante observar que o crescimento positivo de 1,7% do PIB médio anual de Cambuquira, no período de 1985/1995, reflete taxas de crescimento negativo de -1,9% (1990/1994) e -4,6% (1994/1995) (quadro 1). Conceição do Rio Verde e Lambari tiveram crescimento negativo, quase anulando o pequeno crescimento do PIB no período de 1985/90.

Para entender melhor a evolução do PIB, pode-se recorrer à análise das informações sobre o consumo de energia elétrica dos municípios, que se correlaciona positivamente com esse parâmetro, ajudando a esboçar um cenário um pouco mais detalhado da região, se considerarmos que o consumo de energia elétrica reflete aproximadamente o nível de atividade em cada setor da economia.

Municípios	PIB - A preços constantes de 1995 (R\$ 1.000)				Taxas de Crescimento Médio Anual do PIB Total (em porcentagem)			
	1985	1990	1994	1995	1985/90	1990/94	1994/95	1985/95
Cambuquira	16839	21891	20880	19920	6,4	-1,9	-4,6	1,7
Caxambu	47492	48175	60300	62322	0,3	5,3	3,4	2,8
Conceição do Rio Verde	19196	20125	15146	14696	0,9	-6,1	-3	-2,6
Lambari	22799	24834	21703	21976	1,7	-2,4	1,3	-0,4
São Lourenço	55887	75635	86677	91555	6,2	3,9	5,6	5,1
Microrregião de São Lourenço	276822	-	-	353376	-	-	-	2,5
Região de Planejamento Sul de Minas	4639918	-	-	5434225	-	-	-	1,6

Quadro1 - Produto Interno Bruto e sua evolução por município.

Para a visualização das proporções de consumo de energia entre os municípios por tipos de consumidor (industrial, comercial, rural, residencial e outros), apresentam-se estes dados na forma de gráficos de pizza na figura 3. Na categoria consumo industrial, destaca-se São Lourenço, com o maior consumo, em 1995, em termos absolutos (45% do consumo total dos cinco municípios nessa categoria), tendo Caxambu em segundo lugar (19%) e, em seguida, Lambari (15%), Cambuquira (14%) e Conceição do Rio Verde (7%). Essa ordem decrescente de consumo é mantida com poucas variações também para as outras classes (comercial, residencial e outros). Entretanto, na classe de consumo rural, há uma inversão nessa ordem: Conceição do Rio Verde em primeiro lugar (ainda figura 3, consumo rural) por consumir -34% do total dessa classe, seguida por Cambuquira (29%) e Lambari (21%). Tais dados refletem claramente o perfil mais industrializa-

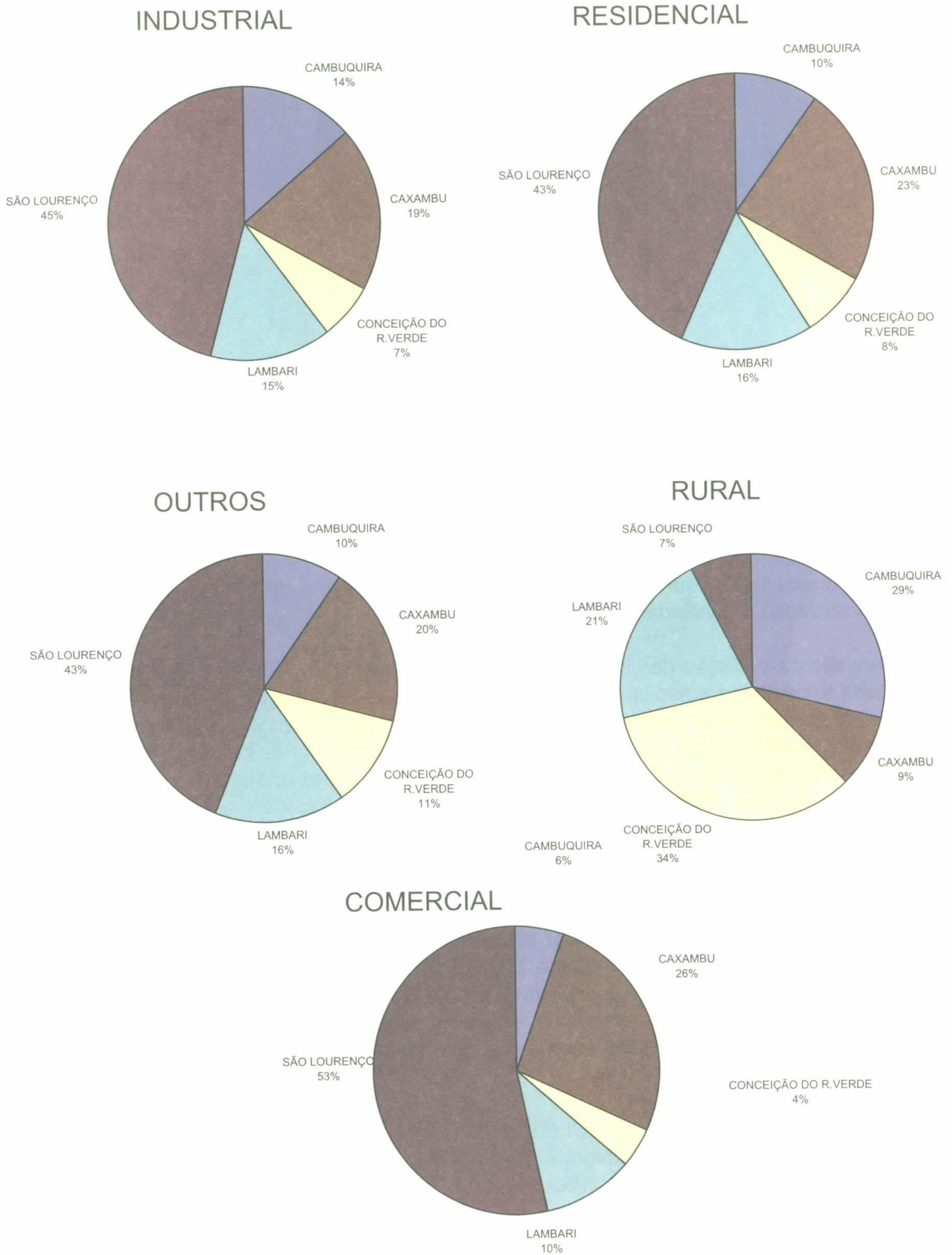


Figura 3 - Participação relativa dos municípios no consumo de energia por classes - 1995 (adaptado de CEMIG in INDI, 1996).

Distribuição do Consumo de energia por município na classe industrial 1993

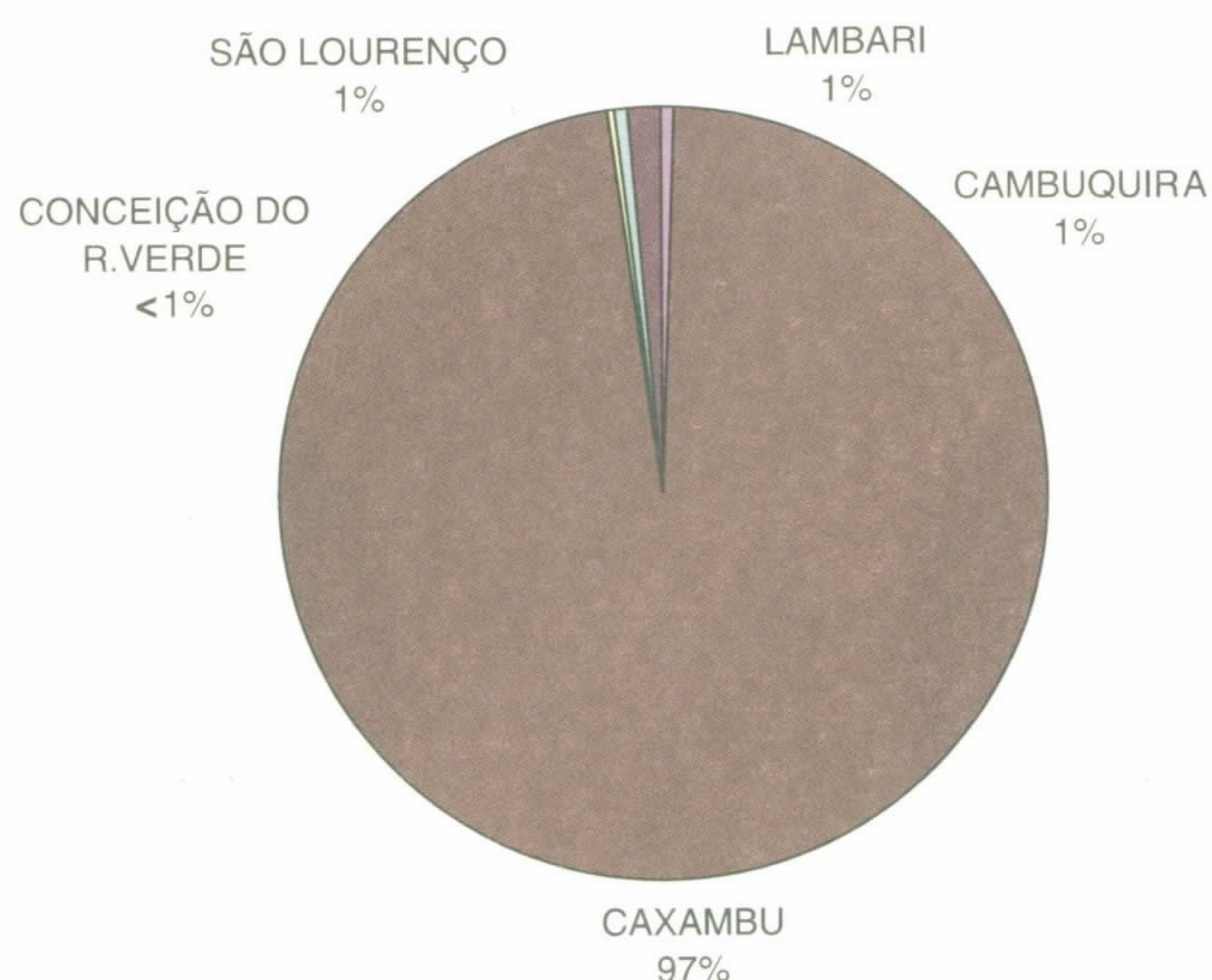


Figura 4 - Participação de Caxambu no consumo de energia - classe industrial em 1993.

do de São Lourenço e Caxambu e a predominância de atividades agropecuárias em Conceição do Rio Verde. Ressalte-se também que, em 1993, Caxambu consumia 97% (vide figura 4) da energia na classe industrial, em razão das atividades da Cia. Paulista de Ferro-Ligas ali localizada, tendo sofrido uma queda de consumo de 76% no período 1993/1994 e de 99% no intervalo 1991/95, devido à interrupção das atividades da referida empresa.

Para uma visão da evolução das taxas de consumo de energia no período 1991/95, apresentamos, na figura 5, os histogramas com as taxas anuais médias de variação do consumo de energia por município por classe de consumo (industrial, comercial, etc.). Durante o período 1991/1995, na área industrial, houve grande disparidade nas taxas de crescimento do consumo de energia (figura 5) desses municípios. Assim, São Lourenço cresceu 29% e Caxambu teve uma queda de 99% (pelos motivos já citados). Acompanhou essa queda o município de Conceição do Rio Verde. Cambuquira teve um crescimento de 15,4% e Lambari cresceu 5%, no intervalo. Considerando-se os outros setores, o crescimento no consumo total de energia foi positivo em todos os municípios, exceto Caxambu.

Quanto à distribuição de mão-de-obra por setor de atividade econômica na microrregião de São Lourenço, observa-se que é predominante (SUSEP/SUPLAN, 1994) a área Serviços, com 34%, seguida de perto pelo setor Agropecuário, com 32%, e Industrial, com 22%. É patente a importância do setor de serviços na região, principalmente nos municípios aqui estudados, onde esse setor absorve quase 40% da mão-de-obra, em média, com máximos em Caxambu (52%) e São Lourenço (49%).

Segundo os dados fornecidos pelo INDI (1996), os cinco municípios possuem, em conjunto, um parque industrial bastante diversificado, como atesta o quadro 2, baseado no rol das maiores empresas contribuintes do ICMS em 1993.

Já o setor agropecuário, fator de grande expressão econômica, é responsável pelo início de um processo de industrialização que, até hoje, apóia-se em setores tradicionais ligados à produção de laticínios.

A produção de cereais, frutos e laticínios é absorvida pelo mercado paulista e pelo mercado carioca, consistindo fonte econômica razoável.

Entre os principais produtos agrícolas da região destacam-se o café, a banana, a batata, o milho e a laranja (INDI, 1995). Na pecuária, são predominantes as criações de bovinos, suínos, eqüinos e galináceos, entre outras de menor expressão.

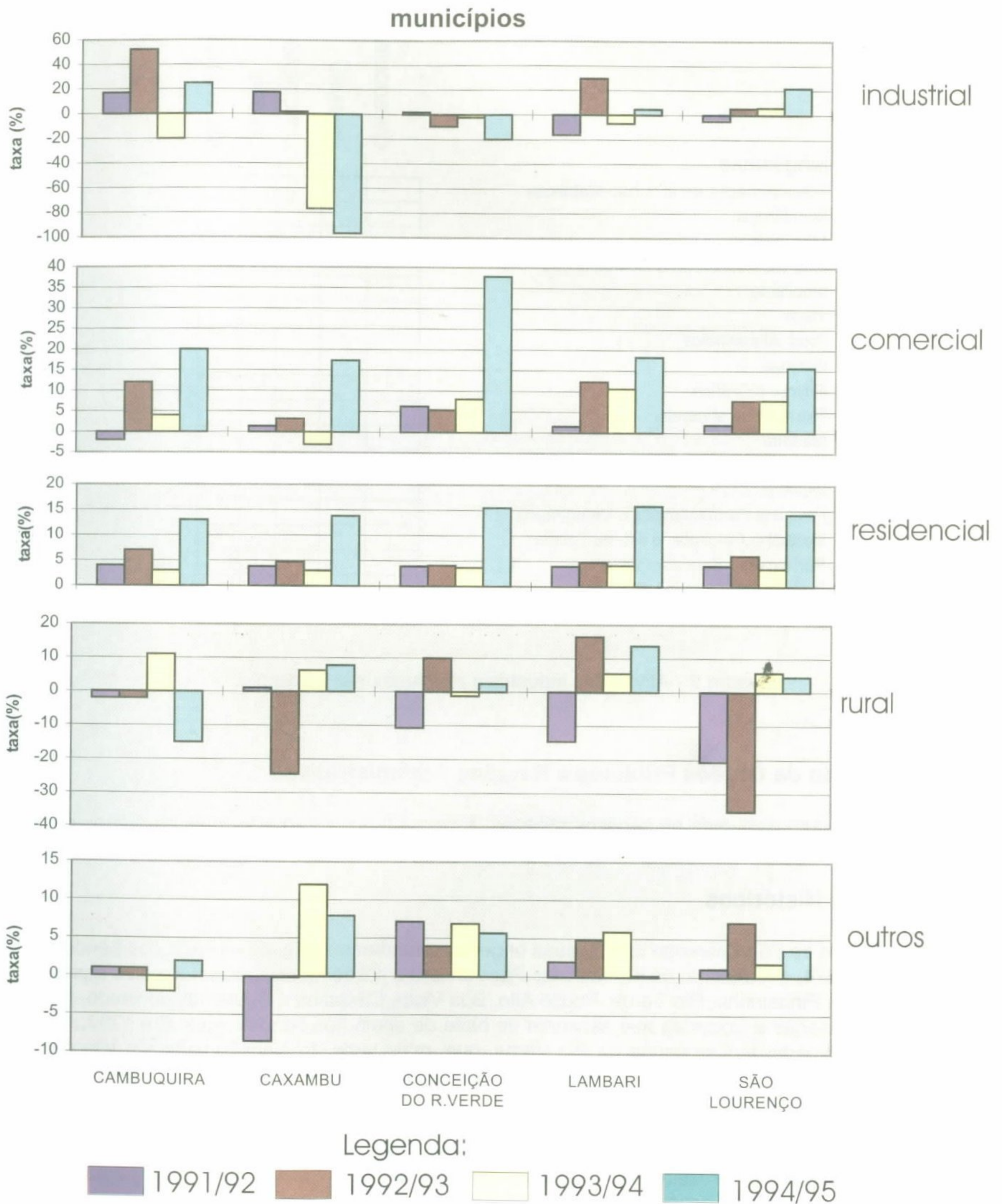


Figura 5 - Variação da Taxa de Crescimento Médio Anual de Consumo de Energia por Classe por Município (CEMIG, in INDI, 1996).

INDÚSTRIAS	MUNICÍPIOS				
	CAMBUQUIRA	CAXAMBU	CONCEIÇÃO DO R. VERDE	LAMBARI	SÃO LOURENÇO
Transformação de Min. não-Metálicas	*	*	*	*	*
Metalúrgica	*	*		*	
Mecânica	*			*	
Mat. Elétrico, Eletro e Comunicação	*	*		*	
Mobiliário	*				*
Têxtil	*		*	*	
Prod. Alimentícios	*	*	*	*	*
Bebidas	*	*		*	*
Editora e Gráfica	*	*	*		
Extração de Minerais		*	*		*
Madeira		*			
Couro, Peles e Produtos Similares		*		*	
Química		*			
Produtos Farmacêuticos e Veterinários		*			
Vestuário, Calçados e Art. de Tecido		*		*	*
Perfumaria, Sabões e Velas				*	
Produtos de Materiais Plásticos				*	
Diversas				*	

Quadro 2 - Atividades industriais existentes por município.

6.2 - Atuação de Órgãos Públicos e Regiões Administrativas

A área conta com uma rede de serviços públicos, entre os quais estão presentes os órgãos de administração direta e indireta estadual e federal, como mostra o quadro 3 (IGA, 1994).

6.3 - Dados Históricos

A microrregião de São Lourenço tem as suas origens profundamente ligadas à saga dos bandeirantes. Em 1674, a “bandeira” de Fernão Dias Paes cruzou o sul de Minas, passando pelos atuais municípios de Pinheirinho, Rio Verde, Pouso Alto, Boa Vista, Caxambu e Baependi, deixando, no caminho, pousadas e fazendas que serviriam de base de apoio aos bandeirantes. Em 1737, foi fundado o povoado de Campanha do Rio Verde, que, mais tarde, foi transformado em Vila de Campanha da Princesa e, por desmembramentos sucessivos, de 1798 a 1962, deu origem a mais de 150 municípios do sul de Minas Gerais.

Fernão Dias, vindo de São Paulo, transpôs a Serra da Mantiqueira pela garganta do Embaú, entre os atuais municípios de Cruzeiro, em São Paulo, e Passa-Quatro, em Minas Gerais, chegando até Baependi. Esse caminho, denominado “Caminho Velho”, durante longo tempo foi a única forma de acesso às minas localizadas na região central da Capitania do Espírito Santo. Ao longo dele, foram-se formando núcleos cuja função era dar suporte às atividades de mineração e alojamento aos tropeiros.

	CAMBUQUIRA	CAXAMBU	CONCEIÇÃO DO RIO VERDE	LAMBARI	SÃO LOURENÇO
BANCO DO BRASIL		Sede agência, subordinada à 5ª coordenadoria.	Sede agência, subordinada à 5ª coordenadoria.	Sede agência, subordinada à 5ª coordenadoria.	Sede de pólo, subordinada à 5ª coordenadoria.
BEMGE	Sudeste de Minas de Varginha.	Sede de agência, subordinada à U.E. sudeste de Minas em Varginha		sudeste de Minas em Varginha	
C.E.F.	Sede de agência, subordinada à Superintendência de Juiz de Fora.	Sede de agência, subordinada à Superintendência de Juiz de Fora.	Sede de agência, subordinada à Superintendência de Juiz de Fora.	Sede de agência, subordinada à Superintendência de Juiz de Fora.	Sede de agência, subordinada à Superintendência de Juiz de Fora.
CEMIG	Regional Sul, subordinada à sede superintendência de Varginha.	Regional Sul, subordinada à sede superintendência de Varginha.	Regional Sul, subordinada à sede superintendência de Varginha.	Regional Sul, subordinada à sede superintendência de Varginha.	Sede de distrito de distribuição, regional Sul, subordinada à sede superintendência de Varginha.
COHAB			Subordinada à sede de escritório regional de Três Corações.		
TELEMIG	ORS, região de operação sul com sede em Varginha.	ORS, região de operação sul com sede em Varginha.	ORS, região de operação sul com sede em Varginha.	ORS, região de operação sul com sede em Varginha.	Sede de subdistrito, ORS, região de operação sul com sede em Varginha.
COPASA	Subordinada à superintendência e gerência regional de Varginha, serviço municipal de Água.	Subordinada à superintendência e gerência regional de Varginha, município atendido por água/ por esgoto em operação.	Subordinada à superintendência e gerência regional de Varginha, município atendido por água.	Subordinada à superintendência e gerência regional de Varginha, Fundação serviços de saúde pública.	Subordinada à superintendência e gerência regional de Varginha, Fundação serviços de saúde pública
DRT	subdelegacia de Varginha.	Sede de posto local, subordinado à subdelegacia de Varginha	Subordinado à subdelegacia de Varginha.	Sede de posto local, subordinado à subdelegacia de Pouso Alegre.	Sede de posto local, subordinado à subdelegacia de Pouso Alegre.
DER	Subordinado à 10ª sede regional de Varginha.	Subordinado à 10ª sede regional de Varginha.	Subordinado à 10ª sede regional de Varginha.	Subordinado à 10ª sede regional de Varginha.	Subordinado à 10ª sede regional de Varginha.
ECT	Subordinada à regional operacional Sul, sede em Varginha.	Subordinada à regional operacional Sul, sede em Varginha.	Subordinada à regional operacional Sul, sede em Varginha.	Subordinada à regional operacional Sul, sede em Varginha.	Subordinada à regional operacional Sul, sede em Varginha.
EMATER	Subordinada à sede regional de Lavras.	Subordinada à sede regional de Lavras.	Subordinada à sede regional de Lavras.	Subordinada à sede regional de Lavras.	
IMA	Subordinada à 11ª delegacia de São Gonçalo do Sapucaí.	Subordinado à 11ª delegacia de São Gonçalo do Sapucaí.	Subordinada à 11ª delegacia de São Gonçalo do Sapucaí.	Sede de escritório seccional, subordinada à 11ª delegacia de São Gonçalo do Sapucaí.	Subordinado à 11ª delegacia de São Gonçalo do Sapucaí.
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (5ª DISME) Estações Meteorológicas em operação	1911 A 1930, 1931 A 1960, 1961 A 1990	1911 A 1930, 1931 A 1960, 1961 A 1990, 1991 em diante		1961 A 1990, 1991 em diante	1961 A 1990, 1991 em diante
MINISTÉRIO DO EXÉRCITO	Subordinado à 13ª CSM, e, Três Corações.	Sede de delegacia militar, subordinado à 13ª CSM, em Três Corações.	Subordinado à 13ª CSM, e, Três Corações.	Subordinado à 13ª CSM, em Três Corações.	Sede de tiro de guerra, subordinado à 13ª CSM, em Três Corações.
ORGANIZAÇÃO E DIVISÃO JUDICIÁRIA	Sede de Comarca de entrância inicial.	Sede de Comarca de entrância intermediária.	Sede de Comarca de entrância inicial.	Sede de Comarca de entrância intermediária.	Sede de Comarca de entrância intermediária.
PMMG	Subordinado à sede de comando de Lavras.	Sede de Pelotão, subordinado à sede de comando de Lavras.	Subordinado à sede de comando de Lavras.	Sede de Pelotão, subordinado à sede de comando de Lavras.	Sede de companhia, subordinado à sede de comando de Lavras.
CORPO DE BOMBEIROS	Subordinado à 13ª Cia. de Varginha e ao 2º BBM de Contagem.	Subordinado à 13ª Cia. de Varginha e ao 2º BBM de Contagem.	Subordinado à 13ª Cia. de Varginha e ao 2º BBM de Contagem.	Subordinado à 13ª Cia. de Varginha e ao 2º BBM de Contagem.	Sede de pelotão, subordinado de Contagem.
SEE	Subordinada à 27ª DRE de Varginha.	Sede regional de ensino, 42ª DRE.	Subordinada à 42ª DRE de Caxambu	Subordinada à 27ª DRE de Varginha.	Subordinada à 42ª DRE de Caxambu.
SEF	Subordinada à sede superintendente regional da fazenda de Varginha, região Sul.	Sede de Administração fazendária polarizada (AFI) Subordinada à sede superintendente regional da fazenda de Varginha, região Sul.	Subordinada à sede superintendente regional da fazenda de Varginha, região Sul.	Sede de Administração fazendária polarizada (AFI) Subordinada à sede superintendente regional da fazenda de Varginha, região Sul.	polarizada (AFI) Subordinada à sede superintendente regional da fazenda de Varginha, região Sul.
SES	Subordinada à sede de diretoria regional de Varginha.	Sede de microrregião da saúde, subordinada à sede de diretoria regional de Varginha.	Subordinada à sede de diretoria regional de Varginha.	Subordinada à sede de diretoria regional de Varginha.	Sede de Microrregião de Saúde, subordinada à sede de diretoria regional de Varginha.
SSP	Sede de Comarca, subordinada à 34ª delegacia regional de Três Corações.	Sede de Comarca, subordinada à 41ª delegacia regional de São Lourenço.	Sede de Comarca, subordinada à 34ª delegacia regional de Três Corações.	Sede de Comarca, subordinada à 34ª delegacia regional de Três Corações.	41ª Delegacia Regional.
SUPAM	Subordinada à sede microrregional de Caxambu, AMAG (Circuito das Águas)	Subordinada à sede microrregional de Caxambu, AMAG (Circuito das Águas)	Subordinada à sede microrregional de Caxambu, AMAG (Circuito das Águas)	Subordinada à sede microrregional de Caxambu, AMAG (Circuito das Águas)	Subordinada à sede microrregional de Caxambu, AMAG (Circuito das Águas)
SRRF	Subordinada à sede de delegacia (DRF) de Varginha.	Subordinada à sede de delegacia (DRF) de Varginha.	Subordinada à sede de delegacia (DRF) de Varginha.	Subordinada à sede de delegacia (DRF) de Varginha.	Sede de agência (ARF), subordinada à sede de delegacia (DRF) de Varginha.

Quadro 3 - Área de atuação de órgãos públicos nos municípios estudados.

Diogo de Vasconcelos assim escreveu (MINAS GERAIS, 1978): "Com intento de consolidar núcleos fundados por Fernão Dias e de fundar outros, a comitiva chefiada por D. Rodrigo Castel Branco (1681), a primeira que entrava em Minas Gerais usando animais de carga e montaria, trazia casais de animalia doméstica e sementes de novas frutas e cereais, se bem que, no Baependi, já alguma criação houvesse". As jazidas auríferas de pequena expressão foram suficientes para sustentar o desenvolvimento dos primeiros núcleos de povoamento e da economia de subsistência, como também para proporcionar uma maior dispersão na ocupação territorial.

Após o esgotamento dessas jazidas, no final do séc. XVII, a atividade de mineração entrou em decadência, restando apenas a agropecuária de subsistência. A área onde se localiza a microrregião, por já contar com certa estrutura agropecuária, teve suas atividades expandidas e, ao contrário das áreas de economia baseada na mineração, chegou a experimentar um verdadeiro dinamismo

a partir do momento em que as pessoas começaram a procurar alternativas de sobrevivência na própria agropecuária. Os núcleos de povoamento da microrregião tornaram-se propícios para receber a população excedente das áreas de mineração, permitindo o fortalecimento das atividades agropecuárias. Foi em decorrência do incremento dessas atividades que a microrregião do Circuito das Águas passou a ter razoável desenvolvimento, sendo que, justamente nesse período, aumentou o processo de urbanização microrregional e diversos povoados passaram à condição de distritos e vilas. Deles, por sua vez, surgiram os municípios onde estão as estâncias hidrominerais, cujas fontes foram fator de agregação e povoamento. À atividade agropecuária que substituiu a mineração, posteriormente, a partir do final do séc. XIX, somou-se o turismo, que teve seu apogeu com a criação dos cassinos nas principais estâncias (1920 a 1945). Os recursos naturais desempenham papel preponderante no desenvolvimento da região. As fontes hidrominerais são o centro de gravidade de sua economia atual.

Cambuquira, São Lourenço, Lambari e Caxambu são as principais estâncias hidrominerais dessa microrregião, podendo ser citadas, ainda, as fontes de Águas de Contendas, no município de Conceição do Rio Verde.

O povoamento de **Cambuquira** originou-se com a descoberta das fontes de águas minerais, no local da antiga Fazenda Boa Vista, então pertencente ao município de Campanha. A Câmara Municipal, considerando aquelas terras como de utilidade pública, desapropriou-as em 1861, dando início, assim, à formação do povoado, que veio a chamar-se Boa Vista de Cambuquira.

Em 1872, a povoação foi elevada à condição de distrito, recebendo o nome de Águas Virtuosas de Cambuquira. Em 1872, o governo, despertado pelos estudos elaborados e pela crescente procura das águas minerais de Caxambu, Lambari e Cambuquira, incumbiu os Conselheiros Clínicos Ezequiel Correia dos Santos, Agostinho de Souza Lima e José Borges Ribeiro da Costa de procederem a completo exame clínico das águas. Com esse ato, foi registrado pelo Conselheiro João Alfredo Correia de Oliveira, Ministro do Império, o primeiro trabalho científico aos cuidados do governo para as águas minerais de Minas. Tais trabalhos tiveram prosseguimento.

Em 1873, surgia a primeira hospedaria da microrregião: Hotel Esperança, localizado em Cambuquira. Caxambu, por volta de 1881, contava com quatro hotéis.

Em virtude da instalação da paróquia em 1880, o nome foi alterado para São Sebastião de Cambuquira. Quatro anos mais tarde, o distrito foi desmembrado de Campanha, sendo incorporado ao recém-criado município de Três Corações do Rio Verde.

Em 1893, foi designada pela Academia Nacional de Medicina uma comissão de químicos e médicos para o levantamento das características das águas de Caxambu. Em março de 1895, a Escola de Minas de Ouro Preto exibiu uma análise, feita em seu laboratório, de "Docimasia das águas de São Lourenço" e, em agosto do mesmo ano, foram feitas, nas águas de Lambari e Cambuquira, análises bacteriológicas, as primeiras efetuadas no Brasil.

O município emancipou-se em 30 de agosto de 1911, pela Lei Estadual nº 556. Posteriormente, teve a redução de seu nome para Cambuquira.

Conta-se que a primeira denominação do município de **São Lourenço** foi Pouso do Lourenço. Segundo a tradição, esse nome proviria do bandeirante Lourenço Castanho Taques, que, por ali, teria passado em suas entradas para o território dos cataguases.

Anos mais tarde, o terreno veio a pertencer a um cidadão de nome Mendanha, passando a denominar-se, então, Sítio do Mendanha. Até então, era apenas um pouso ou, no máximo, um latifúndio abandonado à sorte.

Em princípios do século XIX, foram descobertas as qualidades curativas das diversas fontes que aí encontrou Antônio Francisco Viana, herdeiro de João Francisco Viana (que comprara as terras do tal Mendanha). Essas águas, que se tornaram conhecidas como Águas Santas do Viana, ga-

nharam prestígio, e sua fama estendeu-se a outras regiões do Estado. Tal prestígio chegou, também, ao Comendador Bernardo Saturnino da Veiga, que logo se interessou pela compra do terreno e industrialização das águas. Efetivada a aquisição, ele tratou de requerer do governo do Estado o privilégio para exploração das águas, ao mesmo tempo em que organizava, em São Paulo, a Companhia das Águas de São Lourenço (nome que homenageava seu pai, o Coronel Lourenço Xavier da Veiga).

O privilégio para exploração das águas foi concedido a 4 de junho de 1890. Em 10 de agosto do ano seguinte, dia consagrado ao mártir São Lourenço, os diretores da Companhia mandaram levantar, no ponto mais alto de seus terrenos, uma cruz, ao pé da qual improvisou-se uma capela, onde foi celebrada a primeira missa. Projetada e construída, a ermida definitiva foi consagrada a São Lourenço. No dia 14 de dezembro de 1891, foi criado, no município Silvestre Ferraz (atual Carmo de Minas), o distrito de Águas de São Lourenço.

Em 1923, iniciou-se um movimento mais sério para emancipação do município, movimento que resultou na passagem do distrito da jurisdição do município de Carmo de Minas para o de Pouso Alto.

Pelo Decreto Estadual nº 7562, de 1º de abril de 1927, confirmado pela Lei Estadual nº 987, de 20 de setembro do mesmo ano, criou-se o município de São Lourenço, com território desmembrado do de Pouso Alto. No mesmo ano de 1927, por provisão de 22 de dezembro, foi criada a Paróquia de São Lourenço.

O município de **Caxambu**, segundo (MINAS GERAIS, op. cit.), foi a primeira sesmaria obtida no lugar denominado Cachambum e data de 1711. Entretanto, coube a um morador da Fazenda do Caxambu a idéia da construção de uma capela nas terras dessa fazenda. Enquanto aguardava a autorização para edificar o referido templo, ele deu início à construção do povoado (1747), que, mais tarde, deu origem à cidade. Em 1748, foi concedida a permissão para a construção da capela dedicada à Nossa Senhora dos Remédios, em terras e freguesia de Baependi.

Por volta de 1814, segundo a tradição, foram descobertas as primeiras fontes de águas minerais, que, em 1861, foram desapropriadas pelo governo da província. A fama dos poderes curativos e afrodisíacos das águas minerais de Caxambu propagou-se tão rapidamente que, logo em 1868, aí chegaram D. Isabel e Conde d'Eu, em busca da cura de sua esterilidade. Nessa ocasião, na presença do casal real, foi lançada a pedra fundamental da igreja dedicada à Santa Isabel, rainha da Hungria.

O povoado foi elevado à categoria de vila, pela Lei nº 319, de 16 de setembro de 1901. O novo município compunha-se de dois distritos, o da sede e o de Soledade. A Lei nº 663, de 18 de setembro de 1915, concedeu a Caxambu foros de cidade, e, em 1938, o distrito de Soledade foi emancipado. O município permaneceu, desde então, apenas com distrito sede.

Etimologicamente, a palavra caxambu seria a aglutinação de dois vocábulos de origem africana (congolês): caçá ou cachá - rompe - mato, tambor e mbu ou mumbu - rumor, estrondo, música.

Lambari teve sua origem, ainda segundo (MINAS GERAIS, op. cit.), a partir do descobrimento de fontes de água mineral pelo caboclo Antônio de Araújo Dantas, que as denominou de Águas Santas ou Águas Virtuosas, em 1780.

Propagado o descobrimento, doentes de várias regiões convergiam para o local, dando origem às primeiras habitações. Em pouco tempo, ao redor das fontes, formou-se o arraial de Águas Virtuosas.

Data de 1837 o início da construção da primeira capela. Em 1850, subordinada à freguesia de Lambari (atual Jesuânia), foi criada a paróquia de Águas Virtuosas de Campanha. Passou à freguesia em 1867.

O município de Águas Virtuosas foi criado pela Lei nº 319, de 16 de setembro de 1901, com território desmembrado de Campanha e Baependi. Compunha-se dos distritos de Águas Virtuosas (sede), Lambari (atual Jesuânia) e Conceição do Rio Verde.

Em 1911, perde por emancipação o distrito de Conceição do Rio Verde. Em 1938, foi suprimido o distrito de Lambari que, desde 1923, passara a se chamar Lambarzinho.

O município passou a ter o nome atual em 27 de dezembro de 1930.

Em 1943 (já com o nome de Jesuânia), foi recriado o distrito de Lambarzinho que, em 1948, ganhou autonomia.

O termo Lambari corresponde a Aramberi ou peixinho de água doce. Segundo Aurélio Buarque de Holanda, esse termo seria uma variação de alambari, do tupi arawi' ri.

Conceição do Rio Verde iniciou-se no local denominado Campina do Rio Verde. Inácio Carlos da Silveira, em 1732, obteve uma sesmaria. Nela, mais tarde, foi construída uma capela em homenagem à Nossa Senhora da Conceição. Conforme documento de 1778, Damião Rodrigues Gomes, um dos sucessores de Inácio Carlos da Silveira, doou as principais terras para a formação do patrimônio da paróquia de Nossa Senhora da Conceição do Rio Verde, cuja criação só veio a ocorrer muitos anos mais tarde, em 1839.

Em 1901, com a criação da Vila de Águas Virtuosas (atual Lambari), o Povoado de Conceição do Rio Verde, até então pertencente ao Município de Baependi, passou a integrar o recém-criado município como um de seus distritos. A Lei Estadual nº 556, de 30 de agosto de 1911, criou o município de Conceição do Rio Verde.

Conceição do Rio Verde é composto administrativamente por dois distritos: o da sede e o de **Águas de Contendas**, onde se situam as fontes hidrominerais.

Quanto ao histórico das fontes, segundo (MINAS GERAIS, op. cit.), em 1880, os Drs. Bandeira de Gouveia e Eustaquio Garção Stocler obtiveram os respectivos "privilégios" e organizaram a primeira empresa de exploração das águas, em Lambari. Em 1890, tiveram início os trabalhos de isolamento das fontes, em Cambuquira. Em 1884, foi concedido um "privilégio" de exploração das fontes à "Cia. Industrial do Brasil" que, em 1895, tornou-se parte do consórcio "Empresa Caxambu, Lambari, Cambuquira". Essa empresa iniciou a construção de estabelecimentos aparelhados para banhos e duchas. Em 1899, foi entregue ao uso público o Parque de Águas de Cambuquira. Em Águas de Contendas foi concedido o manifesto de lavra em 1942.

6.4 - Condições de Vida

Os municípios aqui estudados são classificados como de médio desenvolvimento humano (FJP, 1991) segundo a metodologia do IDH - índice de desenvolvimento humano - aplicada pela Organização das Nações Unidas desde 1990 para comparar o estágio de desenvolvimento relativo entre países.

O IDH incorpora, na sua formação, além da variável econômica (renda), a educação e a longevidade.

O índice de longevidade é obtido com base na esperança de vida ao nascer; o índice educação, com base na taxa de alfabetização e número médio de anos de estudo; e o índice renda, com base na renda familiar "per capita" média. A escala de classificação de desenvolvimento segundo o IDH é:

- países com baixo desenvolvimento humano: IDH até 0,5;
- países com médio desenvolvimento humano: IDH entre 0,5 e 0,8;
- países com alto desenvolvimento humano: (IDH acima de 0,8).

O Brasil, assim como Minas Gerais, se enquadra na faixa de médio desenvolvimento humano.

Na microrregião de São Lourenço, o valor médio para o IDH é 0,680 com desvio padrão de 0,056, mostrando grande homogeneidade quanto às condições socioeconômicas lá prevalentes. O quadro 4 apresenta a evolução do índice citado no período 1970/1991, onde se observa que houve uma melhoria na qualidade de vida dessas populações. Destaca-se São Lourenço, que atingiu, em 1991, a classificação de alto desenvolvimento humano.

Analisando-se o comportamento pretérito das variáveis que originaram esses índices, podemos avaliar a evolução dessa região, no período acima citado.

	Índice de Desenvolvimento Humano		
	1970	1980	1991
SÃO LOURENÇO	0,533	0,726	0,810
CAXAMBU	0,524	0,735	0,741
LAMBARI	0,462	0,718	0,679
CONCEIÇÃO DO R.VERDE	0,370	0,588	0,634
CAMBUQUIRA	0,459	0,731	0,701

Quadro 4 - Índice de desenvolvimento humano - IDH (FJP, 1991).

6.4.1 - Aspectos demográficos

Baseando-se na população de 1991 (IBGE), constata-se que a densidade demográfica é bastante variável nos municípios, variando de 30 hab/km² em Conceição do Rio Verde até 585 hab/km² em São Lourenço, que se destaca sobremaneira, desde que a densidade populacional média de toda a microrregião é de 45,7 hab/km². O quadro 5 apresenta as populações desses municípios.

Município	População (hab.) (1)	Área (km ²) (2)
Cambuquira	11.508	246,4
Caxambu	19.491	100,5
Conceição do Rio Verde	10.472	371,0
Lambari	16.071	213,7
São Lourenço	29.870	57,2
Totais	87412	988,8

(Fonte: (1)-FIBGE, 1990; (2)-FIBGE, 1992).

Quadro 5 - População e área total dos municípios estudados pelo Projeto Circuito das Águas.

Municípios	População Total			Taxa de Crescimento no Período (%)	
	1970	1980	1991	1970/1980	1980/1991
CAXAMBU	14308	16907	19491	18,1	15,2
CAMBUQUIRA	10166	10612	11508	4,3	8,4
CONCEIÇÃO DO R.VERDE	9365	9911	10472	5,8	5,6
LAMBARI	13013	14076	16071	8,1	14,1
SÃO LOURENÇO	19291	24071	29870	24,71	24,0

Quadro 6 - População total e sua evolução.

Quadro 6 - População total e sua evolução.

Durante o período de 1970/1991, as taxas de crescimento da população total (quadro 6) foram positivas, em geral com menores crescimentos em Conceição do Rio Verde e Cambuquira (0,53% e 0,59% a.a., respectivamente) e taxas mais elevadas de crescimento em São Lourenço e Caxambu (2,1% e 1,48% a.a., respectivamente) se comparadas à taxa de crescimento de 1,5% a.a. correspondente à microrregião. Concomitantemente, a população rural (quadro 7) decresceu aceleradamente a taxas negativas que variaram de -1,43% a.a. até -5,59% a.a., no mesmo período, mostrando o esvaziamento da zona rural nessas duas décadas e refletindo talvez a mudança do perfil das economias municipais, com deslocamento das atividades do setor da agropecuária para o setor de serviços e indústria.

Municípios	População Rural Total			Taxa de Crescimento no Período (%)	
	1970	1980	1991	1980/1970%	1991/1980
CAXAMBU	926	686	413	-25,9	-39,7
CAMBUQUIRA	3478	3014	2520	-13,3	-16,3
CONCEIÇÃO DO R.VERDE	4008	3091	2293	-22,8	-25,8
LAMBARI	4802	4354	4546	-9,3	4,4
SÃO LOURENÇO	1167	1024	372	-12,2	-63,6

Quadro 7 - População Rural total e sua evolução.

CAMBUQUIRA						
	1970	%	1980	%	1991	%
Pop. Total	10374	100	10611	100	11508	100
> 25 anos	4255	41.0	4863	45.8	5993	52.0
15 a 25 anos	1991	19.1	2225	20.9	2010	17.4
10 a 15 anos	1450	13.9	1178	11.1	1191	10.3
7 a 10 anos	759	7.3	685	6.4	701	6.0
< 7 anos	1919	18.4	1660	15.6	1613	14.0

Quadro 8 - Distribuição da população por faixas etárias por ano em Cambuquira.

Municípios	Esperança de Vida ao Nascer (anos)			Taxa de Mortalidade Infantil (mortes por mil)		
	1970	1980	1991	1970	1980	1991
Cambuquira	57,4	65,1	71,3	104,5	72,2	44,3
Caxambu	54,4	63,9	72	120,2	75,8	41
Conceição do Rio Verde	48,2	63,4	72,4	147,6	78,8	39,1
Lambari	59	62,8	73,2	98,9	82,7	35,3
São Lourenço	55,1	58,9	74,2	114,9	99,1	30,8

Quadro 9 - Indicadores do bloco saúde do sistema IDH.

Outro fenômeno demográfico observável é o aumento relativo ao total da população da faixa acima de 25 anos, que, por exemplo, no caso de Cambuquira (quadro 8), evoluiu de 41% a 52% no período de 1970 a 1991. Dessa forma, o perfil populacional mudou com o aumento da participação relativa de habitantes com idade acima de 25 anos e concomitante diminuição da participação relativa das faixas mais jovens, abaixo de 15 anos (FJP,op.cit.). Da mesma forma, o fenômeno ocorreu nos outros municípios, seguindo o que parece uma tendência nacional de envelhecimento da população.

6.4.2 - Saúde, saneamento e habitação

A esperança de vida ao nascer é um dos indicadores do bloco saúde do sistema IDH acima citado. No caso da microrregião, a média desse indicador caminhou de 53,9 anos, em 1970, para 72,1 anos, em 1991. Paralelamente, a taxa de mortalidade infantil evoluiu de 122 por mil para 40,2 por mil, mostrando a melhoria das condições sanitárias e de saúde pública na região. Em nível dos municípios estudados, apresentamos o quadro 9.

Segundo dados de 1994 da Secretaria da Saúde (INDI,1996), cada um dos municípios possui, pelo menos, um hospital e dispõe, em média, de 1 leito para 323 habitantes. Cambuquira, Caxambu e São Lourenço possuem também centros de saúde. Em termos de saneamento básico, Caxambu e São Lourenço são os municípios que tem atendida a quase totalidade da população no item abastecimento de águas, atingindo índices superiores a 90% do total de domicílios (Fig. 6). A rede geral de esgoto (uso e escoadouro da instalação sanitária) e o sistema de coleta de lixo acompanham a mesma tendência, atingindo um nível semelhante ao do abastecimento de água nos municípios de São Lourenço, Caxambu e Conceição do R. Verde, enquanto em Cambuquira a coleta de lixo, em 1991 (IBGE), atingia apenas 50% da população. Segundo ainda a mesma fonte, a rede de escoamento da instalação sanitária não chega a atingir 60% dos domicílios em Cambuquira e Lambari. Grande parte dos domicílios não atendidos na região utilizam fossas sépticas rudimentares em substituição.

6.4.3 - Educação e ensino

Segundo o INDI (1996), todos os municípios têm ensino de primeiro e de segundo grau. Cambuquira, Caxambu, Conceição do Rio Verde e São Lourenço possuem cursos técnicos, incluindo as áreas de contabilidade, enfermagem e habilitação básica em administração.

**Níveis de Atendimento dos Serviços de Saneamento Básico
(%) por município (IBGE, 1991)**

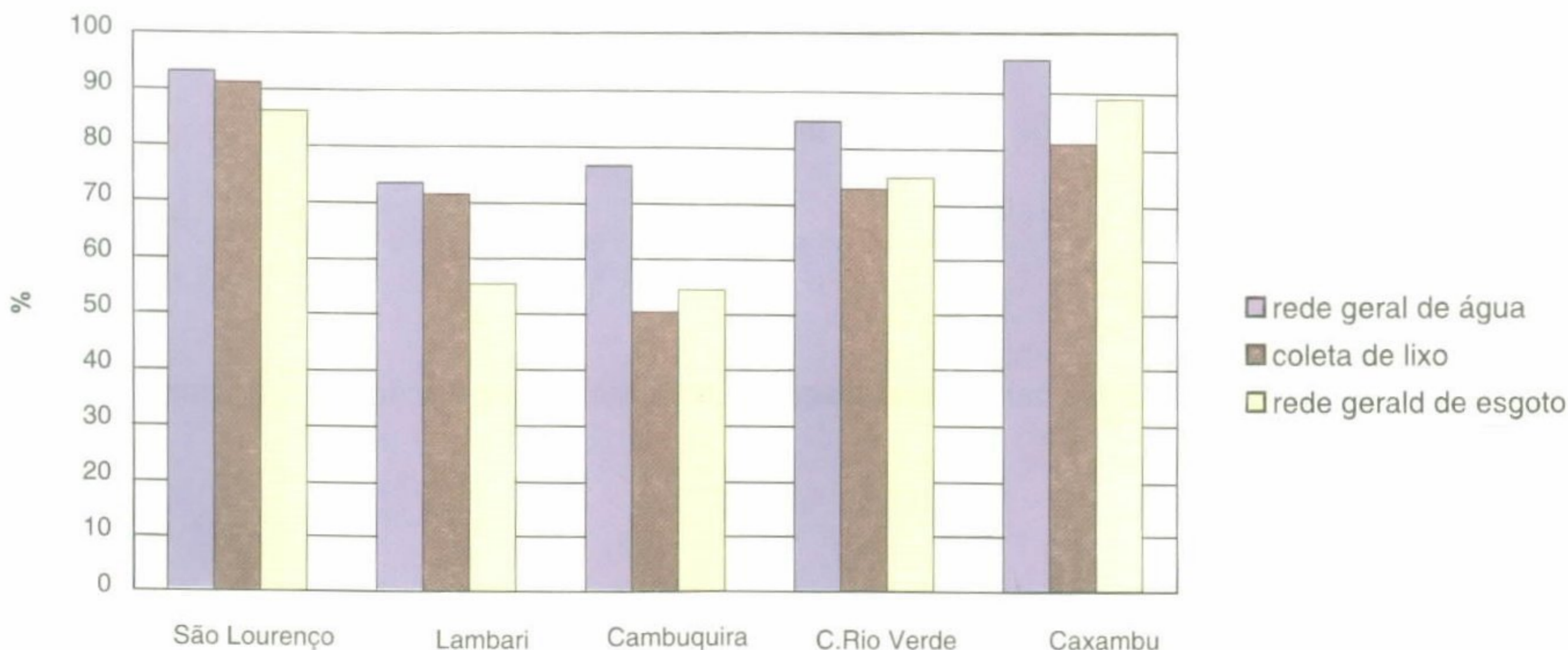


Figura 6.

Os dados que representam a evolução do ensino no município são reproduzidos na figura 7. No período de 1970 a 1991, os três parâmetros indicadores da área de educação utilizados para a avaliação das condições de vida na região tiveram uma evolução positiva como, por exemplo, a diminuição das taxas de analfabetismo, defasagem escolar média e atraso escolar.

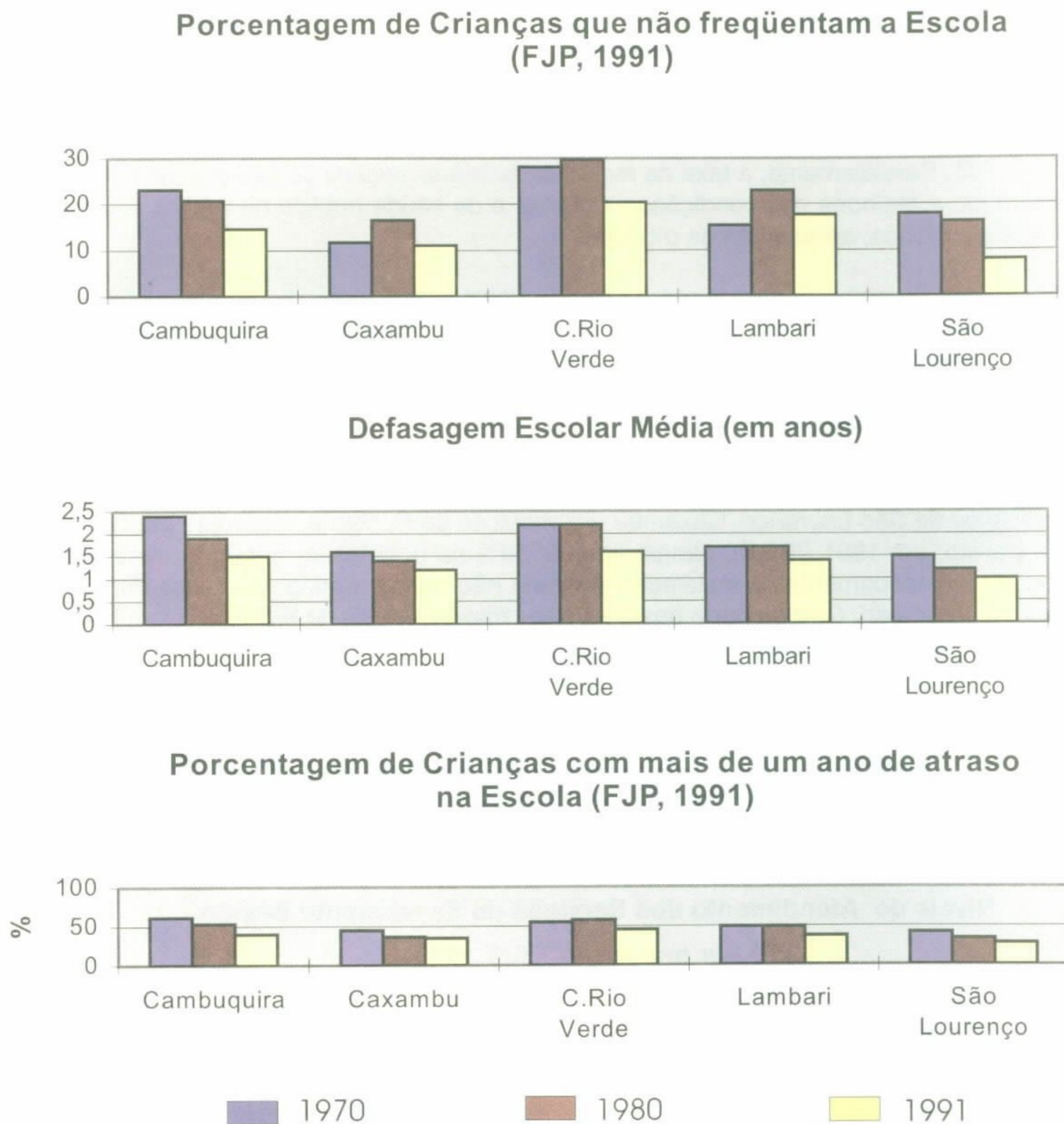


Figura 7 - Evolução dos parâmetros indicadores na área de educação por município.

Capítulo 7

ASPECTOS FISIAGRÁFICOS REGIONAIS

O **tipo climático** da área, segundo o IGA (1982), corresponde, na classificação de Köppen, ao tipo C, ou seja, mesotérmico úmido do subtipo Cwb, tropical de altitude, com verões suaves, temperatura de mês mais quente inferior a 22°C e com uma média anual de precipitação pluviométrica da ordem de 1.400 mm. Os meses mais chuvosos correspondem a dezembro, janeiro e fevereiro, e as menores precipitações ocorrem em junho, julho e agosto.

Em trechos mais elevados, tende ao subtipo Cf, que é mesotérmico úmido, sem estação seca e com verões suaves.

A temperatura média na região apresenta pouca oscilação anual, variando entre 18° e 19°C aproximadamente. Os maiores valores médios acontecem em janeiro, fevereiro e dezembro; os menores valores, entre junho e julho.

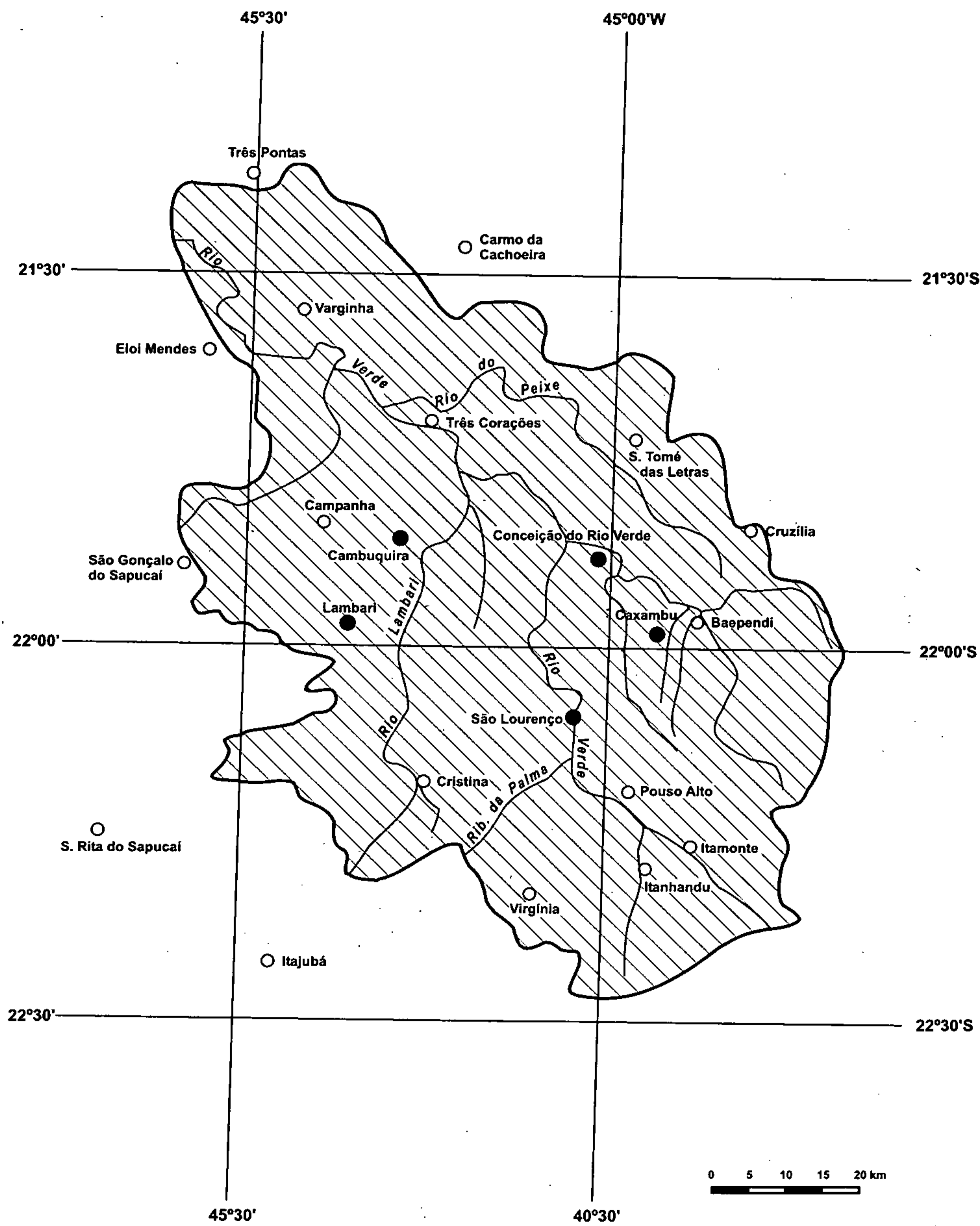
Quanto à **cobertura vegetal**, de acordo com Radambrasil (1983), a região se apresenta como área de tensão ecológica pelo contato entre duas regiões fitoecológicas, quando a interpenetração de espécies em seus ambientes faz com que ora haja uma mistura de espécie formando zonas de transição (ecotonos), ora haja um contato em forma de ilha ou bolsão (encrave). O contato Floresta Estacional/Floresta Ombrófila Mista ocupa a faixa altimétrica dos 800 aos 1.200 m. A Floresta Ombrófila Mista consiste em um tipo de vegetação também conhecido como "mata-de-arauucária" ou pinheiral, que ocorre nas partes mais elevadas da Serra da Mantiqueira.

A Floresta Estacional semidecidual (mata semicaducifolia) possui um tipo de vegetação que está condicionado à dupla estacionalidade climática, uma estação tropical com época de intensas chuvas de verão, seguida por estiagem acentuada, e outra subtropical sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio no inverno. Esses climas determinam uma estacionalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes, os quais têm adaptação ora à deficiência hídrica, ora à queda de temperatura nos meses frios. A porcentagem das árvores caducifolias no conjunto florestal e não das espécies que perdem folhas individualmente situa-se entre 20% e 50%, na época desfavorável.

Segundo os mapas de cobertura vegetal e uso do solo (IEF, 1994), baseados em imagens Landsat TM, regionalmente ali se encontram os seguintes tipos de vegetação e ocupação do solo: áreas agrícolas, pastagens, matas de encosta, mata/floresta estacional semidecidual preservada em altos topográficos, matas ciliares, formações vegetacionais em várzea.

Predominam as áreas agrícolas e de pastagens, que substituíram a cobertura vegetal nesse ambiente, atestando a ocupação antrópica intensa. Esse fato foi confirmado pelos estudos piloto realizados por Lumbreras & Shinzato (1993b) em Caxambu, onde se concluiu que as pastagens ocupam 72,37% da área total com exploração pecuária de forma semi-intensiva. As principais forrageiras utilizadas para pastoreio direto são jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), gordura (*Melinis minutiflora*), grama-batatais (*Paspalum notatum*) e as braquiárias (*Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizanta*). O uso constante de queimadas induziu a instalação de gramíneas invasoras de baixa qualidade, tais como capim sapé (*Imperata brasiliense*) e rabo-de-burro (*Aristida pallens*).

Ainda segundo os mesmos autores, ocorrem, no município de Caxambu, 1.085 ha (10,85%) de florestas classificadas como Contato Floresta Estacional/Floresta Ombrófila Mista, com ocorrência de araucária (*Araucária angustifolia*). A araucária ocorre principalmente nos ambientes fluviais e maiores altitudes - as cotas variam de 850-1250 m sobre o nível do mar, acompanhadas de espécies latifoliadas que representam o testemunho da ocorrência da Floresta Ombrófila Mista Montana (Radambrasil, op.cit).



LEGENDA

- Divisor de Bacia
- Cidades
- ∩ Rede de Drenagem
- Cidades com estâncias hidrominerais estudadas pelo Projeto Circuito das Águas

Figura 8 - Bacia do rio Verde.

Quanto à **hidrografia**, todas as estâncias estudadas são banhadas pelo rio Verde ou seus afluentes. O rio Verde nasce na serra dos Ivos, braço da serra da Mantiqueira, em altitude de cerca de 2.000 m, sendo o maior afluente do rio Sapucaí, no qual se lançava pela margem direita em Pontalete, depois de um curso aproximado de 220 km. Com a construção da barragem de Furnas e consequentemente com a formação do lago do mesmo nome, o rio Verde atualmente deságua no reservatório. Sua bacia total compreende 6.802 km². Seus principais afluentes são os rios: Passa-Quatro, Baependi, Lambari, Peixe, Palmela e Espera. Na área estudada (alto Rio Verde), os cursos d'água praticamente se desenvolvem no sentido sul-norte. A jusante dessa área, o rio Verde desloca-se basicamente no sentido sudeste-noroeste até a sua foz. A fig. 8 apresenta a área drenada pelo rio Verde. As bacias hidrográficas a montante dos parques das águas hidrominerais estudadas neste projeto são nominadas no quadro 10.

Os **recursos hídricos** da região, em termos quantitativos, foram avaliados por IGA (op.cit) utilizando o método de Thornthwaite e Mather (1955). Segundo essa fonte, verificou-se que, em todas as estações meteorológicas usadas para o cálculo do balanço hídrico, o total anual de precipitação pluviométrica é superior ao total anual de evapotranspiração potencial.

Sub-bacia hidrográfica estudada	Município	Sub-bacias da bacia do rio Verde as quais pertence
rib. Bengo	Caxambu	ribeirão João Pedro, rio Baependí
rib. Contendas	Conceição do Rio Verde	rio Baependí
rib. Mumbuca	Lambari	rio Lambari
cor. Cambuquira	Cambuquira	ribeirão do Barreiro, rio São Bento
rib. São Lourenço	São Lourenço	deságua direto no r. Verde
rib. Marimbeiro	Cambuquira	ribeirão do Barreiro, rio São Bento

Quadro 10 - Bacias hidrográficas a montante dos parques das águas.

O período em que o total da precipitação é superior às necessidades de água (evapotranspiração potencial) é considerado como climaticamente úmido e corresponde, na região, aos meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro. O período em que a precipitação é inferior à evapotranspiração potencial é considerado climaticamente seco. Na região estudada, constatou-se que, na maioria das vezes, esse fato ocorre nos meses de abril a setembro, como é o caso das estações meteorológicas de Cambuquira, Caxambu e Conceição do Rio Verde.

Quando há excesso de água no solo, esse período é considerado biologicamente úmido. Nas estações hidrometeorológicas na área deste projeto, isso ocorre nos meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro. Os períodos considerados biologicamente secos são aqueles que apresentam "déficit" de água no solo. As estações de Caxambu apresentam "déficit" nos meses de abril a setembro; Conceição do Rio Verde, de maio a setembro; Cambuquira, de julho a setembro. O mês de maior deficiência hídrica é julho. A figura 9 apresenta como exemplo o balanço hídrico de Caxambu. Penna (1996b) analisou os dados da estação meteorológica de Caxambu, chegando ao seguinte resultado, utilizando também o método acima citado e admitindo uma capacidade de campo de 250 mm para a região:

Parâmetros	Valores
Deficiência hídrica	10,4mm
Evapotranspiração potencial total anual	929,5mm
Evapotranspiração real anual	919,1mm
Excedente hídrico	536,4mm
Precipitação anual total	1455,5mm

Tabela 1 - Dados do balanço hídrico.

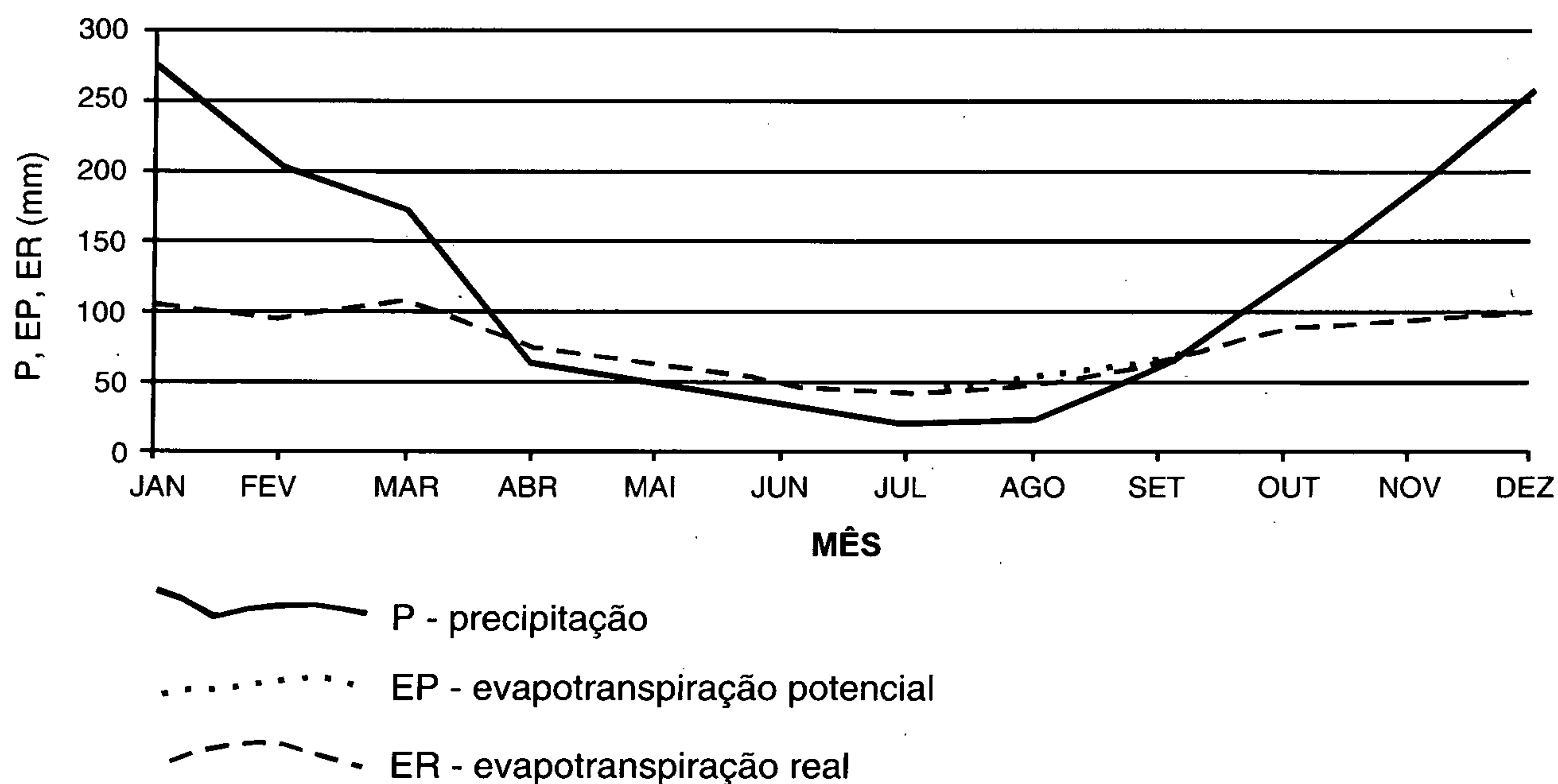


Figura 9 - Balanço hídrico da região de Caxambu (Penna, F.M., 1996).

Quanto aos aspectos de **qualidade das águas** de superfície, Penna (op.cit.) concluiu que, no caso do município de Caxambu, os cursos d'água apresentavam águas de boa qualidade. A principal carga poluidora existente em alguns pontos específicos era proveniente da própria cidade. Alerta o autor para uma maior atenção às drenagens a montante do parque das águas, pois, pela sua proximidade física, podem apresentar maiores riscos para as fontes. Nas outras estâncias, não foram realizados estudos sistemáticos pela CPRM, tanto em nível qualitativo quanto quantitativo das águas superficiais. Apenas foi coletada uma amostra pontual a montante de cada parque das águas para simples reconhecimento. Os resultados dessas análises sugerem o prosseguimento dos estudos visando à confirmação de algumas evidências de cargas poluidoras e também chamam a atenção para essas drenagens, devido à sua proximidade das fontes hidrominerais.

Quanto à **geomorfologia**, a região tem relevo representativo de dois dos grandes compartimentos geomorfológicos (IGA, op.cit.) (vide fig. 10): a Depressão do rio Verde e a Serra da Mantiqueira.

Denomina-se Serra da Mantiqueira o conjunto de alinhamentos de cristas de direção SW-NE, caracterizado por vertentes íngremes e vales encaixados, com alta susceptibilidade a deslizamentos gravitacionais e ravinamentos. Localmente, constatou-se a presença de topos aplainados recobertos por materiais detríticos, remanescentes de antigas superfícies de aplainamento. Enquadram-se essas áreas (Radambrasil, op.cit.) na classe de relevos de dissecação moderada, abran-

gendo os relevos de dissecação estrutural orientados, constituindo cristas assimétricas e escarpas que coalescem com rampas de colúvio, “mares de morro” e colinas convexas. Incisões de drenagem de 98 a 159 m, declives entre 11° e 24° e formações superficiais espessas de textura areno-argilosa recobertas por pastagens e vegetação secundária recebem de 800 a 2.000 mm de chuvas anuais. De acordo com a morfodinâmica atual, ocorre o desenvolvimento de processos morfogenéticos desde a desagregação mecânica até processos superficiais de escoamento difuso e concentrado, originando sulcos, ravinas e voçorocas, além de movimento de massa. Domínio total dos processos morfogenéticos, evidenciando a área de dinâmica instável.

O desequilíbrio morfodinâmico é resultante de intensa utilização das encostas com declividades acentuadas com pastagens.

A Depressão do Rio Verde resulta do encaixamento de uma drenagem do tipo paralela, constituída pelo rio Verde e seus tributários Lambari e Baependi. O relevo caracteriza-se por uma seqüência de colinas com vertentes suaves e vales rasos de fundo amplo, interrompidas por alinhamento de cristas cortadas por gargantas de superimposição. Essas gargantas foram observadas, principalmente na serra de Jurumirim, na passagem do rio Verde, Lambari e Lambarzinho. São áreas de dissecação fraca, que abrangem, entre as principais formas derivadas de processos de desnudação, as colinas com vales de fundo plano e as colinas com vales encaixados. As planícies fluviais e terraços aluvionares são o produto dos processos deposicionais.

As áreas onde se localizam as fontes hidrominerais estudadas estão todas localizadas em planícies aluvionares representativas da Depressão do rio Verde, assentadas em vales por vezes condicionados no seu desenvolvimento por forte influência estrutural, como é, por exemplo, o vale do rib. Mumbuca, em Lambari. Nesse caso, portanto, situando-se na interface entre os dois tipos de relevo predominantes.

Os processos morfodinâmicos atuais geraram as coberturas inconsolidadas características de cada um desses compartimentos geomorfológicos. Dessa forma, Lumbreras & Shinzato (1993a), em estudos realizados no município de Caxambu, afirmam que, “do ponto de vista da **Pedologia**, há duas situações distintas na fisiografia: a planície fluvial e as terras altas, com meias-encostas aplainadas, tabuleiros, colinas e montanhas. As terras de várzeas possuem solos derivados de sedimentação aluvial e esporadicamente lacustres. Ocorrem distribuídos por toda a área, exceto no extremo sul do município, sob relevo plano, apresentando risco de encharcamento e inundação. Os solos são profundos, com restrições de drenagem, pouco férteis, textura média e argilosa, com presença eventual de veios de granulometria arenosa. As terras da parte alta ocupam a maior parte de Caxambu, sob relevo suave a montanhoso, elaborado em rochas metassedimentares, pré-cambrianas, com quartzitos, gnaisses e com grande porcentagem de mica e quartzo. Predominam solos profundos, bem drenados, de textura argilosa e média, de baixo nível de fertilidade natural. Essas terras são muito susceptíveis à erosão, principalmente quando ocorrem solos que apresentam horizonte C (saprólito) próximo à superfície - a menos de 1,0 a 1,5 m de profundidade - em locais de declives íngremes”.

Segundo o mapa Exploratório de Solos em escala 1:1.000.000 (Radambrazil, op.cit), as classes de solo na região abrangida pelo projeto são: Latossolo Vermelho-Escuro; Latossolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Álico e Glei Húmico. Em Caxambu, Lumbreras & Shinzato (op.cit.) assim descreveram as unidades mapeáveis em escala 1:25000:

Latossolo Vermelho-Escuro. São solos minerais muito intemperizados, caracterizados pela presença de horizonte B latossólico, com predominância de argila 1:1 do grupo da caulinita. São desenvolvidos a partir de gnaisses, micaxistos e quartzitos do Pré-Cambriano. Ligeiramente susceptíveis à erosão, são profundos, bem drenados e argilosos, muito porosos e permeáveis. Possuem seqüências de horizontes A-Bw-C, com transição gradual ou difusa. Apresentam A moderado sobrejacente ao horizonte B de cores avermelhadas, nos matizes 2,5YR e 10R.

Apresentam baixo nível de fertilidade, são álicos e distróficos; possuem reduzida soma de bases e elevada acidez. Ocorrem com bastante frequência distribuídos por todo o município, exceto no extremo sul. Localizam-se principalmente em posição de meias-encostas e tabuleiros, de relevo suave ondulado.

Como inclusões ocorrem as classes de Latossolo Vermelho-Escuro A proeminente e Latossolo Vermelho-Amarelo A moderado e proeminente.

Cambissolo. Compreende solos minerais bem drenados, apresentando horizonte A seguido de B incipiente (Bi). No horizonte B, normalmente, percebe-se a presença de fragmentos de rochas e/ou materiais primários facilmente intemperizáveis. A mineralogia da fração argila do Bi acusa domínio da caulinita, seguida por illita, camadas mistas irregulares de illita-clorita e illita-esmectita.

Possuem textura média e argilosa, sendo comum a ocorrência de horizontes cascalhentos. São porosos, permeáveis e profundos, com seqüência de horizontes A-Bi-C. Ao horizonte A moderado segue o horizonte Bi de cores avermelhadas, nos matizes 2,5YR e 10R.

O horizonte C (saprólito) ocorre entre 50 e 200 cm de profundidade. Sua estrutura guarda íntima relação com material originário, rico em mica e quartzo, apresentando grau de desenvolvimento nunca superior a fraco, com pequena ou nula adesão entre os agregados e/ou partículas primárias. Quando exposto, apresenta extrema fragilidade em termos de resistência à erosão hídrica.

Essa classe de solo é muito freqüente, distribuindo-se por todo o município. Normalmente é situado sobre o relevo forte ondulado, que, somado à escassa profundidade do saprólito, torna-o muito susceptível à erosão. Observa-se, em diversos locais, que a exposição do horizonte C pode causar processos de erosão acelerada, com formação de voçorocas, como a que ocorre em pretense loteamento na cidade de Caxambu, às margens da BR-354.

Esses solos são de baixa fertilidade natural, distróficos e/ou álicos, com saturação de bases inferior a 30%, soma de bases usualmente inferior à unidade e, moderada a fortemente, ácidos.

Como inclusão registrou-se a classe de Cambissolo pouco profundo.

Cambissolo Latossólico. São intermediários para Latossolo Vermelho-Escuro. Os perfis descritos apresentam elevada saturação por alumínio (álicos) e textura argilosa.

Glei Pouco Húmico. Compreende solos minerais, hidromórficos, com horizonte A moderado, seguidos de horizontes glei começando a menos de 50 cm da superfície.

Desenvolvidos a partir de sedimentos aluviais, esses solos apresentam bastante desuniformidade das características morfológicas e analíticas, tanto ao longo do perfil como horizontalmente.

São profundos, maldrenados, pouco férteis, com seqüência de horizontes A-Cg. Em subsuperfície, apresentam cores acinzentadas com mosqueadas, sendo comum a presença do lençol freático próximo à superfície. Possuem textura média e argilosa, algumas vezes entremeada com camadas descontínuas de textura arenosa. É a classe taxonômica mais freqüente das planícies fluviais. Ocorre sob relevo plano, apresentando risco de inundação.

Solos Orgânicos. São solos hidromórficos, de constituição orgânica pelo menos nos primeiros 80 a 100 cm a partir da superfície. Desenvolvidos em ambiente palustre, originaram-se da progressiva acumulação de resíduos vegetais. Ocorrem, principalmente, entre os diques marginais (combros) do rio Baependi e as terras da parte alta. Ocupam superfícies pouco extensas, sob relevo plano-subcôncavo da planície fluvial. Apresentam-se muito maldrenados, com lençol freático aflorante, baixa densidade aparente, cores acinzentado-escuras ou pretas e pequena diferenciação entre horizontes.

A fertilidade é baixa, são álicos e fortemente ácidos, destacando-se os altos valores de hidrogênio (H^+). O elevado poder tampão desses solos torna a demanda por corretivos, para neutralização do alumínio, muito onerosa.

Solos Aluviais. São solos minerais, pouco evoluídos, não-hidromórficos, originários de sedimentos aluviais. Apresentam horizonte A moderado, seguido por uma sucessão de camadas estratificadas sem relação pedogenética entre si.

Ocorrem nas planícies fluviais, em situação fisiográfica de diques marginais (combros) de rios e riachos, em posição relativa mais elevada dentro das várzeas. Esses solos apresentam propriedades que podem variar consideravelmente a curta distância vertical e/ou horizontal.

São profundos, moderadamente drenados com argila de atividade baixa. Possuem seqüência de horizontes A-C, com horizonte A moderado assente sobre camadas superpostas de natureza bastante diversa. A textura é média e argilosa, podendo ocorrer camadas arenosas descontínuas.

Essas terras apresentam relevo plano com microrrelevo e estão sujeitas a inundações ocasionais. São pouco férteis, fortemente ácidas, com baixa soma de bases e saturadas por alumínio.

Solos Aluviais Gleicos. São intermediários para Gleissolos. Bastante freqüentes na planície fluvial, geralmente associados a Solos Aluviais e Gleissolos.

Solos Litólicos. São solos minerais pouco evoluídos, rasos (<50 cm até o substrato rochoso), com horizonte A assente diretamente sobre a rocha, podendo apresentar exígüo C. São bem drenados, pouco férteis, de textura média cascalhenta e não-cascalhenta, muitas vezes pedregosos e/ou rochosos. A seqüência de horizonte é de A-R ou A-C-R. O horizonte C, quando presente, contém fragmentos de rocha e/ou elevados teores de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo. Pouco freqüentes no município, ocorrem em locais de relevo forte ondulado e montanhoso, principalmente na parte mais elevada da paisagem. A escassa espessura do solo associada à forte declividade em que se encontram torna essa classe fortemente susceptível aos processos erosivos.

45°

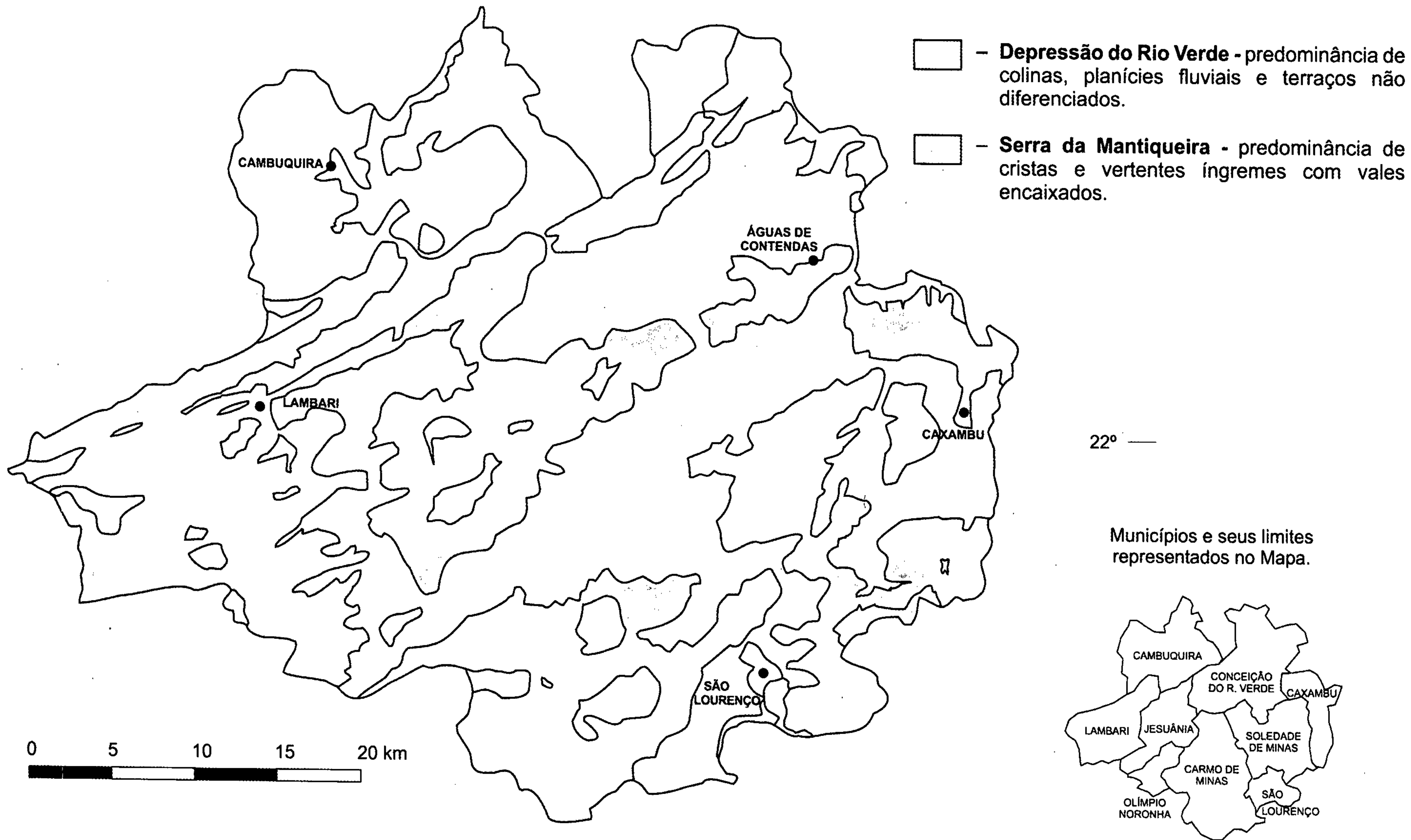


Figura 10 - Compartimentação geomorfológica regional da área do Circuito das Águas (adaptado de IGA, 1982).

Capítulo 8

GEOLOGIA

8.1 - Geologia Regional

A partir da década de 50, inúmeros trabalhos foram executados na região sul do Estado de Minas Gerais e partes dos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, o que, de certa forma, gerou várias interpretações na evolução dos modelos geológicos e geotectônicos fundamentados em dados de natureza geocronológica, estrutural, litoquímica, petrogenética ou geofísica. Assim sendo, neste trabalho, optou-se pelo segmento de obras estritamente de cunho regional.

A área em apreço localiza-se na porção sul do Craton São Francisco, caracterizada pela Faixa Alto Rio Grande (Hasui 1982, Hasui e Oliveira 1984) e terrenos da Nappe Socorro-Guaxupé (Cavalcanti et al 1979) (vide Fig. 11).

A Faixa Alto Rio Grande é constituída por ortognaisses, migmatitos, seqüências metassedimentares e metavulcanossedimentares. O nappe Socorro-Guaxupé é constituído por unidades de granulito, granito, migmatitos e uma série magmática plutônica (Campos Neto et al. 1990).

Segundo Trow et al (1994), as faixas Alto Rio Grande, Brasília e Ribeira são contemporâneas ao Evento Termo-Tectônico (ETT) Brasileiro, sendo a faixa Alto Rio Grande apenas a interferência entre as Faixas Brasília e Ribeira.

Trabalhos mais recentes (Ebert 1993) propõem a utilização do termo Cinturão Transpressivo Rio Paraíba do Sul (CTRPS) para geometria gerada pelo evento dúctil que configura a atual estruturação NE-SW do sudoeste brasileiro (vide Fig.12).

Machado e Endo (1993) propuseram a designação de Cisalhamento Atlântico (CCA), resultante de uma tectônica transpressiva, em substituição às denominações de Faixa e Cinturão Paraíba (Ebert 1962 e Cordani et al 1968), Faixa Paraíba (Ebert 1971), Cinturão Atlântico (Ferreira 1972), Cinturão Ribeira (Hasui et al 1975), Região de Dobramentos Sudeste (Almeida et al 1976) e Província Mantiqueira (Almeida e Hasui 1984) (vide Fig. 13).

O arcabouço estrutural da Cunha de Guaxupé (CGXP) e o do Cisalhamento Paraíba do Sul (SCPS) estão regidos por dois vetores compressivos, durante o Brasileiro (Machado e Endo 1994) (vide Fig. 14).

O vetor E-W (VTr1) é visto como produto de uma tectônica transpressiva dextral, resultando na colagem tectônica lateral dos terrenos da Cunha de Guaxupé aos do Cinturão Atlântico Sul, gerando uma estrutura dúctil penetrativa. As zonas de cisalhamento Ouro Fino (ZCOF), Juiz de Fora-Jaguari-Taxaquara (ZCJFJT), Além Paraíba-Cubatão-Lancinha (ZCPCL) e Niterói (ZCN) apresentam movimentos direcionais dextrais, e a Campo do Meio (ZCCM) apresenta movimento direcional sinistral. (Fig. 14)

O vetor N-S (VTr2) é resultante de uma reativação, originando uma tectônica transpressiva sinistral, observada nas zonas de Cisalhamento Campo do Meio (ZCCM), Juiz de Fora-Jaguari-Taxaquara (ZCJFJT) e Além Paraíba-Cubatão-Lancinha (ZCPCL). (Fig. 14)



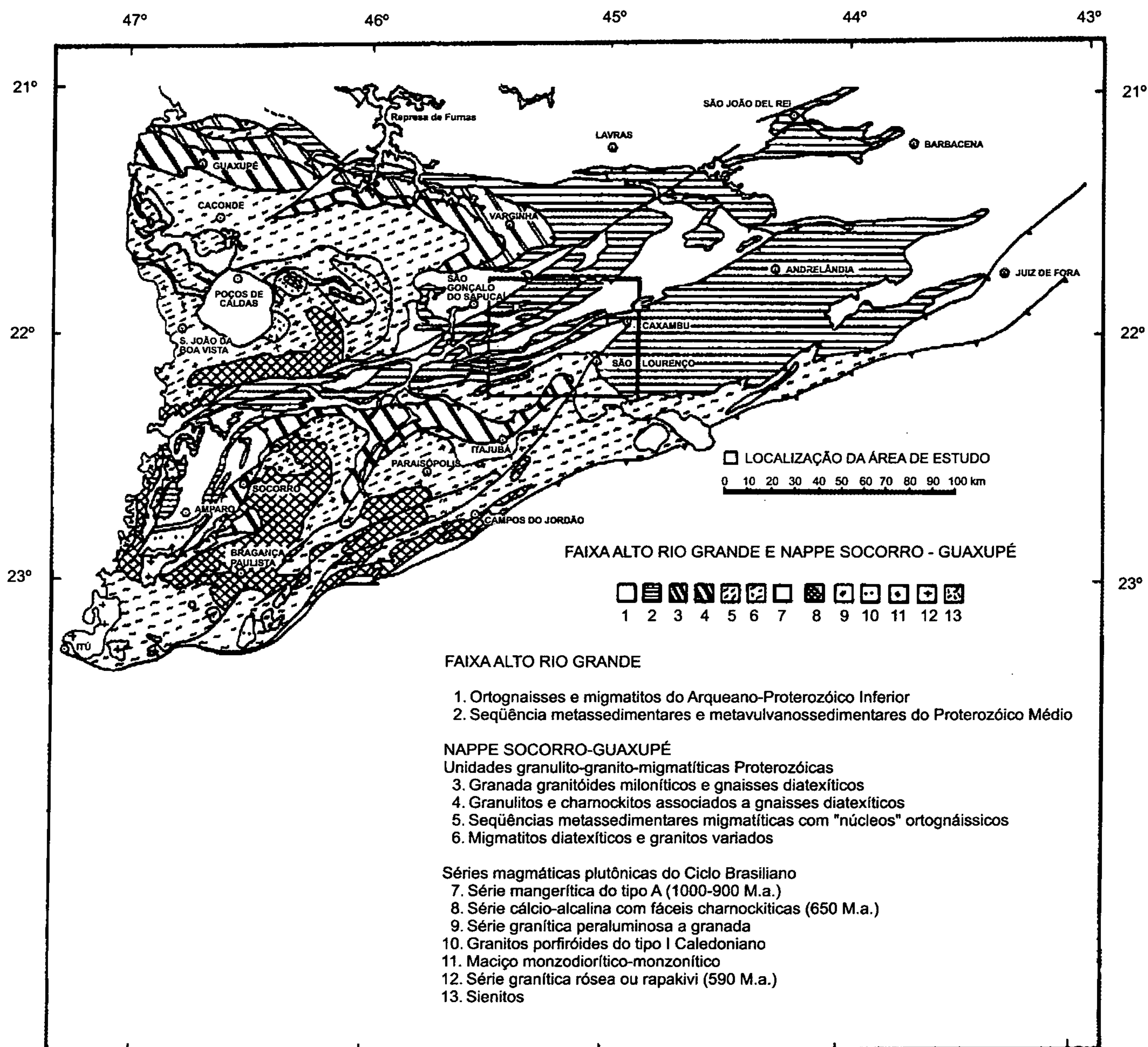


Figura 11 - Localização regional da área de estudo no contexto geológico.
 FONTE: Campos Neto et al. (1990).

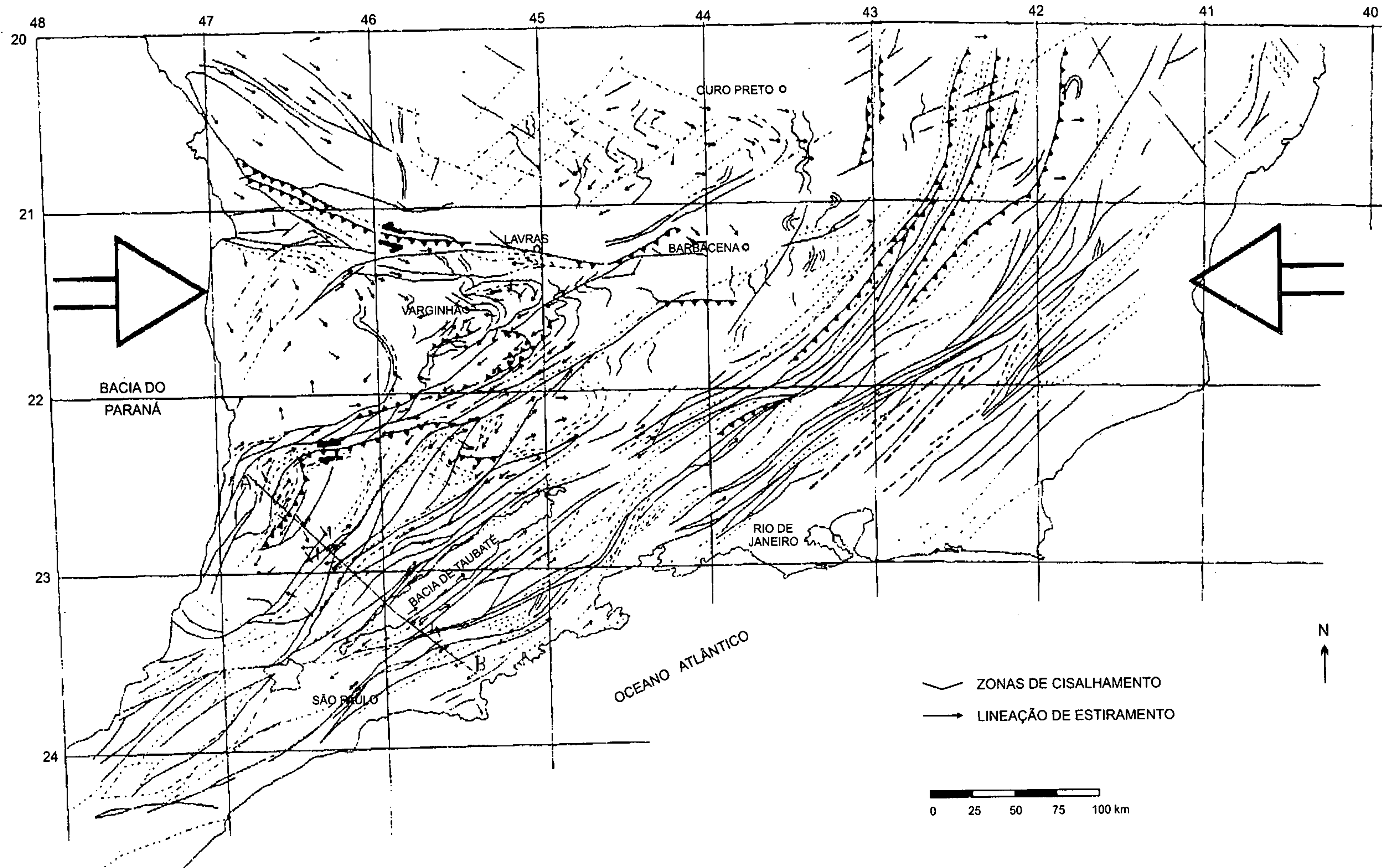


Figura 12 - Arcabouço estrutural da síntaxe de Guaxupé e do Cinturão transpressivo rio Paraíba do Sul.

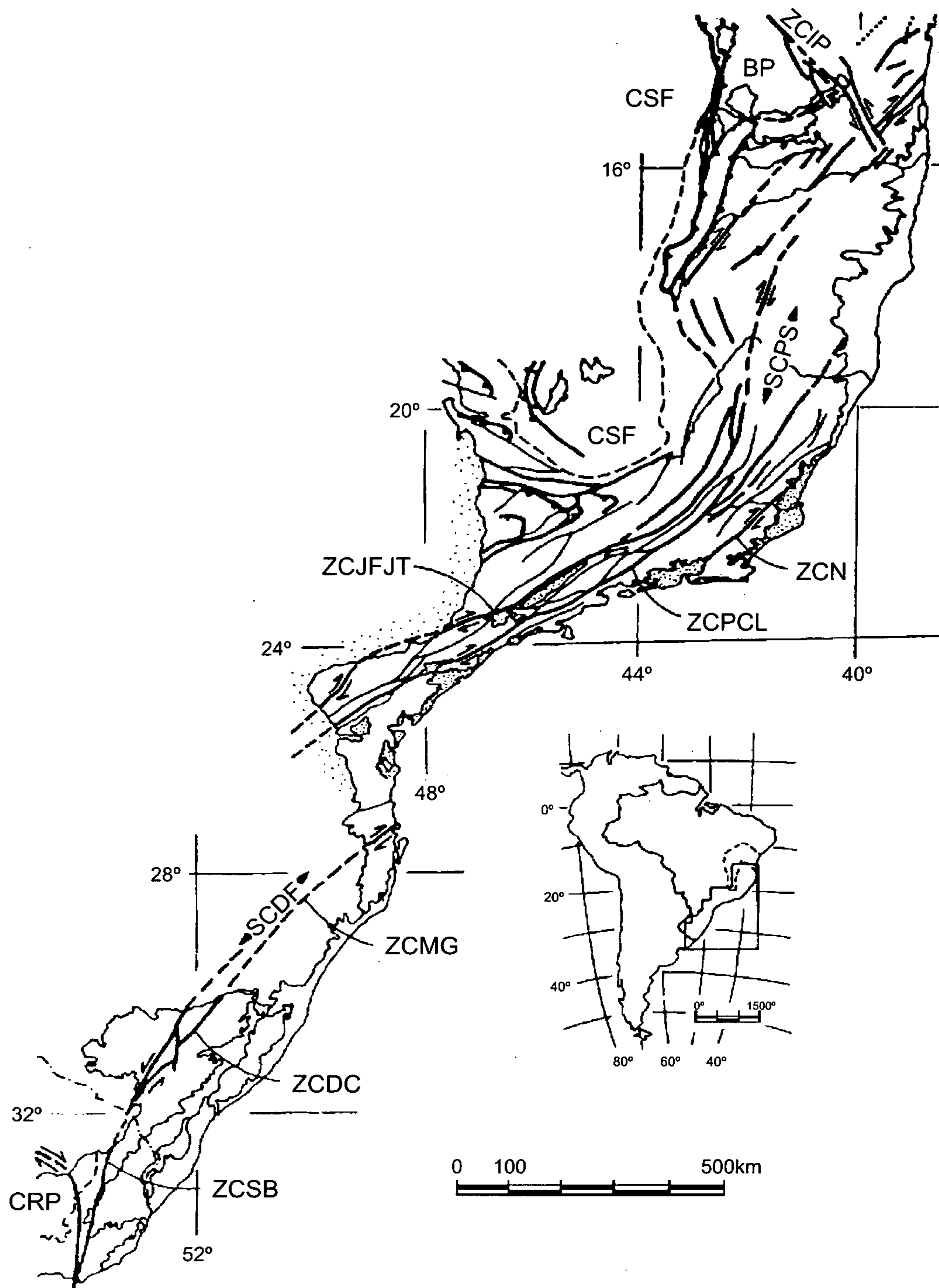


Figura 13- Esboço estrutural do Cinturão de Cisalhamento Atlântico - CCA. SCPS - Sistema de Cisalhamento Paraíba do Sul, ZCJFJT - Zona de Cisalhamento Juiz de Fora - Jaguari - Taxaquara, ZCPCL - Zona de Cisalhamento além Paraíba - Cubatão - Lancinha, ZCN - Zona de Cisalhamento Niterói, SCDF - Sistema de Cisalhamento Dom Feliciano, ZCMG - Zona de Cisalhamento Major Gercino, ZCDC - Zona de Cisalhamento Dorsal do Canguçu, ZCSB - Zona de Cisalhamento Sierra Ballena, ZCIP - Zona de Cisalhamento Itapebi - Paramirim, CSF - Cráton do São Francisco, CRP - Cráton Rio de La Plata, Coberturas Fanerozóicas em legenda pontilhada (base geológica comp. e mod. de Machado F^o et al. 1983, Schobbenhaus et al. 1984).
 FONTE: Machado e Endo (1993) pg 191.

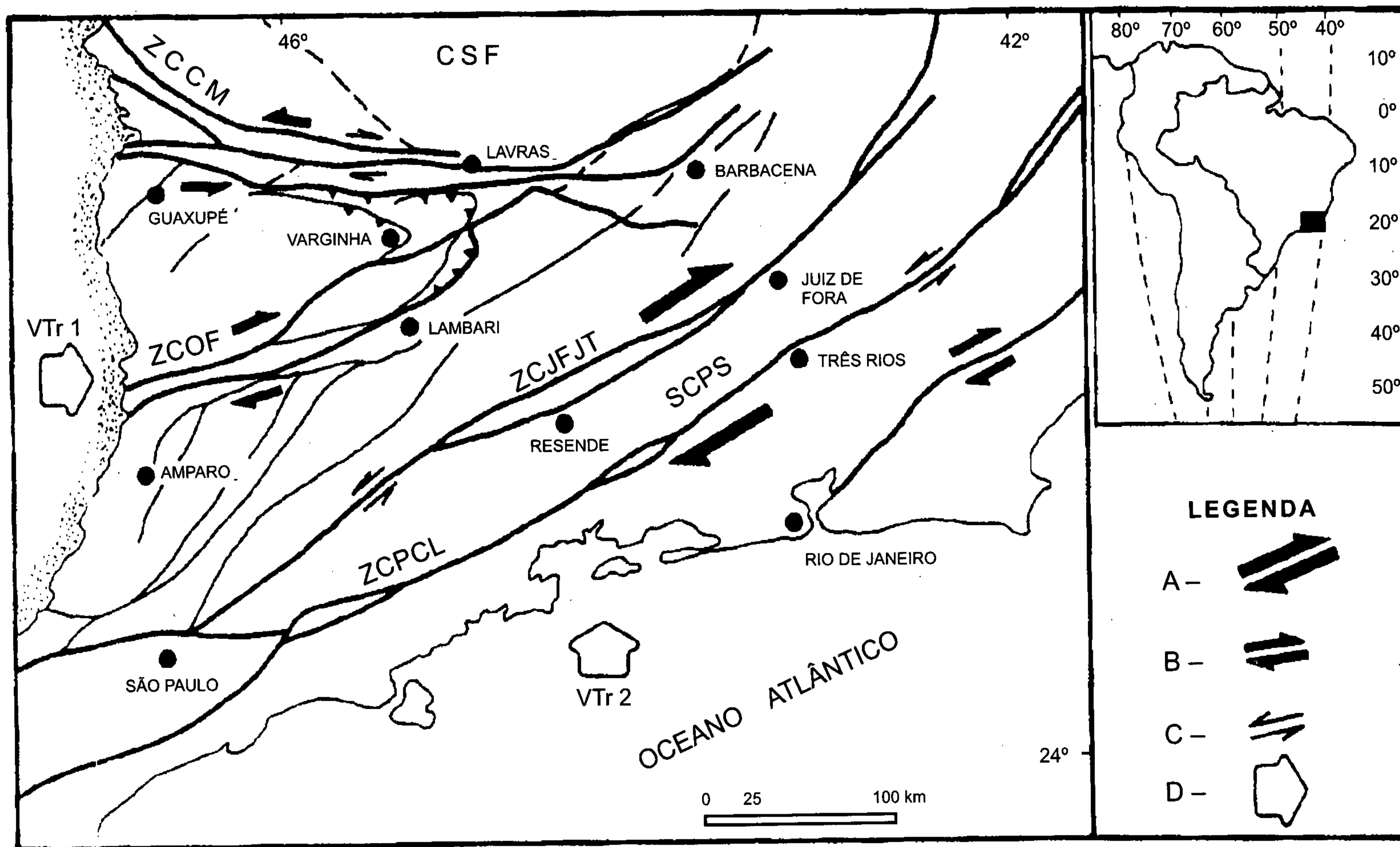


Figura 14 - Mapa estrutural simplificado da Cunha Guaxupé (CG) e da porção central do Cinturão de Cisalhamento Atlântico (CCA). CSF - Craton do São Francisco; SCPS - Sistema de Cisalhamento Paraíba do Sul; SCJFJT - Zona de Cisalhamento Juiz de Fora - Jaguari - Taxaquara; ZCPCL - Zona de cisalhamento Além Paraíba-Cubatão-Lancinha; ZCN - Zona de Cisalhamento Niteroi; ZCOF - Zona de Cisalhamento Ouro Fino; ZCCM - Zona de Cisalhamento Campo do Meio, A - regime transpressional dextral - estágio 1; B - Zonas com regime transpressional (dextral e/ou sinistral), estágio 2; C - Regime transpressional sinistral, estágio 2; D - vetor transpressivo do estágio 1 - VTr e Vetor transpressivo do estágio 2 - VTr.

FONTE: Machado e Endo (1994), pg. 270.

8.2 - Caracterização Geológica e Geomorfológica das Bacias Hidrográficas a Montante dos Parques das Águas

Atendendo aos objetivos do projeto, foram mapeadas as bacias hidrográficas a montante dos parques das águas das fontes. As características geológicas de Caxambu foram descritas e apresentadas no relatório Hidrogeologia de Caxambu (Lima, J.E.S et al., op.cit).

8.2.1 - Lambari

Em **Lambari**, foi mapeada em escala 1:25000 a bacia hidrográfica do ribeirão Mumbuca, área de provável recarga das fontes (fotos 1 e 2), gerando o mapa geológico apresentado na figura 15. As observações são apresentadas a seguir.

8.2.1.1 - Geomorfologia

A área é caracterizada por três compartimentos distintos, condicionados diretamente pelo comportamento litoestrutural. O primeiro localiza-se na borda oriental, fazendo parte da serra da Campanha. Apresenta cotas de 1.500 m, com vales encaixados e vertentes abruptas, sustentado por biotita-gnaisses grosseiros.

O segundo compartimento corresponde à parte central, cortado pelo vale do ribeirão Mumbuca. É caracterizado por morros abaulados e suaves, com vales abertos, com cotas em torno de 1.000 m, sustentado por biotita-gnaisses diversos, bandados ou não, saprolitizados. O terceiro localiza-se na borda ocidental, tendo como acidente geográfico principal o morro do Cerrado, com cotas máximas de 1.260 m, com vales encaixados e fechados.

Sustentado por quartzitos micáceos em cristas bem salientes na topografia (foto 3). Em toda a bacia, a rede de drenagem é nitidamente controlada pelo sistema de fraturamento.

8.2.1.2 - Geologia

Regionalmente, na área em estudo, ocorrem três unidades geológicas denominadas de Complexo Itapira, Complexo São João del-Rei (unidade Lambari), ambas pertencentes à Associação Barbacena; quartzitos intercalados em diversos complexos; e os sedimentos aluviais, segundo Cavalcante et al. (1979). Trabalho realizado pelo IGA (1982) na mesma região definiu Complexo Silvianópolis equivalente ao Complexo Itapira, Complexo Lambari equivalente à unidade Lambari, ambos pertencentes ao Grupo Barbacena equivalente à Associação Barbacena, e nomeou os quartzitos como Formação São Tomé das Letras, do Grupo Andrelândia. Nascimento F.M.F. (1995), em dissertação de mestrado realizada na região, englobou as duas primeiras unidades no Grupo Andrelândia, sem nomeação, e os quartzitos definiu como Grupo Carrancas.

O levantamento bibliográfico revelou um acervo considerável de dados geológicos nesta região. Entretanto, verificou-se uma diversidade de nomes para uma mesma unidade geológica regional, conforme citação anterior, o que, de certa forma, dificulta quando se trabalha em áreas restritas, como é o caso deste trabalho. Assim sendo, neste trabalho, em conformidade com as características litoestruturais observadas no campo, foram individualizadas quatro unidades, descritas a seguir.

Aluviões

Essa unidade foi caracterizada como sedimentos argilo-arenosos, inconsolidados, depositados juntamente com matéria orgânica, ao longo das drenagens. O vale do ribeirão Mumbuca, principal dreno da bacia, na sua quase totalidade é ladeado por áreas alagadiças e coberto por vegetação do tipo "taboa".

Grupo Andrelândia

Formação São Tomé das Letras - Essa unidade localiza-se na borda ocidental da bacia, fazendo contato tectônico com o Complexo Lambari, definido como falha transcorrente com movimento dextral.

É caracterizada por um conjunto litológico predominantemente quartzítico, com intercalações de muscovita-xistos. Os quartzitos geralmente são muscovíticos esbranquiçados, granulação variando de fina a média, na sua maioria cisalhados e fraturados. Destacam-se, na paisagem, como cristas bem definidas, sustentando a topografia. As atitudes tomadas no campo estão preferencialmente condicionadas ao quadrante NE, com mergulhos para SE. Essas rochas geram solos pouco espessos e, na região, são utilizadas na construção civil.

Grupo Barbacena

Complexo Lambari - Ocorre na parte central e borda ocidental da área, balizado por dois sistemas de fraturamentos, definidos como falhamentos transcorrente dextral e de empurrão. É caracterizado por um conjunto litológico na sua maioria saprolitizado, com cobertura de solo de aproximadamente quatro metros. A rocha predominante é um biotita-gnaiss bandado ou não, intensamente cisalhado, finamente laminado, com intercalações de anfibolito, biotita-granada-gnaiss e gnaiss diorítico. Rochas frescas são encontradas ao longo das drenagens, à medida que se aproxima da serra.

O afloramento mais importante dessa unidade é a pedreira Vista Alegre, localizada ao norte de Lambari, praticamente dentro da zona urbana. (foto 4)

Complexo Silvianópolis - Localiza-se na borda oriental da área como parte integrante da serra da Campanha. O contato com o Complexo Lambari é tectônico, através de falha de empurrão. Os seus melhores afloramentos encontram-se nos contrafortes, formando enormes paredões, de difícil acesso. Trata-se de uma rocha gnáissica, definida como biotita-gnaiss, homogêneo, coloração cinza a cinza-escuro, granulação média a grosseira, com destaque para os minerais de feldspato, que, via de regra, apresentam-se de forma oftálmica. Essas rochas encontram-se mecanicamente deformadas, gerando um aspecto físico bastante foliado. Localmente observam-se faixas segregadas, quartzo feldspática, dando um aspecto de bandamento à rocha. As foliações definidas no campo dispõem preferencialmente segundo quadrante NE, mergulhando para SE.

8.2.1.3 - Estrutural

Nos trabalhos regionais foram definidos, nessa área, vários sistemas de alinhamentos estruturais, destacando os de direção SW/NE. Esses alinhamentos estão associados a falhamentos transcorrentes dextral de alto ângulo e/ou falhamentos de empurrões.

No âmbito da bacia de drenagem do ribeirão Mumbuca, ocorre o sistema de falhamento transcorrente, de alto ângulo, dextral, denominado regionalmente de falha de Lambari. Nas proximidades desses sistemas, são observadas faixas com predominância de foliação milonítica de direção preferencial N60°-70°E com mergulhos verticais a subverticais. No que se refere a dobramentos, observaram-se dobras apresentando eixos verticais e de dimensões métricas. As foliações definidas no campo estão, na maioria, no quadrante NE, com mergulhos para SE, o que, de certa forma, vem corroborar os dados da fotointerpretação. Esse fato também foi observado quando das medidas de juntas. Todas as atitudes estruturais definidas em campo estão devidamente registradas no mapa geológico (figura 15).

Trabalhos mais recentes, como o de Nascimento, F.M.F (1995), definiram regionalmente pelo menos seis sistemas de lineamentos estruturais: N-S, E-W, N45°-50°E, N35°-40°W, N65°-70°W, N65°-70°E. Quanto aos sistemas de juntas, verificou-se que a maior concentração apresenta direções N40°-50°W e que, no campo, elas apresentaram as maiores aberturas, geralmente

centimétricas. Observou-se um nítido controle da drenagem pelo sistema de fraturamento, sendo que as maiores correm segundo o sistema de direção SW/NE, caracterizado pelos falhamentos. Os drenos menores estão condicionados ao sistema de juntas, com predominância no quadrante NW. A figura 16 apresenta essas estruturas.

8.2.2 - Cambuquira e Marimbeiro

Em Cambuquira, foram mapeadas em escala 1:25000 as bacias hidrográficas a montante dos ribeirões Cambuquira e Marimbeiro, áreas prováveis de recarga das fontes (fotos 5 e 6), gerando o mapa geológico apresentado na figura 17. As observações são apresentadas a seguir.

8.2.2.1 - Geomorfologia

As dimensões restritas da área, aproximadamente 15 km², de certa forma dificultam uma caracterização geomorfológica. Entretanto, pode-se defini-la como uma área pouco acidentada, com cotas mínima/máxima variando de 900 a 1120 m.

A morfologia é definida por morros abaulados de encostas suaves, com vales pouco encaixados e abertos. Nesse contexto, encontram-se instaladas as bacias dos ribeirões Marimbeiro e Cambuquira, sustentados por unidades litológicas à base de xistos com intercalações de quartzitos.

8.2.2.2 - Geologia

Regionalmente foi definida uma única unidade geológica, segundo Cavalcanti et al (1979), como sendo unidade Cambuquira, do Complexo São João del-Rei, pertencente à Associação Barbaceana. Mais tarde, trabalho executado pelo IGA (1982), na mesma região, definiu duas unidades denominadas de formações Cambuquira e Arantina, pertencentes ao Grupo Andrelândia. Trabalhos mais recentes, como o de Nascimento (1995), englobaram as duas unidades definidas pelo IGA (op cit) em uma única unidade litoestrutural, como parte do Grupo Andrelândia. As unidades mapeadas foram:

Aluviões

Tanto o vale do ribeirão Cambuquira como o Marimbeiro são caracterizados como vales abertos, com uma faixa de alagadiço considerável, onde se desenvolve vegetação do tipo "taboa", que convive com os depósitos argilo-arenosos inconsolidados.

Grupo Andrelândia

Na área foi possível, com base na maior ou menor percentagem de um tipo litológico, definir duas unidades denominadas de (Aq) e (Ax). A unidade (Aq) é caracterizada pelo predomínio de rochas de natureza quartzosa, intercaladas a xistos e gnaisses. A rocha predominante é um quartzito micáceo, esbranquiçado, muito foliado, granulação fina a média, muito intemperizado. Quando fresco, forma cristas que sustentam a topografia local. As demais rochas que compõem a unidade, os xistos e gnaisses estão intensamente saprolitizados. Nessa unidade, o solo apresenta espessura pouco expressiva, o que, de certa forma inibe o seu aproveitamento para a agricultura.

A unidade (Ax) é definida como um conjunto de litologias, com predominância de granada-biotita-xisto com cianita ou não, intercalado a gnaisses e quartzitos. O conjunto, no geral, encontra-se intensamente saprolitizado, apresenta coloração avermelhada a amarronzada, rico em mica e argila. Em geral, forma uma topografia mais suave que a unidade anterior. Em cortes de rodovia é possível observar espessura de até 20 m, sem aflorar rocha fresca. Nesta unidade desenvolve um solo mais espesso, ultrapassando às vezes 3 m, coloração avermelhada, argilo-siltoso, muito utilizado para agricultura, principalmente para o cultivo de café.

8.2.2.3 - Estrutural

O quadro estrutural local apresenta pouca expressão quanto aos grandes traços, a não ser algumas fraturas menores, responsáveis pelo controle da rede de drenagem. Os que mais se destacam são as foliações e/ou xistosidades, com direções preferenciais no quadrante NE, com mergulhos tanto para SE como para NW, predominando o primeiro. Essa variação no sentido de mergulho é responsável pelo dobramento imposto ao conjunto litológico. Durante a etapa de campo, foram definidas várias direções de juntas, porém em número reduzido, o que torna impossível fazer um diagrama de rosetas. Entretanto, Nascimento (1995), em trabalho regional, definiu seis direções preferenciais de fraturamentos, como sendo N0°-5°E, N45°-50°E, N65°-70°E, N85°-90°E, N35°-40°W e N65°-70°W. Concluiu que a maior concentração de juntas apresenta direção N40°-50°W e que elas apresentam as maiores aberturas. A Figura 18 apresenta essas estruturas.

8.2.3 - Águas de Contendas

Em **Águas de Contendas** foi estudada a área da bacia a montante do córrego Contendas, onde se situa o "Parque das Águas de Contendas", gerando o mapa geológico (escala 1:25000) apresentado na figura 19. As observações são apresentadas a seguir.

8.2.3.1 - Geomorfologia

A bacia apresenta uma área bem restrita, não ultrapassando 3,5 km², podendo ser caracterizados dois compartimentos geomorfológicos, definidos pelo comportamento litoestrutural. Nas proximidades da fonte, observa-se uma topografia suave, com morrotes abaulados, com cotas em torno de 850 m, sustentada por rochas gnáissicas em parte saprolitizadas. Já as cabeceiras da bacia fazem parte da serra de Contendas, com topografia acidentada com vales encaixados, com cotas em torno de 1.000 m, sustentada por rochas quartzíticas e xistos.

8.2.3.2 - Geologia

Na geologia regional, trabalhos desenvolvidos por Cavalcante et al. (1976) definem a unidade Lambari, onde predominam metamorfitos gnáissicos e gnaissóides do Complexo São João del-Rei, e o Complexo Andrelândia, com predominância de micaxistos, migmatitos e quartzitos, cataclasticamente deformados, ambos pertencentes à Associação Barbacena. O IGA (1982) definiu duas unidades denominadas de formação Arantina, do grupo Andrelândia, à base de micaxistos diversos e quartzitos, e o complexo Lambari, do grupo Barbacena, à base de biotita-gnaisses com intercalações de biotita-gnaisses anfíbolíticos e níveis granatíferos. Na geologia local, foi possível definir três unidades bem individualizadas, com base nas suas características litoestruturais.

Aluvião

As aluviões ocorrem em pequena faixa ladeando principalmente o córrego Contendas, caracterizada por sedimentos argilo-siltosos e turfáceos.

Grupo Andrelândia

Formação Arantina - essa unidade ocorre principalmente na serra de Contendas, acidente geográfico mais importante da área. Trata-se de um conjunto litológico formado de biotita-xisto com ou sem cianita, coloração avermelhada, dada pelo alto grau de alteração, superficialmente laterizado, associado com quartzitos micáceos, intensamente cisalhados, fraturados, granulação muito fina. Ocorre na forma de lentes.

Grupo Barbacena

Complexo Lambari - essa unidade ocorre nas partes mais baixas, apresentado uma morfologia suave. Trata-se de um conjunto litológico caracterizado por biotita-gnaisse, biotita-anfíbólio-gnaisse,

em parte milonitizados. São poucos os afloramentos de rocha fresca encontrados. Entretanto, foi possível observar que o biotita-gnaiss apresenta coloração cinza-claro, granulação média, foliado, às vezes levemente bandado, ocorrendo, na maioria, em pequenos blocos soltos. O biotita-anfibólio-gnaiss ocorre nas proximidades da serra, em lajedões e apresenta coloração cinza-escuro, bem foliado, granulação fina, fraturado, podendo ser observadas algumas segregações quartzo-feldspáticas.

8.2.3.3 - Estrutural

Considerando o tamanho reduzido da área, foram poucos os elementos estruturais definidos no campo (vide figura 20). Entretanto, foi possível observar que os afloramentos de quartzito encontram-se bastante fraturados e cisalhados. Observou-se também que, nas proximidades da fonte, ocorre uma zona de cisalhamento bem definida, pela presença de milonito gnaiss, sem definição do movimento, pela falta de marcadores cinemáticos. Tendo em vista o reduzido número de elementos estruturais, mais uma vez, faz-se necessário citar os trabalhos desenvolvidos por Nascimento, M.F.M (1995), que definiu regionalmente seis direções preferenciais de fraturamentos, como sendo N0°-5°E, N45°-50°E, N65°-70°E, N85°-90°E, N35°-40°W e N65°-70°W. Também observou, em análise de frequência de juntas, que a maior concentração apresenta direção N40°-50°W e que elas apresentam as maiores aberturas. As estruturas são apresentadas na figura 20.

8.2.4 - São Lourenço

Em São Lourenço foi estudada a bacia do ribeirão São Lourenço, a montante do Parque das Águas (foto 7), gerando o mapa geológico 1:25.000 apresentado na figura 21. A seguir, apresentam-se as observações realizadas.

8.2.4.1 - Geomorfologia

A geomorfologia da bacia apresenta-se em dois compartimentos distintos, caracterizados por fisionomias de paisagens condicionadas pelo comportamento litoestrutural. O primeiro localiza-se na borda oriental da área como parte integrante da serra da Soledade Velha, apresenta altitudes em torno de 2.000 m, com vales encaixados e vertentes abruptas, sustentado por biotita-gnaisses oftálmicos.

O segundo, situado na borda ocidental, é caracterizado por morros abaulados e suaves, com altitudes em torno de 900 m, com vales abertos, sustentado por granada-biotita-gnaisses bandados, na sua totalidade saprolitizados (foto 8). Em toda a bacia, observou-se que os vales, na sua maioria, acham-se desenvolvidos segundo direções preferenciais de fraturamento.

8.2.4.2 - Geologia

Regionalmente foram definidas três unidades geológicas, conforme Cavalcante et alli (1979), como sendo: Complexo Andrelândia, Complexo Paraisópolis, ambos pertencentes à Associação Barbacena, e os depósitos sedimentares aluviais. Trabalhos realizados pelo IGA (1982) definiram, para a mesma área, o Grupo Andrelândia (Formação Arantina), Grupo Paraíba do Sul (Complexo Paraisópolis) e os depósitos aluvionares. Levantamentos geológicos mais recentes, como o de Nascimento F.M.F (1995), reuniram as duas unidades definidas anteriormente em uma única e a denominaram de Complexo Amparo.

Tendo em vista os vários trabalhos de geologia desenvolvidos na região apresentarem uma diversidade de nomes para uma mesma unidade, nesse levantamento geológico da bacia hidrográfica, definiram-se Grupo Andrelândia indiviso e Grupo Paraíba do Sul (Complexo Paraisópolis), em conformidade com as características litoestruturais observadas em campo.

A princípio, deve-se salientar o grau de decomposição/alteração em que se encontram as rochas, gerando, assim, o comprometimento de se encontrar afloramentos frescos. Assim sendo, obser-

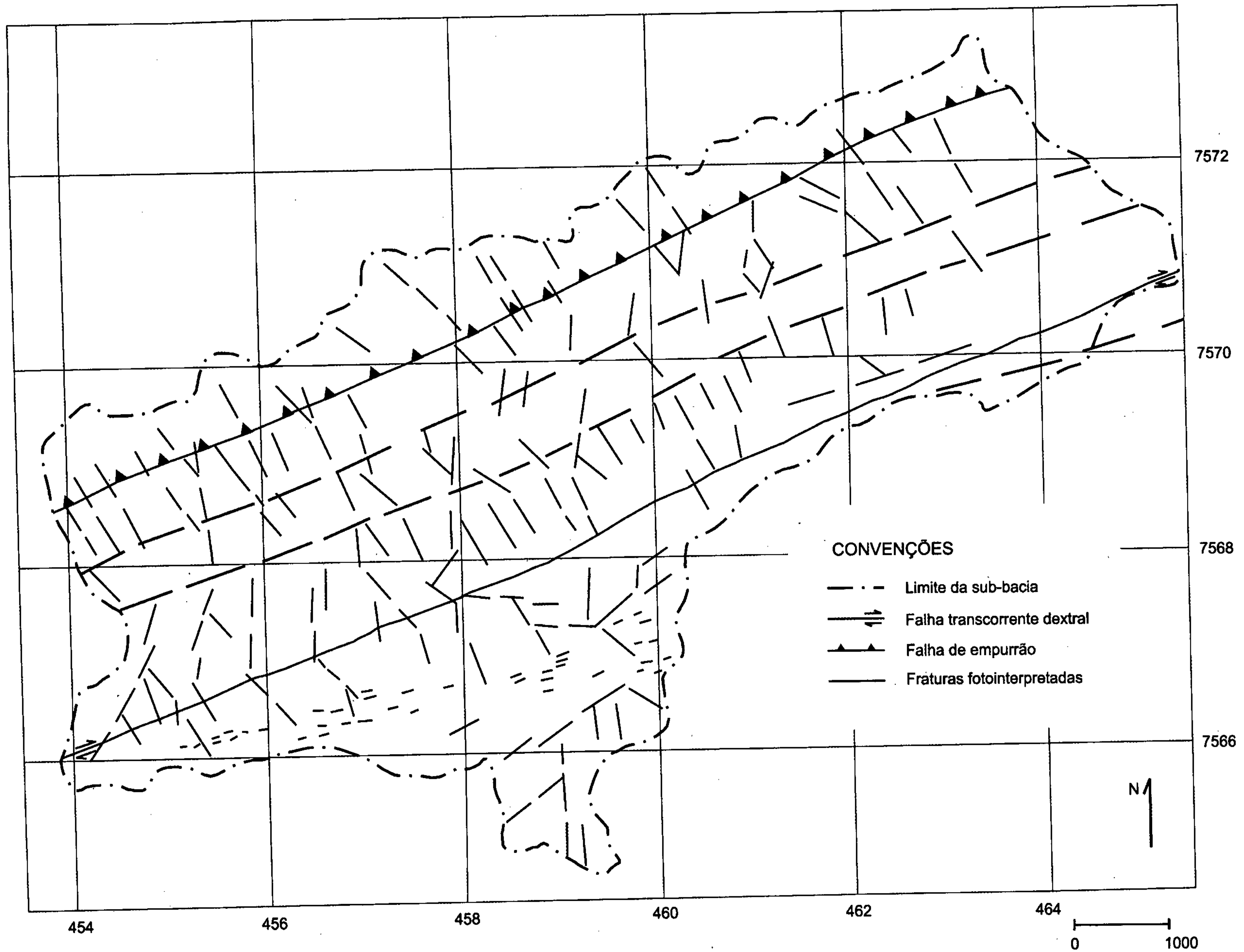
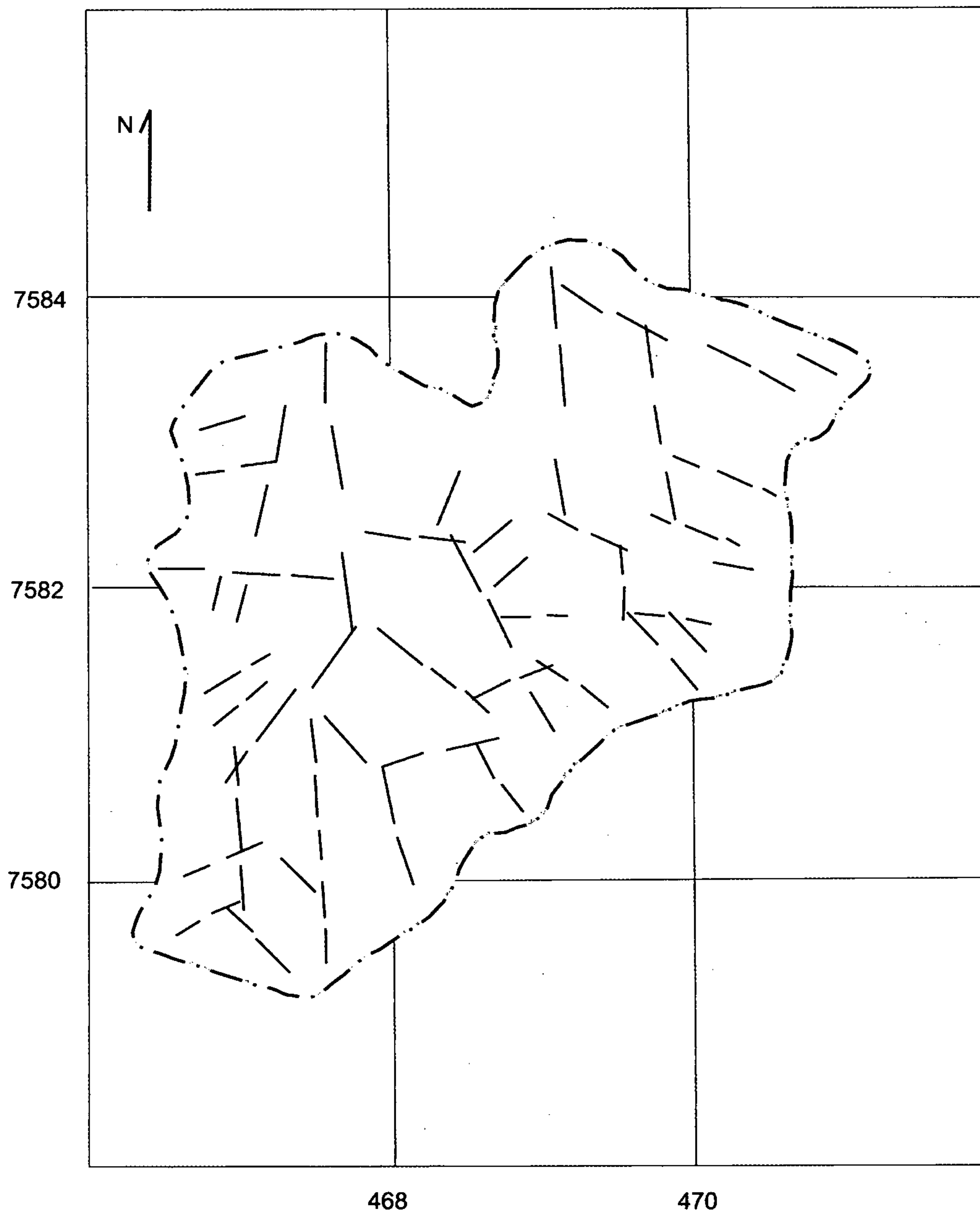


Figura 16 - Mapa de fraturamento da sub-bacia do rib. Mumbuca - Lambari.



CONVENÇÕES

— · — Limite da sub-bacia

—— Fraturas fotointerpretadas

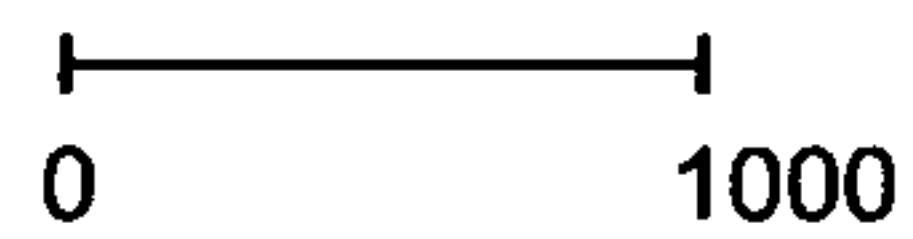


Figura 18 - Mapa de fraturamento das sub-bacias dos córregos Cambuquira e Marimbeiro - Cambuquira.

va-se que mais de 90% da área encontra-se com cobertura de solo, o que, de certa forma, dificulta a caracterização dos litótipos.

Depósitos Aluvionares

O vale do ribeirão São Lourenço é o principal dreno da bacia diretamente ligada à estância de águas minerais. Trata-se de um vale aberto com uma faixa de alagadiço considerável, com desenvolvimento de cobertura de vegetação do tipo "taboa", além da deposição de sedimentos argilo-arenosos inconsolidados.

Grupo Andrelândia

A ocorrência dessa unidade no âmbito da área de trabalho está balizada a leste do ribeirão São Lourenço. O seu contato com a outra unidade se faz através de falhas, que foram definidas regionalmente por Cavalcante et al. (1979) como falhas de Maria da Fé e São Bento do Sapucaí. Essa unidade é caracterizada pela predominância de biotita-gnaisses granatíferos ou não, bandados, com intercalações de rochas de coloração ocre, provavelmente anfíbolitos, micaxistos, além da presença constante de veios pegmatóides, preenchendo fraturas ou dispostos segundo a foliação da rocha encaixante. Todo o conjunto encontra-se dobrado e intensamente saprolitizado. Afloramentos de rocha são restritos, sendo encontrados uma faixa de milonitos gnaisses parcialmente alterados, formando o morro do parque das águas de São Lourenço, e uma ocorrência de biotita-granada-gnaiss, na borda ocidental da área, próximo à fazenda da Sinhazinha.

Grupo Paraíba do Sul/Complexo Paraisópolis

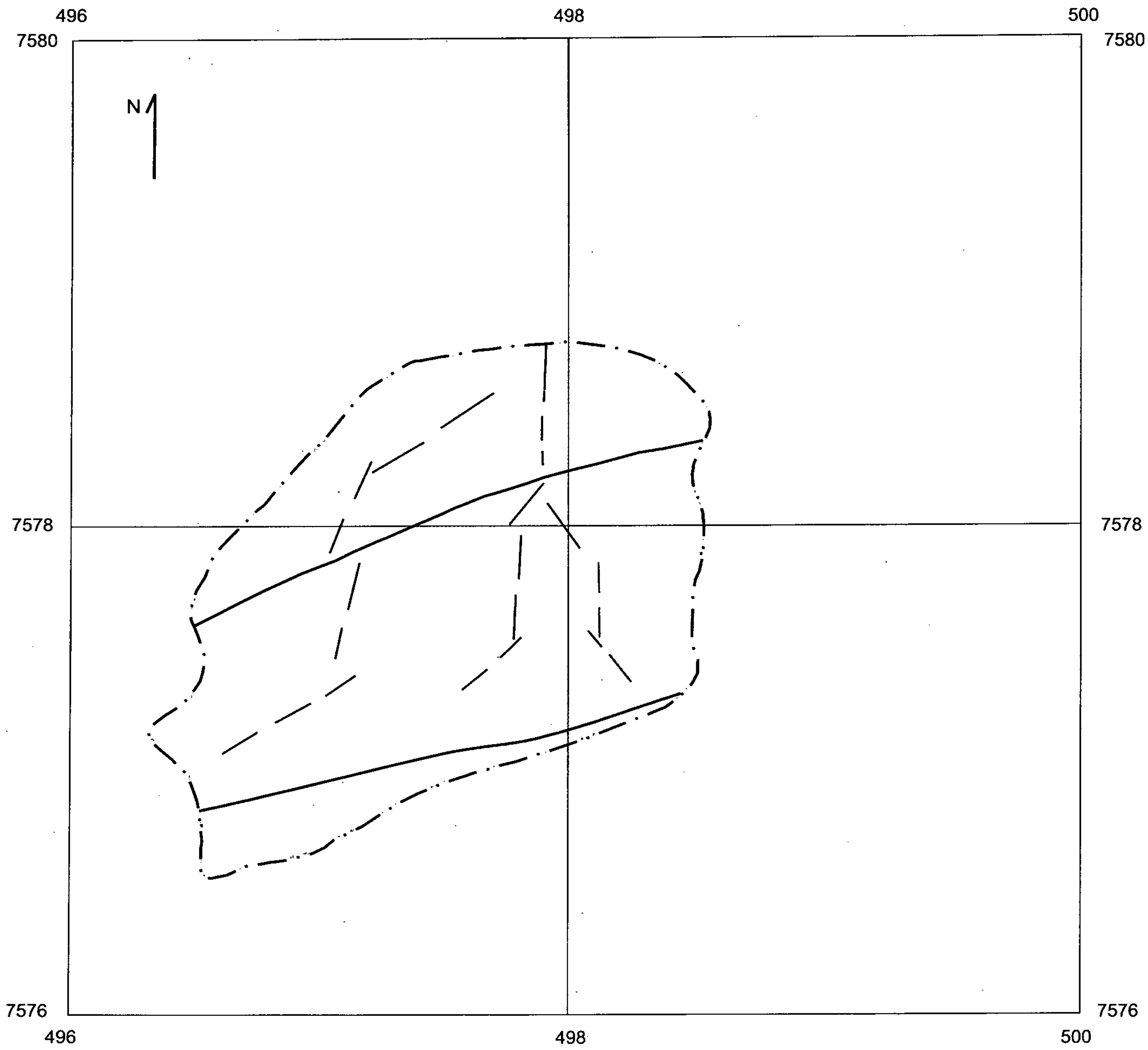
Essa unidade distribui-se na borda oriental da área, na direção SW-NE, fazendo parte da serra da Soledade Velha. Trata-se de uma rocha de coloração cinza-escuro, foliada, às vezes bandada, grã grosseira, constituída basicamente de biotita, feldspato branco, às vezes róseo, quartzo e granada. Pode-se definir como um biotita-gnaiss granatífero, oftálmico, passando a um protomilonito até milonito gnaiss, nas faixas cisalhadas. Localmente verifica-se ocorrência de rochas menos estruturadas de aspecto granitóides.

O contato dessa unidade com a outra é de natureza tectônica. Afloramentos de rocha são encontrados em vários locais, preferencialmente ao longo das drenagens, formando cachoeiras, ou em paredões ao longo da serra.

8.2.4.3. Estrutural

A bacia do ribeirão São Lourenço encontra-se em um contexto estrutural regido por dois sistemas de alinhamentos, definidos por Cavalcante et al. (op. cit.) como sendo falhas de Maria da Fé e São Bento do Sapucaí. A primeira, definida como falhamento transcorrente com sentido de movimento dextral, e a segunda, como falhamento de empurrão/inversa, aproximada, tendo como balizamento o alinhamento do ribeirão São Lourenço.

Trabalhos realizados por Nascimento F.M.A. (1995) definiram regionalmente 6 direções preferenciais de fraturamentos, como sendo N0°-5°E, N45°-50°E, N65°-70°E, N85°-90°E, N35°-40°W e N65°-70°W. Verificou-se também que a maior concentração de zonas de juntas apresentam direção N40°-50°W e que elas possuem as maiores aberturas. Nos trabalhos de campo realizados nessa bacia, poucos foram os elementos estruturais definidos; entretanto, somados aos dados fotointerpretados, tem-se um acervo considerável, que, comparado aos dados obtidos por Nascimento (op. cit.), permite verificar uma certa identidade nos resultados. Os dados estruturais encontram-se representados na figura 22. Deve-se salientar que as atitudes de foliação definidas no campo, estão na maioria, condicionadas a um sistema de estruturação segundo o quadrante NE, com mergulhos predominantemente para SE.



CONVENÇÕES

- · — Limite da sub-bacia
- Falha definida
- Fraturas fotointerpretadas

Figura 20 - Mapa de fraturamento da sub-bacia do córrego Contendas - Conceição do Rio Verde.

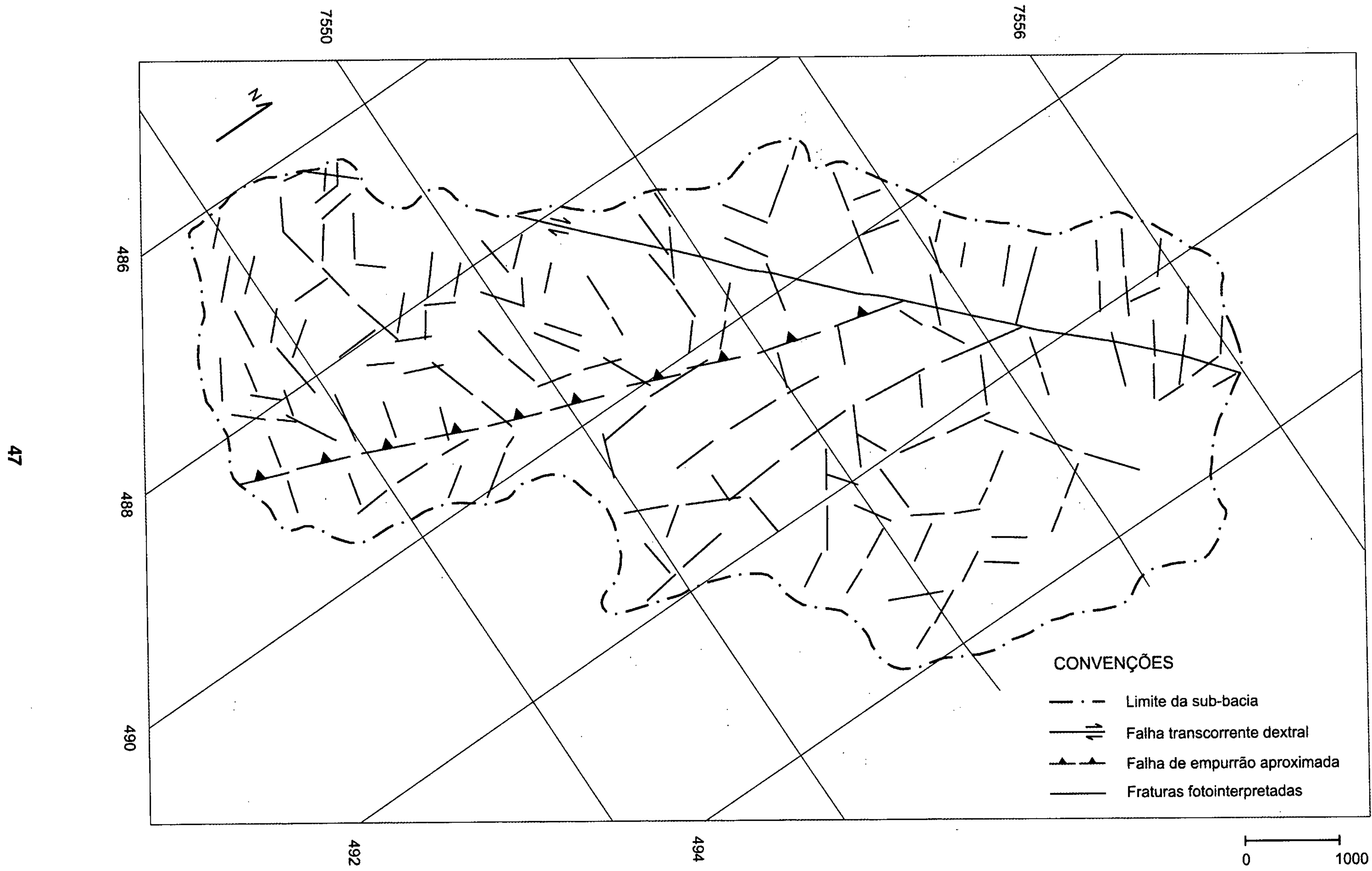
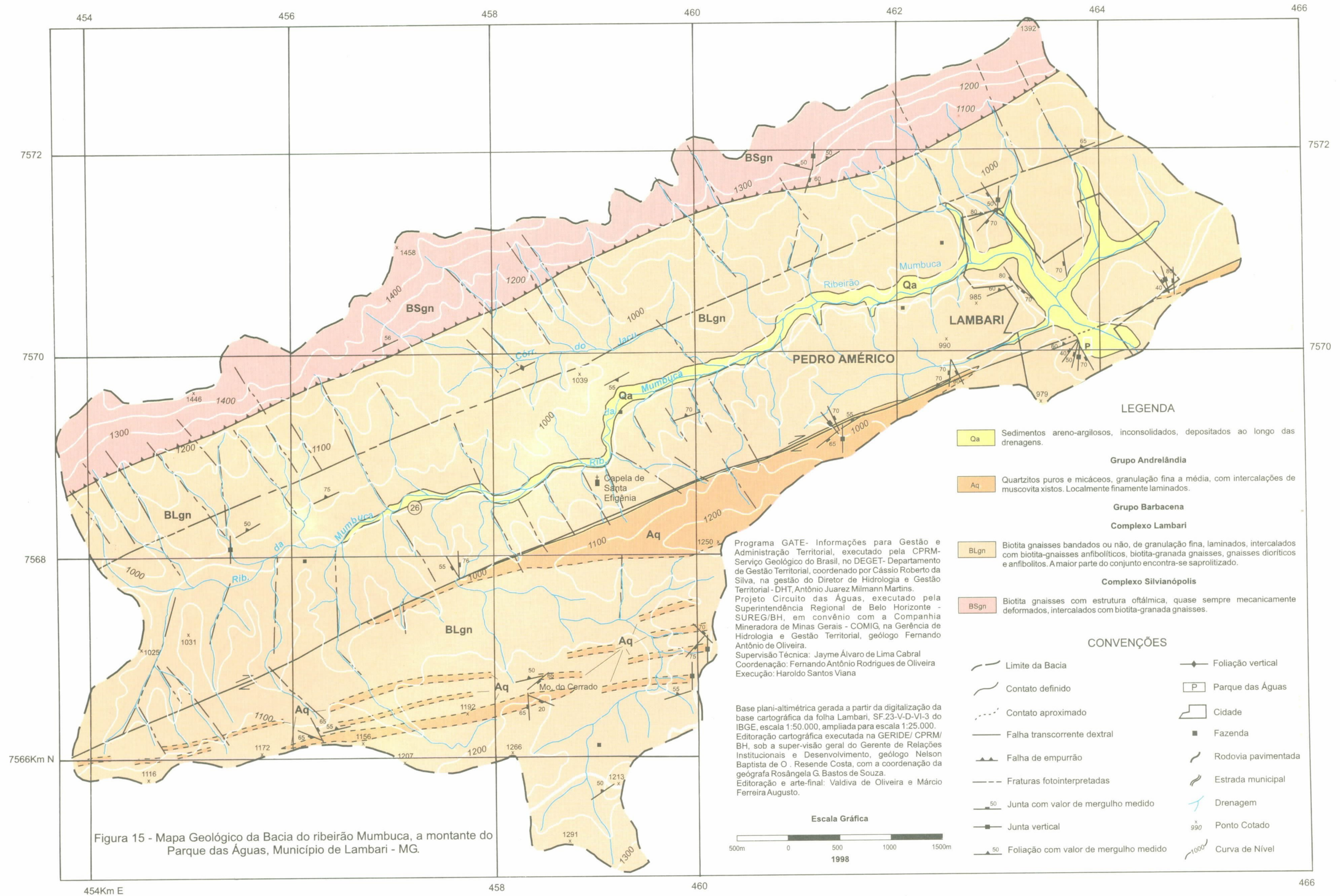
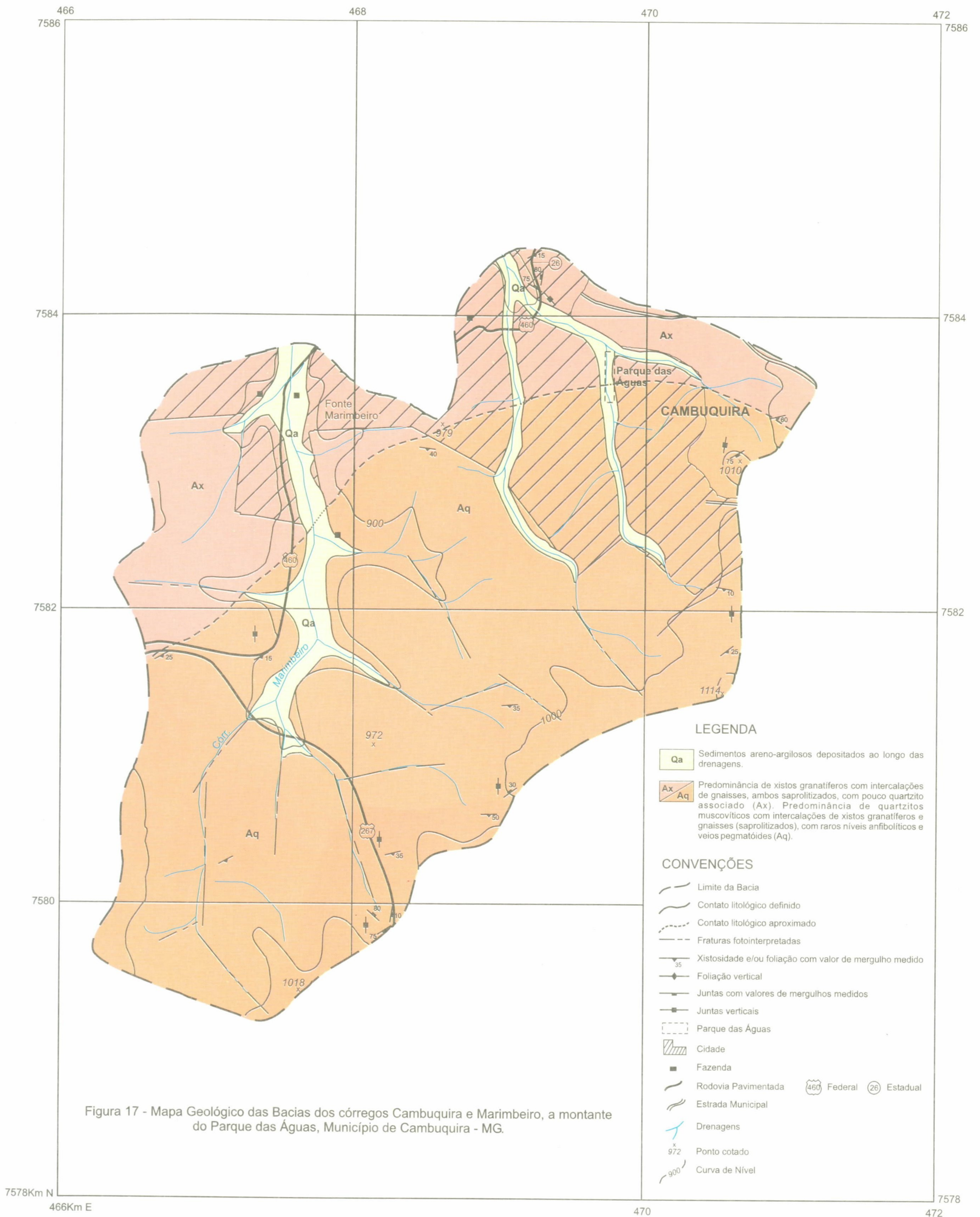


Figura 22 - Mapa de fraturamento da sub-bacia do rib. São Lourenço - São Lourenço.





Programa GATE- Informações para Gestão e Administração Territorial, executado pela CPRM- Serviço Geológico do Brasil, no DEGET- Departamento de Gestão Territorial, coordenado por Cássio Roberto da Silva, na gestão do Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT, Antônio Juarez Milmann Martins. Projeto Circuito das Águas, executado pela Superintendência Regional de Belo Horizonte- SUREG/BH, em convênio com a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, na Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial, geólogo Fernando Antônio de Oliveira. Supervisão Técnica: Jayme Álvaro de Lima Cabral Coordenação: Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira Execução: Haroldo Santos Viana



Base plani-altimétrica gerada a partir da digitalização da base cartográfica da folha Lambari, SF.23-V-D-VI-3 do IBGE, escala 1:50.000, ampliada para escala 1:25.000. Edição cartográfica executada na GERIDE/ CPRM/ BH, sob a supervisão geral do Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento, geólogo Nelson Baptista de O. Resende Costa, com a coordenação da geógrafa Rosângela G. Bastos de Souza. Edição e arte-final: Valdiva de Oliveira e Márcio Ferreira Augusto.

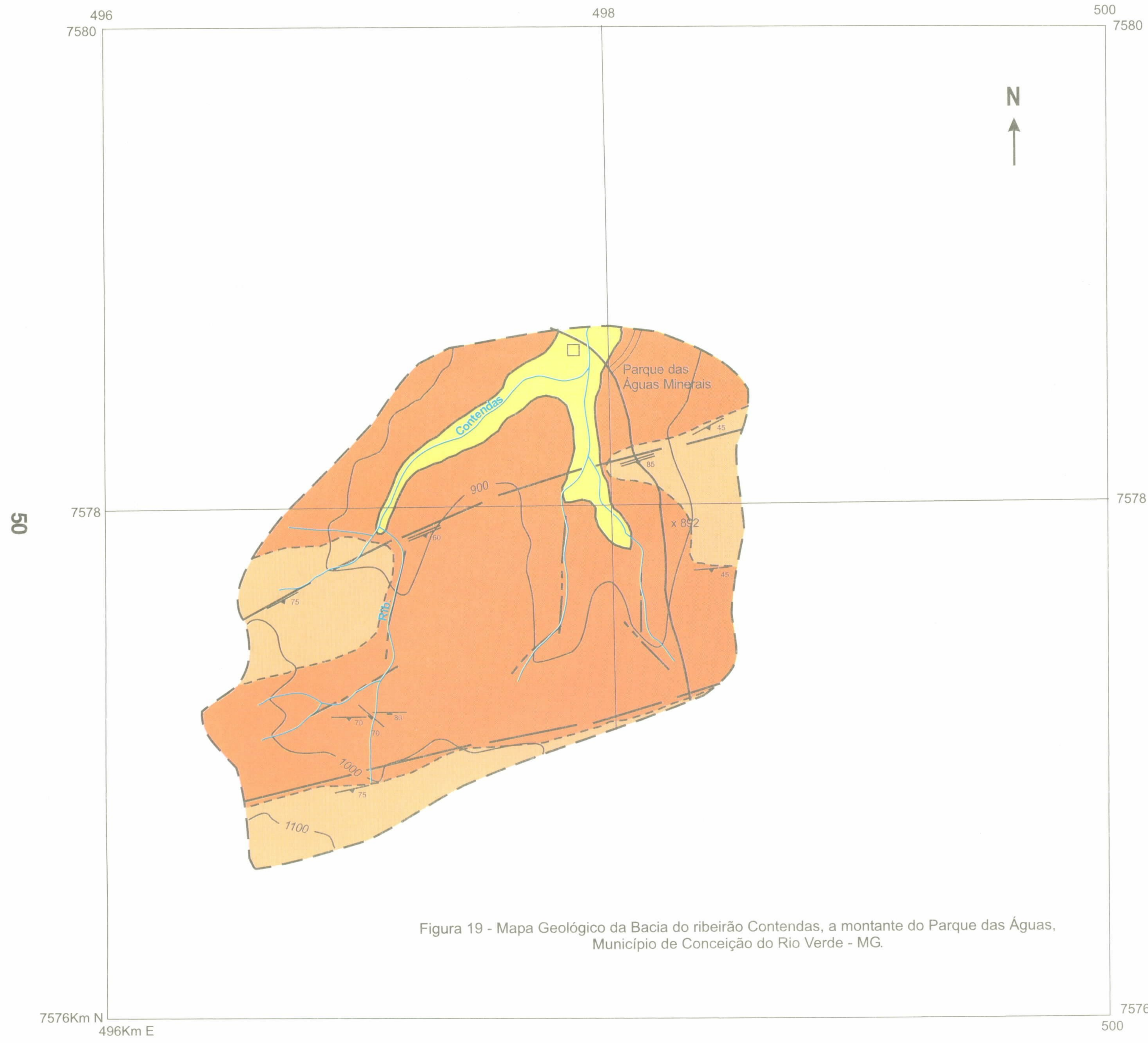


Figura 19 - Mapa Geológico da Bacia do ribeirão Contendas, a montante do Parque das Águas, Município de Conceição do Rio Verde - MG.

LEGENDA

- Sedimentos arenos-argilosos inconsolidados, depositados ao longo das drenagens.
- Grupo Andrelândia**
- Formação Arantina**
- Predominância de biotita-quartzo-xisto com ou sem cianita, com intercalações de quartzitos micáceos, em parte milonitizados.
- Grupo Barbacena**
- Complexo Lambari**
- Biotita-gnaisses de granulação fina, intercalados com biotita-gnaisses anfibolíticos, também muito finos, em parte milonitizados.

CONVENÇÕES

- Limite da Bacia
- Contato definido
- Contato inferido
- Falha definida
- Fratura fotointerpretada
- Junta com valor de mergulho medido
- Foliação milonítica com valor de mergulho definido
- Foliação e/ou xistossidade
- Parque das Águas
- Rodovia pavimentada
- Drenagem
- Ponto Cotado
- Curva de Nível



Programa GATE- Informações para Gestão e Administração Territorial, executado pela CPRM- Serviço Geológico do Brasil, no DEGET- Departamento de Gestão Territorial, coordenado por Cássio Roberto da Silva, na gestão do Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial- DHT, Antônio Juarez Milmann Martins.
 Projeto Circuito das Águas, executado pela Superintendência Regional de Belo Horizonte - SUREG/BH, em convênio com a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, na Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial, geólogo Fernando Antônio de Oliveira.
 Supervisão Técnica: Jayme Álvaro de Lima Cabral
 Coordenação: Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira
 Execução: Haroldo Santos Viana

Base plani-altimétrica gerada a partir da digitalização da base cartográfica da folha Lambari, SF.23-V-D-VI-3 do IBGE, escala 1:50.000, ampliada para escala 1:25.000.
 Editoração cartográfica executada na GERIDE/ CPRM/ BH, sob a super-visão geral do Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento, geólogo Nelson Baptista de O. Resende Costa, com a coordenação da geógrafa Rosângela G. Bastos de Souza.
 Editoração e arte-final: Valdiva de Oliveira e Márcio Ferreira Augusto.

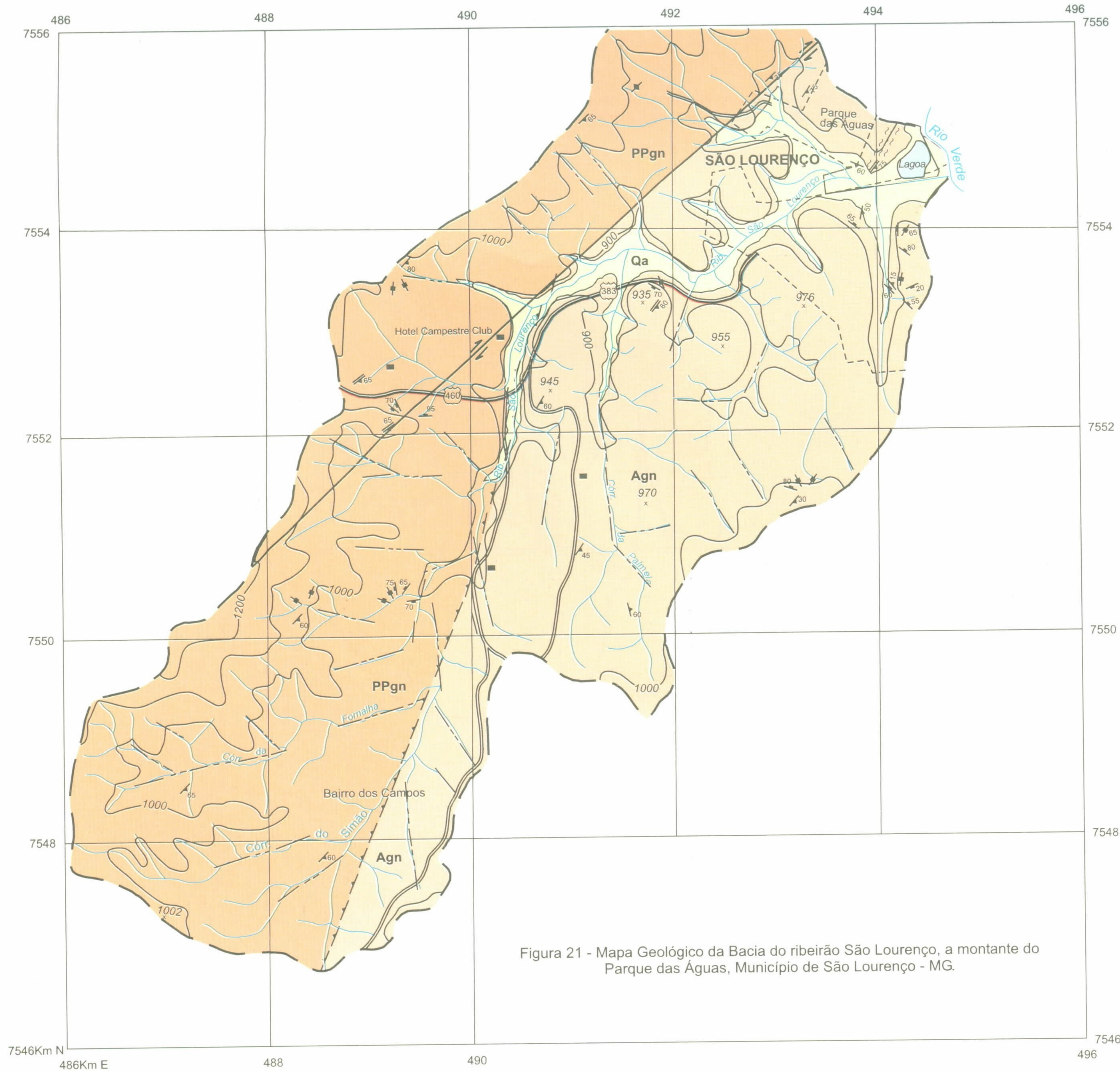


Figura 21 - Mapa Geológico da Bacia do ribeirão São Lourenço, a montante do Parque das Águas, Município de São Lourenço - MG.

LEGENDA

- Qa Sedimentos areno-argilosos inconsolidados, depositados ao longo das drenagens.
- GRUPO ANDRELÂNDIA**
- Agn Predominância de granada-biotita-gnaisses, parcialmente migmatizados, biotita-gnaisses com ou sem cianita, intercalações de metabasitos, secundariamente cortados por veios pegmatóides.
- GRUPO PARAÍBA DO SUL**
- PPgn **Complexo Paraisópolis**
Predominância de biotita-gnaisses oftálmicos, granatíferos ou não, e granitoides, migmatizados, passando a protomilonitos e milonito gnaisses.

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

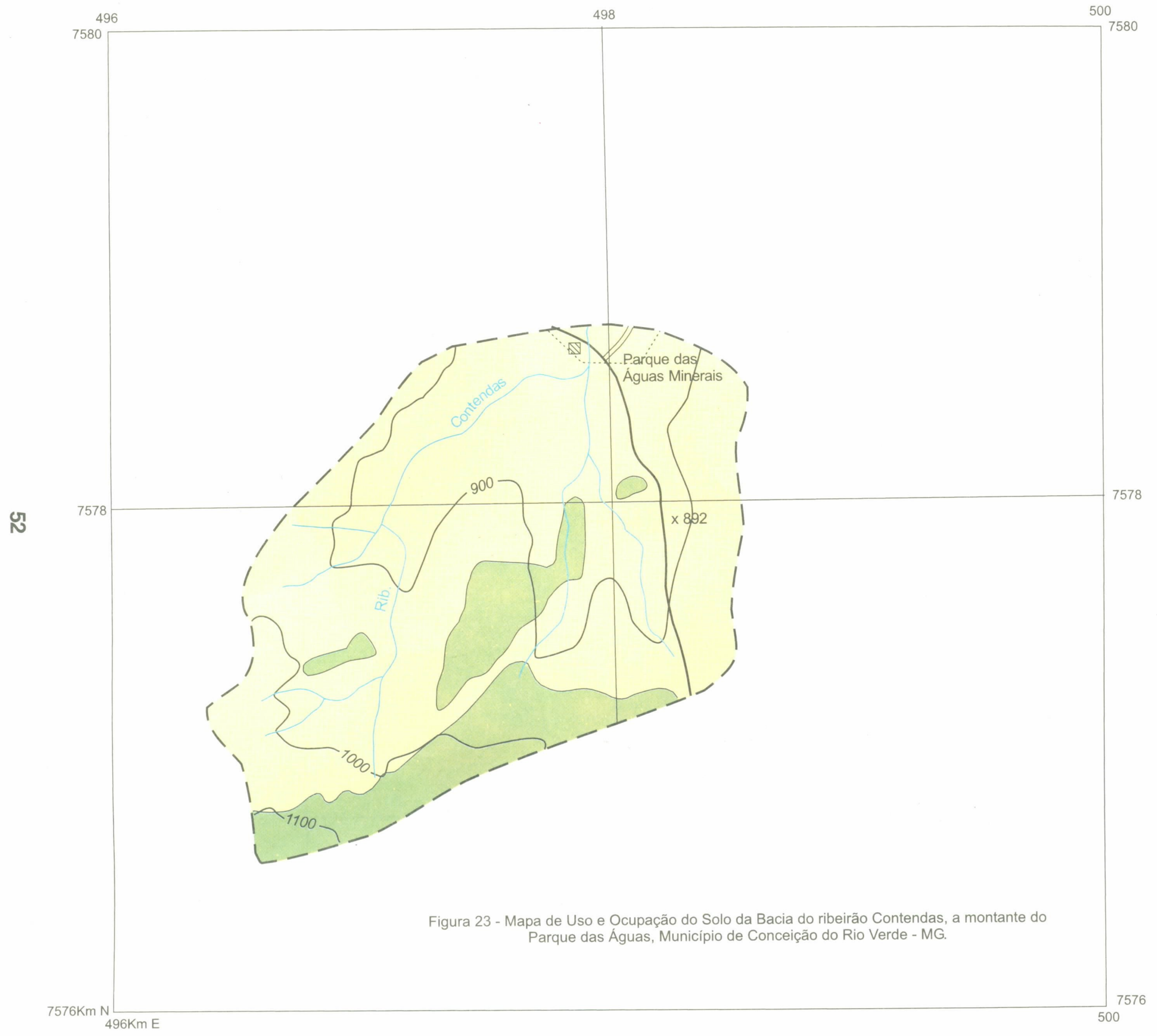
- Limite da Bacia
- Contato definido
- Falha transcorrente dextral
- Falha contracional aproximada
- Fraturas fotointerpretadas
- Junta com valor de mergulho medido
- Junta vertical
- Foliação com valor de mergulho medido
- Foliação vertical
- Foliação milonítica com valor de mergulho medido
- Zona milonítica
- Parque das Águas
- Cidade
- Fazenda
- Rodovia Pavimentada
- Estrada Municipal
- Drenagens
- Ponto cotado
- Curva de nível

Escala Gráfica



Programa GATE- Informações para Gestão e Administração Territorial, executado pela CPRM- Serviço Geológico do Brasil, no DEGET- Departamento de Gestão Territorial, coordenado por Cássio Roberto da Silva, na gestão do Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT, Antônio Juarez Milmann Martins. Projeto Circuito das Águas, executado pela Superintendência Regional de Belo Horizonte - SUREG/BH, em convênio com a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, na Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial, geólogo Fernando Antônio de Oliveira. Supervisão Técnica: Jayme Álvaro de Lima Cabral. Coordenação: Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira. Execução: Haroldo Santos Viana

Base plani-altimétrica gerada a partir da digitalização da base cartográfica da folha São Lourenço, SF.23-Y-D-III-2 do IBGE, escala 1:50.000, ampliada para escala 1:25.000. Editoração cartográfica executada na GERIDE/ CPRM/ BH, sob a super-visão geral do Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento, geólogo Nelson Baptista de O. Resende Costa, com a coordenação da geógrafa Rosângela G. Bastos de Souza. Editoração e arte-final: Valdiva de Oliveira e Márcio Ferreira Augusto.



LEGENDA

- Mata
- Pastagem

CONVENÇÕES

- Limite da Bacia
- Loteamento
- Parque das Águas
- Rodovia Pavimentada
- Estrada Municipal
- Drenagens
- x
892 Ponto Cotado
- Curva de Nível

Escala Gráfica



Figura 23 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia do ribeirão Contendas, a montante do Parque das Águas, Município de Conceição do Rio Verde - MG.

Programa GATE- Informações para Gestão e Administração Territorial, executado pela CPRM- Serviço Geológico do Brasil, no DEGET- Departamento de Gestão Territorial, coordenado por Cássio Roberto da Silva, na gestão do Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT, Antônio Juarez Milmann Martins.
 Projeto Circuito das Águas, executado pela Superintendência Regional de Belo Horizonte - SUREG/BH, em convênio com a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, na Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial, geólogo Fernando Antônio de Oliveira.
 Supervisão Técnica: Jayme Álvaro de Lima Cabral
 Coordenação: Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira
 Execução: Haroldo Santos Viana

Base plani-altimétrica gerada a partir da digitalização da base cartográfica da folha Conceição do Rio Verde, SF.23-V-D-VI-4 do IBGE, escala 1:50.000, ampliada para escala 1:25.000.
 Editoração cartográfica executada na GERIDE/ CPRM/ BH, sob a super-visão geral do Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento, geólogo Nelson Baptista de O. Resende Costa, com a coordenação da geógrafa Rosângela G. Bastos de Souza.
 Editoração e arte-final: Valdiva de Oliveira e Márcio Ferreira Augusto.

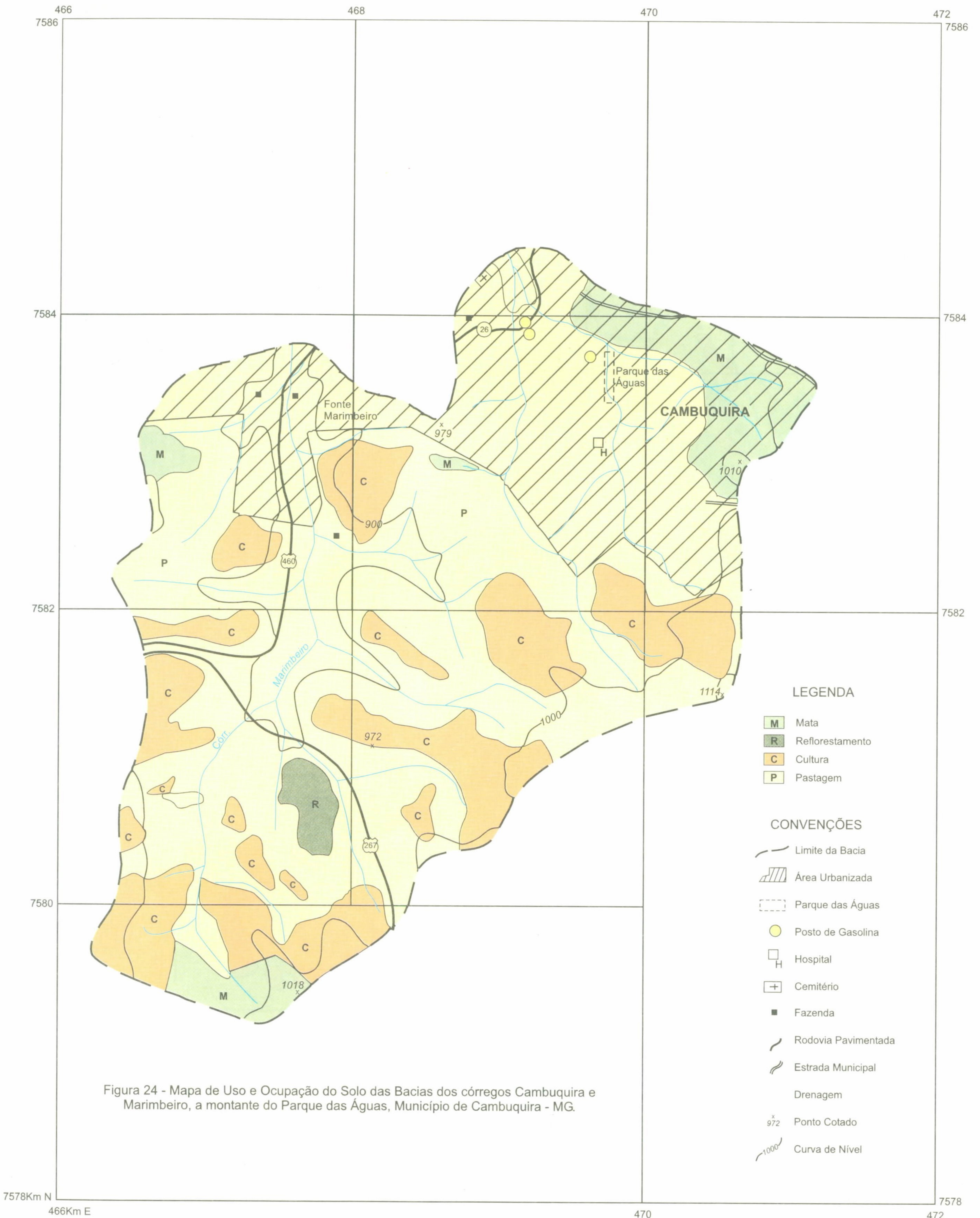


Figura 24 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo das Bacias dos córregos Cambuquira e Marimbeiro, a montante do Parque das Águas, Município de Cambuquira - MG.

LEGENDA

- M Mata
- R Reflorestamento
- C Cultura
- P Pastagem

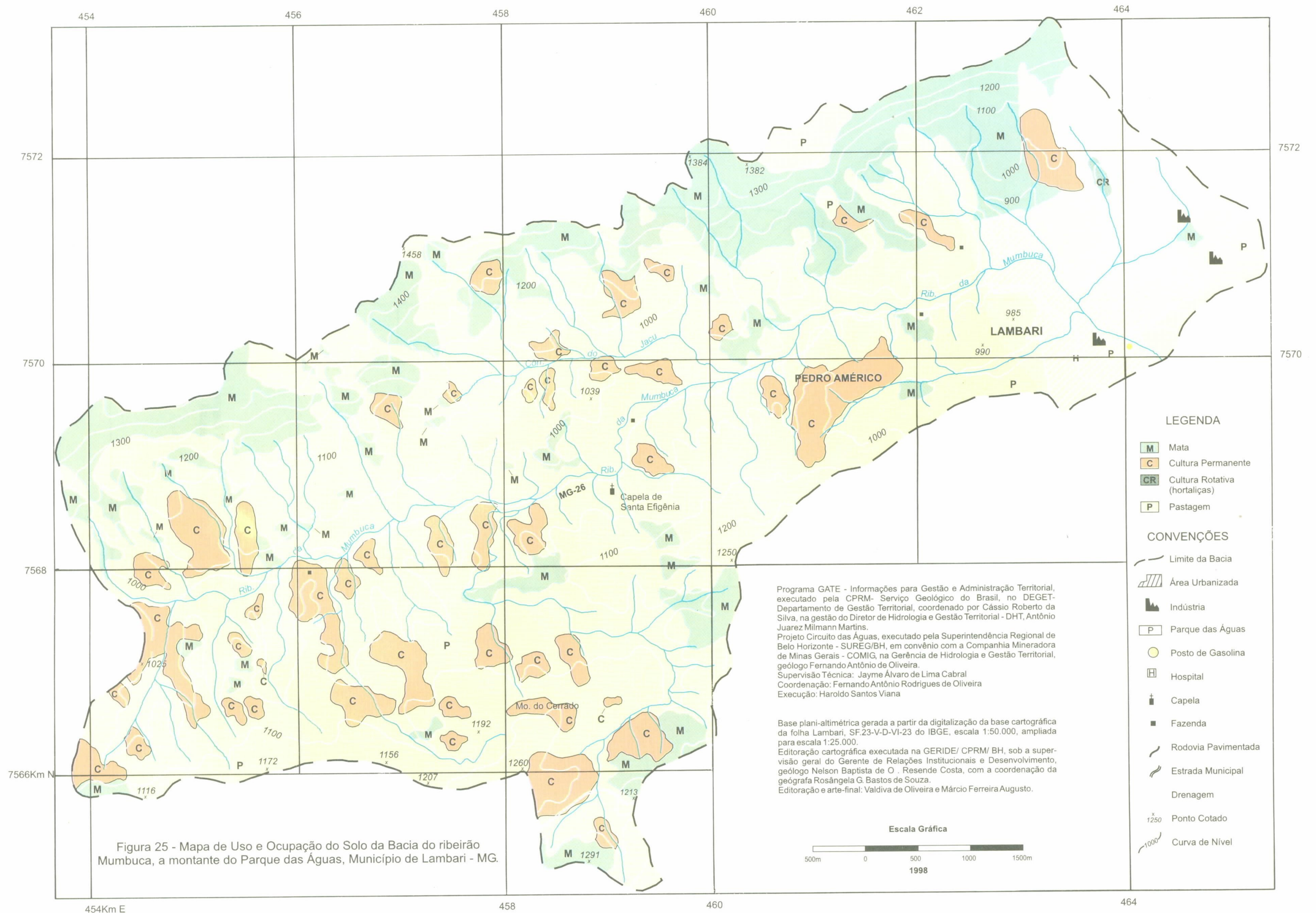
CONVENÇÕES

- Limite da Bacia
- ▨ Área Urbanizada
- - - Parque das Águas
- Posto de Gasolina
- _H Hospital
- ₊ Cemitério
- Fazenda
- Rodovia Pavimentada
- Estrada Municipal
- Drenagem
- x₉₇₂ Ponto Cotado
- ~1000~ Curva de Nível

Programa GATE- Informações para Gestão e Administração Territorial, executado pela CPRM- Serviço Geológico do Brasil, no DEGET- Departamento de Gestão Territorial, coordenado por Cássio Roberto da Silva, na gestão do Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT, Antônio Juarez Milmann Martins.
 Projeto Circuito das Águas, executado pela Superintendência Regional de Belo Horizonte- SUREG/BH, em convênio com a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, na Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial, geólogo Fernando Antônio de Oliveira.
 Supervisão Técnica: Jayme Álvaro de Lima Cabral
 Coordenação: Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira
 Execução: Haroldo Santos Viana



Base plani-altimétrica gerada a partir da digitalização da base cartográfica da folha Lambari, SF.23-V-D-VI-3 do IBGE, escala 1:50.000, ampliada para escala 1:25.000.
 Editoração cartográfica executada na GERIDE/ CPRM/ BH, sob a supervisão geral do Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento, geólogo Nelson Baptista de O. Resende Costa, com a coordenação da geógrafa Rosângela G. Bastos de Souza.
 Editoração e arte-final: Valdiva de Oliveira e Márcio Ferreira Augusto.



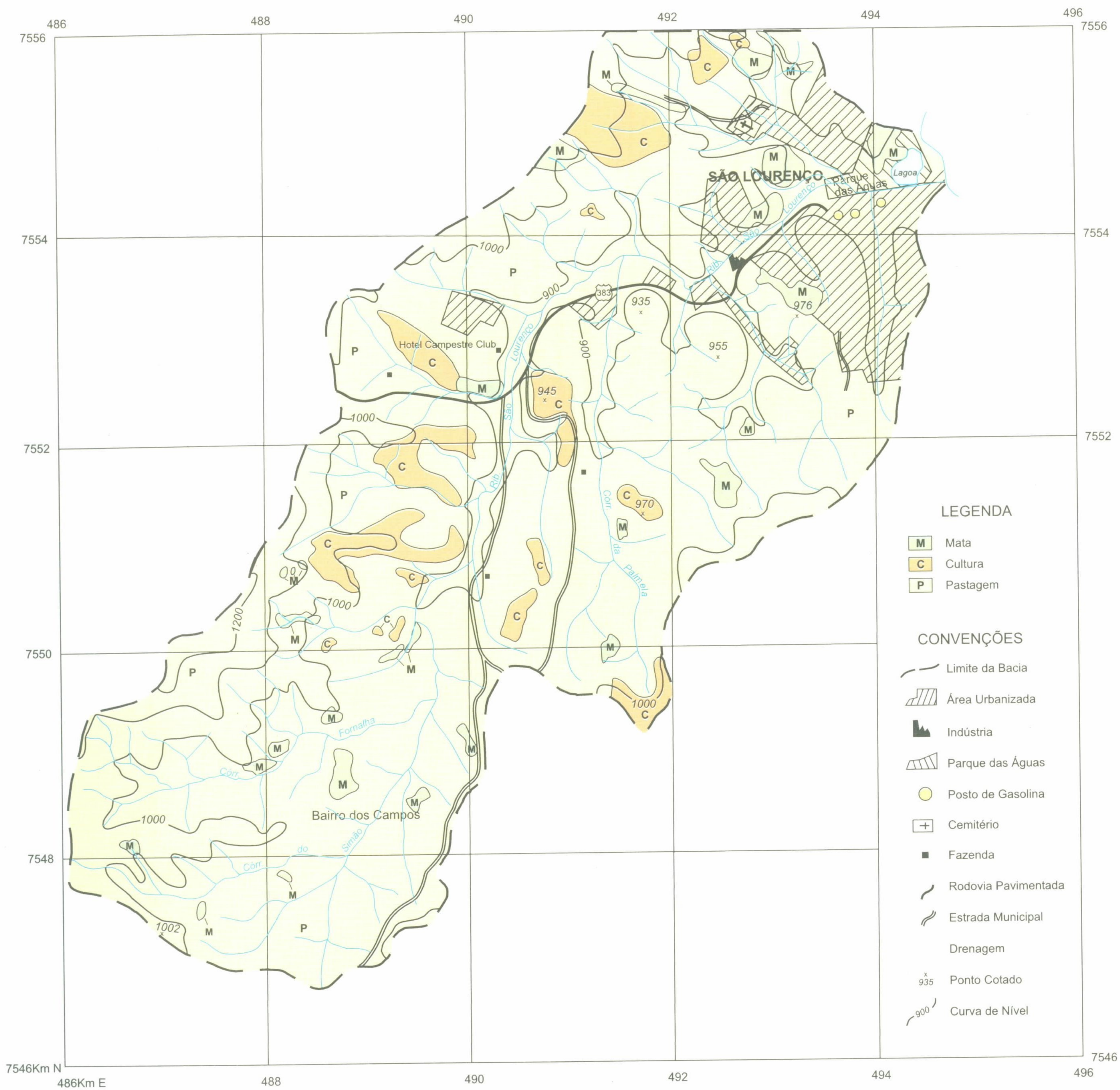


Figura 26 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia do ribeirão São Lourenço, a montante do Parque das Águas, Município de São Lourenço - MG.

Programa GATE- Informações para Gestão e Administração Territorial, executado pela CPRM- Serviço Geológico do Brasil, no DEGET- Departamento de Gestão Territorial, coordenado por Cássio Roberto da Silva, na gestão do Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT, Antônio Juarez Milmann Martins. Projeto Circuito das Águas, executado pela Superintendência Regional de Belo Horizonte - SUREG/BH, em convênio com a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, na Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial, geólogo Fernando Antônio de Oliveira.
 Supervisão Técnica: Jayme Álvaro de Lima Cabral
 Coordenação: Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira
 Execução: Haroldo Santos Viana



Base plani-altimétrica gerada a partir da digitalização da base cartográfica da folha Lambari, SF.23-V-D-VI-3 do IBGE, escala 1:50.000, ampliada para escala 1:25.000. Edição cartográfica executada na GERIDE/ CPRM/ BH, sob a supervisão geral do Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento, geólogo Nelson Baptista de O. Resende Costa, com a coordenação da geógrafa Rosângela G. Bastos de Souza.
 Edição e arte-final: Valdiva de Oliveira e Márcio Ferreira Augusto.

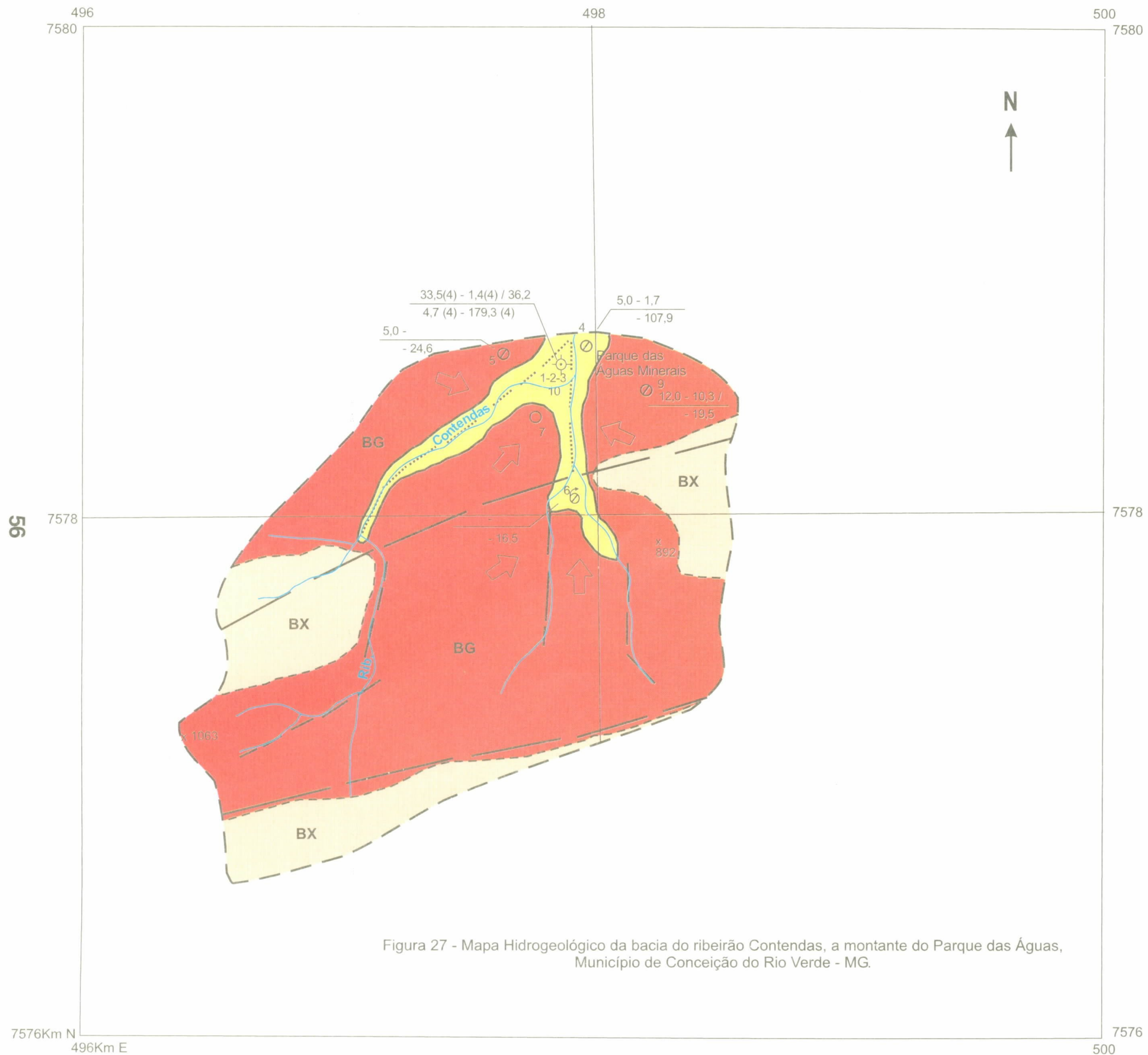


Figura 27 - Mapa Hidrogeológico da bacia do ribeirão Contendas, a montante do Parque das Águas, Município de Conceição do Rio Verde - MG.

LEGENDA

Sistemas Aquíferos

- AL** Aquíferos intergranulares descontínuos, livres, semiconfinados a confinados constituídos de sedimentos areno-argilosos não consolidados e, localmente, níveis de argila orgânica preta de até 9,0m. Subordinados a cursos d'água com espessura aproximada de 10,0m e espessura saturada variável.
- BG BX** Aquíferos fraturados, descontínuos, restritos a juntas e fraturas, ampliados pela presença de aluviões ou solos residuais. Predominância de fraturas verticais a subverticais com direções preferenciais N-S e NE. Litologia composta de biotita gnaisses e biotita-anfibólio gnaisses em parte milonitizados e intemperizados (BG) e biotita-quartzo xisto com intercalações de quartzitos (BX).

Produtividade do Ponto
(Vazões para poços tubulares definidas para rebaixamento de nível d'água de 25 m)

- A B C** (A - Nascente; B - Poço Escavado, C - Poço Tubular)
- Até 3 m³/h
 - Entre 3 e 10 m³/h
 - Entre 10 e 40 m³/h
 - Vazão estimada
 - Captação de água mineral
 - Poço desativado

Disposição dos Elementos do Ponto

- 1 - Número do Ponto
- 2 - Profundidade (m)
- 3 - Nível Estático / Nível Dinâmico (m)
- 4 - Vazão (m³/h)
- 5 - Condutividade Elétrica (uS/cm a 25 °C)

Elementos Hidrogeológicos

- Contato litológico
- Contato litológico aproximado
- Direção provável de fluxo subterrâneo
- Fratura fotointerpretada
- Fratura fotointerpretada encoberta

Convenções

- Limite da Bacia
- Curso d'água
- 892 x Ponto cotado



Programa GATE- Informações para Gestão e Administração Territorial, executado pela CPRM- Serviço Geológico do Brasil, no DEGET- Departamento de Gestão Territorial, coordenado por Cássio Roberto da Silva, na gestão do Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT, Antônio Juarez Milmann Martins.
Projeto Circuito das Águas, executado pela Superintendência Regional de Belo Horizonte - SUREG/BH, em convênio com a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, na Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial, geólogo Fernando Antônio de Oliveira.
Supervisão Técnica: Jayme Álvaro de Lima Cabral
Coordenação: Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira
Execução: Décio Antônio Chaves Beato e Flávia Maria de Fátima Nascimento

Base plani-altimétrica gerada a partir da digitalização da base cartográfica da folha Conceição do Rio Verde, SF.23-V-D-VI-4 do IBGE, escala 1:50.000, ampliada para escala 1:25.000.
Editoração cartográfica executada na GERIDE/ CPRM/ BH, sob a super-visão geral do Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento, geólogo Nelson Baptista de O. Resende Costa, com a coordenação da geógrafa Rosângela G. Bastos de Souza.
Editoração e arte-final: Valdiva de Oliveira e Márcio Ferreira Augusto.

Capítulo 9

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS A MONTANTE DOS PARQUES DAS ÁGUAS

Apesar das altas declividades que apresentam, os terrenos da região sofreram, no passado, intensa devastação de suas vegetações nativas, para dar lugar a pastagens e a campos de culturas, que atualmente ocupam aproximadamente 63% da área de abrangência do projeto.

As bacias dos córregos de Águas de Contendas e do ribeirão Mumbuca (município de Lambari), a montante dos respectivos Parques das Águas, constituem as áreas de maior preservação de vegetação nativa, ocupando, respectivamente, 79,5% e 22,2% da área total dessas sub-bacias.

Nas sub-bacias dos córregos Cambuquira e Marimbeiro e ribeirão São Lourenço, o desmatamento reduziu a vegetação nativa, respectivamente, a percentuais de 9,0% e 3,1% de cada área.

Foram os seguintes os principais usos, cartografados em escala 1:10 000:

- *Reflorestamento* - formação vegetal constituída de maciços homogêneos de *Eucalyptus sp.*, que se apresentam em áreas contínuas, geralmente com formas geométricas.
- *Pastos* - classe de uso predominante na região, recobertos principalmente por *Brachiara sp.*, utilizados, em sua grande maioria, para pecuária leiteira.
- *Cultura* - principal atividade agrícola das diversas sub-bacias, constitui-se da plantação de café. A horticultura e fruticultura apresentam-se em pequeno porte, tendo sua maior concentração em terrenos próximos às áreas urbanizadas.
- *Áreas urbanizadas* - correspondem às áreas das cidades, distritos e vilas.

O quadro 11 exhibe, de forma sintética, os principais usos dos terrenos das diversas sub-bacias e o percentual de uso de cada classe de ocupação.

Os mapas de uso e ocupação do solo das bacias a montante dos parques de Lambari, Águas de Contendas, Cambuquira (e Marimbeiro) e São Lourenço são apresentados nas figuras 27, 24, 25 e 26. O levantamento de solos do município de Caxambu foi objeto de mapa específico de todo o município (Lumbreras, J.F. e Shinzato, E.M.; op.cit.).

Sub-bacia hidrográfica estudada	Matas (%)	Reflorestamento (%)	Pastos (%)	Cultura (%)	Área urbaniz. (%)
Águas de Contendas	79,5	-	18,3	-	2,2
Cambuquira-Marimbeiro	9,0	1,2	48,4	15,6	26,6
São Lourenço	3,1	-	81,4	6,0	9,5
Caxambu	18,7	-	47,8	-	33,4
Mumbuca(Lambari)	22,2	-	59,2	12,4	6,2

Quadro 11 - Principais usos dos solos das áreas estudadas em porcentagem por sub-bacias.

Capítulo 10

ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS DAS FONTES HIDROMINERAIS

10.1 - Introdução

Dentre a série de trabalhos desenvolvidos neste projeto, destaca-se a caracterização hidrogeológica e hidroquímica das fontes hidrominerais e das águas subterrâneas naturais das bacias a montante das estâncias de Águas de Contendas, Cambuquira, Caxambu, Lambari e São Lourenço, região do Circuito das Águas, sul de Minas Gerais.

Os resultados desse estudo pretendem propor um modelo da dinâmica dos aquíferos das águas minerais, delimitando zonas de recarga e descarga, direções de fluxo, zonas de vulnerabilidade natural dos aquíferos e qualidade química e microbiológica das águas minerais e naturais, atualizando os dados referentes às fontes hidrominerais e seus entornos. As informações auxiliarão no planejamento para proteção e otimização das explorações, além de futuras pesquisas.

10.2 - Estudos Anteriores

A região, particularmente as estâncias hidrominerais, não tem sido objeto de estudos hidrogeológicos e hidroquímicos detalhados. Os primeiros foram realizados na primeira metade deste século, nos Parques das Águas de Caxambu e São Lourenço, e, somente no início da década de 90 despertou-se para a necessidade de conhecer a dinâmica dos aquíferos da região com o propósito de preservar os mananciais de água mineral, recurso de extrema importância para a economia local.

Os estudos anteriores, principalmente de cunho hidrogeológico, são:

i. *Notas sobre as fontes hidrominerais brasileiras e sua relação com a estrutura geológica do país.* Trata-se de uma síntese de trabalhos de diversos autores, organizada por José Ferreira de Andrade Júnior para o 1º Congresso Brasileiro de Hidroclimatologia em 1935. Esse trabalho relaciona as ocorrências das principais fontes hidrominerais com “uma fratura geológica profunda que corta o País de Norte a Sul em direção NE-SO.” Também afirma que “são manifestações dos antigos fenômenos vulcânicos que deram origem à erupção do magma nefelínico que se encontra em várias regiões do país com o qual estão associados e que constitui sua fonte de mineralização e termalidade.”

ii. *Captação das Fontes de São Lourenço.* Relatório técnico elaborado por José Ferreira de Andrade Júnior para o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), em 1940. Esse relatório resulta dos estudos de remodelação das captações da estância hidromineral de São Lourenço, contendo resultados de análises químicas, perfis das sondagens, dimensionamentos das tubulações, projeto de instalação do estabelecimento termal e apresenta também um capítulo que trata da natureza e origem das águas minerais de São Lourenço, onde relata que o “ácido carbônico” presente nas águas é de origem vulcânica e se encontra impregnando o solo da região, ocupando os poros e cavidades de onde é dissolvido pelas águas circulantes. Essas águas carregadas de “ácido carbônico” atacariam as rochas em contato em proporções variáveis com a temperatura e extensão do percurso subterrâneo. Procurou, assim, explicar a variedade de fontes observada em uma região limitada.

iii. *Perfil Analítico de Águas Minerais.* Estudo elaborado por Helena Falcão e editado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), em 1978. Trata da caracterização das águas minerais brasileiras sob os aspectos normativos e qualitativos. Também apresenta um capítulo sobre as origens das principais ocorrências de águas minerais associadas ao magma nefelínico admitido nos estudos de Andrade Júnior e Moraes Rego.

A partir da normalização das composições químicas, tomando-se como referência o teor de HCO_3 , tentou-se relacionar águas de uma mesma (provável) unidade de origem. Concluiu-se que os resultados encontrados não permitiram a comprovação da hipótese de uma única unidade de origem geológica para as águas do sul de Minas. As águas de Caxambu, Lambari e Marimbeiro formam três grupos homogêneos, respectivamente. As águas de São Lourenço formam um grupo menos homogêneo, e as do Parque em Cambuquira, pela variedade dos resultados encontrados, apontam uma "divergência de origem".

iv. Contribuição à Hidrogeologia da Porção Oeste do Circuito das Águas, Sul de Minas Gerais, com o Emprego de Técnicas de Sensoriamento Remoto. Dissertação de mestrado elaborada por Flávia Maria de Fátima Nascimento, no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em 1995. Aborda o tratamento de imagens de satélite visando à análise de fraturamentos, litótipos, morfo-estruturas e relevo identificando alguns fatores importantes que influenciam os sistemas aquíferos das regiões de Cambuquira, Lambari e São Lourenço. Dentre as principais conclusões, ressalta que as juntas que ocorrem com maior frequência apresentam direção N-S, E-W e $\text{N}35^\circ\text{-}40^\circ\text{W}$. As juntas de direção $\text{N-}35^\circ\text{-}40^\circ\text{W}$ destacam-se por conter maiores espaçamentos (centimétricos); logo os cruzamentos de zonas e conjuntos de juntas nessa direção podem fornecer quantidades razoáveis de água.

v. Estudo para Localização de Fontes de Águas não-Carbogasosas. Trata-se de um relatório técnico solicitado pela Empresa São Lourenço S/A, detentora dos direitos de exploração das águas minerais do Parque de São Lourenço. Esse estudo tinha como objetivo principal a localização, dentro do Parque das Águas, de água mineral sem gás carbônico e foi realizado por Hirata *et alii*, em 1994. Dentre as conclusões, destacam-se:

As águas minerais do Parque das Águas e do Parque II estão associadas a um aquífero do tipo semiconfinado a livre, constituído por sedimentos aluvionares cenozóicos e por porções alteradas e fraturadas do embasamento cristalino. Os sedimentos aluvionares são basicamente areias, siltes e argilas com pronunciado nível de matéria orgânica (descritas como turfas), e as rochas do embasamento constituem-se de gnaisses.

O mapeamento hidrogeológico mostra que a recarga do aquífero aluvionar se faz por toda a sua área de afloramento e através do manto de intemperismo do aquífero cristalino. O nível de descarga está associado ao lago, ao rio Verde e aos afluentes que cortam a propriedade. O mapeamento geológico identificou que as feições mais propícias para a circulação de águas subterrâneas estão associadas às direções $\text{N}40^\circ\text{-}50^\circ\text{W}$ e às N-S.

As águas das fontes e poços do Parque apresentam grande variação no seu grau de mineralização. A ocorrência do CO_2 restringe-se à área da planície aluvionar, e sua origem está associada aos sedimentos cenozóicos.

vi. Estudo Hidrogeológico de Caxambu. Estudo elaborado por José do Espírito Santo Lima, Décio Antônio Chaves Beato e Fernando Antonio Rodrigues de Oliveira para o convênio CPRM-COMIG, em 1998. Trata-se de um levantamento hidrogeológico da área do município, escala 1:25.000, visando à caracterização das águas subterrâneas quanto aos tipos de ocorrência, qualidade físico-química, vulnerabilidade natural dos aquíferos e gênese das águas minerais objetivando a preservação das fontes hidrominerais.

10.3 - Metodologia

O levantamento hidrogeológico consistiu de diversas etapas, sendo a primeira feita no município de Caxambu, definido como área piloto, onde se executou um levantamento detalhado das ocorrências de águas minerais e naturais da área do município e que também contemplou a avaliação da qualidade química e vazões das fontes minerais nos anos de 1993 e 1994. Em 1995 e principalmente em 1997, os estudos foram retomados e abrangeram as bacias a montante das estâncias de Águas de Contendas, Cambuquira, Marimbeiro, Lambari e São Lourenço.

A obtenção de dados de campo realizou-se no período entre 1993 e 1997, quando foram visitadas todas as fontes de água mineral, nascentes, poços tubulares e escavados próximos aos parques e nas bacias a montante das estâncias. Durante o cadastramento, foram feitas avaliações das condições atuais e do histórico das captações, do regime de exploração, do tipo de uso e, quando possível, realizadas medições dos níveis estáticos e dinâmicos, vazões, condutividade elétrica, pH e temperatura das águas.

Os materiais para a realização dos trabalhos de campo foram: bases cartográficas escala 1:30.000 (IGA, 1980-1993); ortofotos escala 1:10.000 (CEMIG, 1988), fotografias aéreas escala 1:30.000 (CEMIG, 1988), medidor de nível (Altronic), GPS (Garmin 45), condutivímetro e pH-metro portáteis (WTW) e vasilhames calibrados para medições de vazão.

Também foram realizadas consultas ao cadastro de poços da COPASA MG (1988), a empresas perfuradoras de poços do Estado, processos de pesquisa no DNPM e na extinta HIDROMINAS, informações locais com os administradores dos parques e técnicos das prefeituras e visita a diversas propriedades rurais e indústrias. Os resultados obtidos durante a fase de cadastramento encontram-se resumidos no anexo Cadastro Geral de Pontos de Água.

As informações geológicas e estruturais foram obtidas através da interpretação dos diversos mapeamentos geológicos já realizados, com verificação de campo e fotointerpretação realizadas como parte dos estudos de caracterização geológica (capítulo 5).

Os estudos hidrogeológicos ficaram restritos às bacias a montante das estâncias, exceto Caxambu, que foi contemplada com um estudo detalhado da área do município, que resultou em um relatório à parte (Lima *et al*, 1998).

Também foram levantadas algumas ocorrências de água mineral que não pertencem à área de estudo, ainda que estejam incluídas apenas nos cadastros.

Os dados hidrogeológicos das áreas das bacias foram interpretados e plotados em cartas escala 1:25.000 e reduzidos para escalas diversas, atendendo a normas de apresentação. Os dados das áreas dos parques foram lançados em cartas escala 1:5.000, ou menor, também se adequando aos limites do encarte.

O estudo hidroquímico baseou-se nas análises químicas realizadas nas principais fontes hidrominerais em funcionamento. Poucas análises foram feitas fora dos domínios das estâncias, limitando, portanto, a caracterização regional das águas subterrâneas. As análises parciais utilizadas para outros estudos ou realizadas para fins de avaliação de potabilidade foram relacionadas, mas não consideradas, nos estudos de caracterização química.

As análises mais antigas datam de 1873, realizadas nas fontes de Caxambu, e as mais recentes, de 1997, realizadas nas fontes de Águas de Contendas, Marimbeiro, Cambuquira, Lambari e São Lourenço pela CPRM. Os resultados das análises químicas obtidas nas pesquisas em escritório e durante o cadastramento e os resultados deste estudo encontram-se relacionados no Catálogo Geral de Análises Físico-Químicas, disponível para consulta na CPRM - SUREG/BH.

Os parâmetros apreciados "in loco" durante as campanhas de coletas de água realizadas para este estudo foram: temperatura, pH, condutividade elétrica e radioatividade e, especificamente em Caxambu, anidrido carbônico, ferro e sulfetos. Os demais parâmetros foram analisados em laboratório e limitaram-se a: cor, turbidez, resíduo seco, dureza de não-carbonatos, dureza de carbonatos, dureza total, bicarbonatos, carbonatos, cloretos, sulfatos, nitritos, nitratos, cálcio, magnésio, potássio, sódio, manganês, ferro total, alumínio, anidrido carbônico, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo total, fluoreto, fosfato, lítio, mercúrio, níquel, prata, sílica, zinco, selênio, sólidos totais dissolvidos, sulfetos, detergentes, fenóis, nitrogênio amoniacal e orgânico, coliformes totais e fecais e estreptococos fecais.

As amostras foram coletadas por técnicos da CPRM, seguindo normas da CETESB, e analisadas nos laboratórios de Sedimentometria e Qualidade das Águas da CPRM (SECLAB-SUREG/BH) e de Análise de Água e Efluentes Líquidos do CETEC de Belo Horizonte, entre 1993 e 1997. As medições de radioatividade de todas as fontes e anidrido carbônico, ferro total e sulfetos das fontes de Caxambu foram realizadas "in loco" por técnico do Laboratório Central de Análises Mineraias (LAMIN-CPRM/RJ).

A seleção dos parâmetros analisados em cada ponto considerou a proximidade de fontes potencialmente poluentes, correlação com minerais presentes nas rochas percoladas pelas águas e as prováveis origens das águas.

10.4 - Hidrogeologia

Geologicamente a região situa-se sobre rochas de idade arqueana e do proterozóico inferior, onde predominam ortognaisses, migmatitos e seqüências metassedimentares e metavulcanossedimentares da Faixa Alto Rio Grande e rochas granulíticas, migmatíticas, graníticas, gnaisses calcissilicáticos, anfibolitos, quartzitos, gonditos, mármores, granada-biotita-xistos e intrusões alcalinas da Nappe Socorro-Guaxupé (capítulo 8).

Os terrenos do Nappe Socorro-Guaxupé formam uma cunha de direção leste-oeste sobrepostos à Faixa Alto Rio Grande. Estudos recentes correlacionam a evolução dessas megaestruturas a regimes transpressivos com ênfase em zonas de cisalhamentos dúcteis, as quais seriam responsáveis pela migração de rochas plutônicas de níveis crustais profundos para superiores (Machado e Endo, 1993 e 1994, *in* Nascimento, 1994). A área foi sujeita a esforços compressivos de direção NW-SE, responsáveis pela zona de cisalhamento com estruturas destrais NE-SW. As principais estruturas dúcteis apresentam direções N65-70E e N45-50E e representam as principais direções das lentes de cisalhamento (Nascimento, 1994).

São poucos os estudos hidrogeológicos de detalhe, até mesmo regionais, executados na região. Destacam-se os estudos realizados em Caxambu (Lima *et al*, 1998) e no Parque de São Lourenço (Hirata *et al*, 1994). Regionalmente se destaca o estudo morfo-estrutural com enfoque hidrogeológico realizado por Nascimento (1995).

A utilização de água subterrânea é pouco difundida em decorrência da disponibilidade hídrica superficial, que, até então, mostra-se economicamente mais vantajosa. Por conseqüência, a região não possui uma quantidade expressiva de poços tubulares profundos, que proporcionariam interpretações importantes sobre os aquíferos presentes. As indústrias e as populações dos centros urbanos são abastecidas por captações superficiais, e as populações rurais, abastecidas por captações de pequenas nascentes ou por poços escavados de pouca profundidade. Somente algumas indústrias, propriedades rurais e alguns hotéis possuem poços tubulares profundos para abastecimento próprio.

Natureza do Ponto	Águas de Contendas	Cambuquira	Caxambu	Lambari	São Lourenço
Poço Tubular	04	13 (02)	18	08	25
Poço Escavado	04	05	04	02	05
Nascente	02		07	02	06 (01)
Sondagem			12		
Captação de Água Mineral	04	11 (02)	12	06	12 (01)

() Pontos levantados fora da área da bacia.

Quadro 12 - Pontos de água levantados no cadastramento.

O levantamento de campo identificou um total de 117 pontos d'água, distribuídos por bacias, segundo o quadro 12. O número de nascentes e poços escavados está aquém do real, uma vez que foram cadastrados por amostragem.

A hidrogeologia regional, a partir dos levantamentos de campo, revela o predomínio de aquíferos do tipo fraturado, livres a semiconfinados, seguidos de aquíferos intergranular livres, em parte confinados, distribuídos ao longo das principais drenagens (aluviões) e também recobrimdo o substrato rochoso (solos residuais).

Os aquíferos existentes são de importância moderada em função da distribuição territorial e dos volumes de água que podem proporcionar, sobretudo os fraturados, onde a água encontra-se restrita às zonas de fraturamento das rochas cristalinas.

Segundo Davis (1966), uma das características principais dos aquíferos em rochas cristalinas é a anisotropia da permeabilidade, variando de nula em rochas densas e compactas até apreciáveis valores quando as rochas estão intemperizadas e fraturadas. Essa propriedade varia lateralmente e em profundidade. Lateralmente, em função do grau de fraturamento, sendo maior nos planos de fraturas observadas em superfície através de imagens aéreas. Em profundidade, apresenta uma diminuição rápida da permeabilidade em razão das interconexões entre as fraturas, que diminuem à medida que aumenta a profundidade, sendo raras ou ausentes abaixo de algumas dezenas de metros.

Os aquíferos fraturados apresentam, portanto, uma capacidade de armazenamento limitada apesar do elevado potencial de recarga, decorrente dos espessos horizontes de rochas intemperizadas onde se encontram armazenados importantes volumes de água da infiltração pluvial, como se observa pelo significativo volume de água restituído aos rios através das inúmeras nascentes existentes por toda a área.

O estudo em escala regional desenvolvido por Nascimento (1995) definiu direções preferenciais de fraturamentos profundos favoráveis à presença de águas subterrâneas (fraturas abertas). As juntas abertas que ocorreram com maior frequência são as de direção N-S, E-W e N35°-40°W. Também o estudo realizado por Hirata *et al.* (1994), em São Lourenço, indica como "feições mais propícias para a circulação de água subterrânea" as direções N40°-50°W e N-S.

Os aquíferos intergranulares ocorrem no manto de intemperismo do substrato rochoso e, principalmente, ao longo das drenagens. São solos residuais do substrato (eluvios), às vezes transportados por gravidade ou chuva (coluvios) e sedimentos compostos de cascalhos, grãos de areia, argila e matéria orgânica carreados pelo transporte fluvial (aluviões). A água ocorre preenchendo os poros ou espaços vazios entre os grãos. Como consequência do regime de sedimentação fluvial, são encontradas importantes discontinuidades granulométricas laterais e verticais e, por conseguinte, de permeabilidade.

Tais aquíferos não são expressivos, devido à pequena magnitude da maioria dos cursos d'água, que geram aluviões pouco profundos e de pequena extensão lateral e eluvios com baixa permeabilidade, ainda que ocorra o armazenamento de razoáveis volumes de água.

No entanto, localmente, poderão ter importância mais pela facilidade na obtenção da água decorrente da pequena profundidade do nível freático do que pelos volumes de água oferecidos.

As figuras 27, 29, 32, 34 e 36 representam os mapas hidrogeológicos das áreas das bacias das estâncias onde se encontram os sistemas aquíferos, pontos d'água levantados, dados dos pontos, fraturas fotointerpretadas e as prováveis direções de fluxo subterrâneo. As figuras 28, 30, 31, 33, 35 e 37 mostram os mapas hidrogeológicos dos parques das águas e seu entorno.

10.4.1 - Hidrogeologia de Águas de Contendas

O distrito de Águas de Contendas pertence ao município de Conceição do Rio Verde e situa-se na margem do ribeirão Contendas, a uma altitude aproximada de 868 m. Existe uma ocorrência natural de água mineral carbogásosa em um pequeno parque na margem do ribeirão Contendas (foto 9).

O direito de concessão de lavra pertence à COMIG, e atualmente ele se encontra arrendado a uma empresa particular.

O levantamento de dados não obteve informações sobre o histórico das águas minerais locais. Todavia, a estância é conhecida desde o século passado, quando D. Pedro II chegou a visitá-la.

Atualmente são três fontes usadas exclusivamente para ingestão e denominadas: "Gasosa", "Ferruginosa" e "Magnesiana" (foto 10). Em agosto de 1997, perfurou-se um poço tubular objetivando a extração de água mineral gasosa para ser engarrafada.

Não se encontraram informações sobre datas nem sobre as características construtivas das captações. Ainda assim, com base em relatório do DNPM, de 1941, as atuais captações já existiam, porém não eram explotadas.

As outras ocorrências de água subterrânea são tidas como naturais, atendendo basicamente ao consumo doméstico da população local.

O substrato rochoso da bacia é formado de gnaisses e xistos com intercalações de quartzitos. O fraturamento é, preferencialmente, nas direções N-S e NE.

Os aquíferos são do tipo fraturado livre e confinado, em rochas gnáissicas, biotita-quartzo-xistos e quartzitos micáceos e do tipo intergranular ao longo das drenagens (figura 27).

No parque das águas, os dados construtivos do poço tubular perfurado ao lado das atuais fontes indicam que o principal aquífero é do tipo fraturado em uma rocha gnáissica milonitizada, composta por argilo-minerais, quartzo, hidróxidos de ferro e, possivelmente, granada. Essa rocha encontra-se alterada além do limite do furo de 102,0 m. Recobrimo-a, acha-se um estrato de argila orgânica de cor cinza a preta com cerca de 9,0 m.

Os aquíferos do tipo intergranular ocorrem ao longo das principais drenagens (aluviões) e recobrimo o substrato rochoso (solos residuais). Apresentam profundidades variadas, podendo chegar até 35,0 m de manto de intemperismo em terrenos distantes do vale.

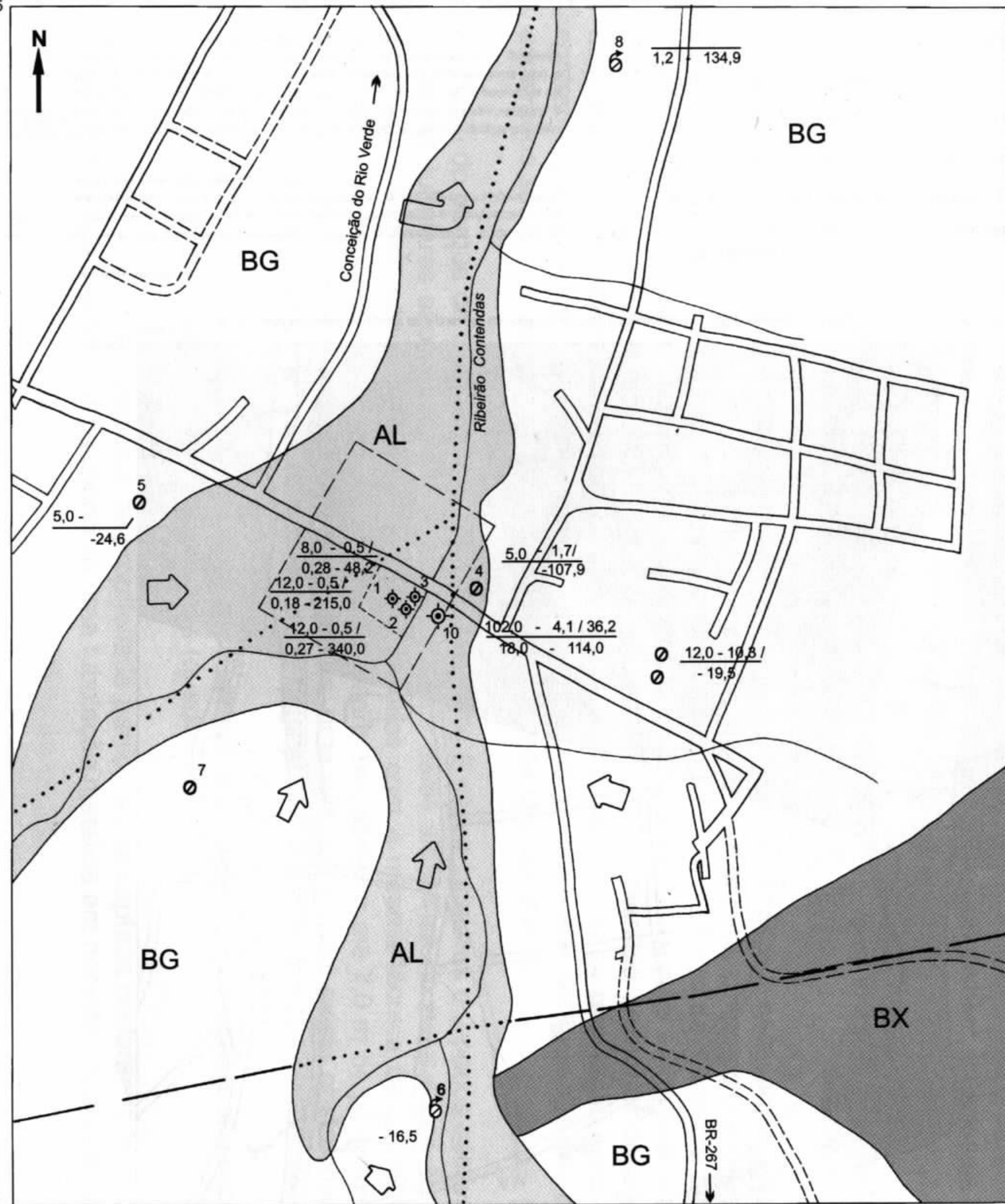
O cadastramento identificou 10 pontos d'água, sendo 4 poços tubulares, 4 poços escavados e 2 nascentes. Os poços tubulares são as captações das fontes e situam-se no próprio local dos fontanários, a poucos metros um do outro. São poços rasos com cerca de 12,0 m de profundidade na fonte "Gasosa" e "Ferruginosa" e 8,0 m na fonte "Magnesiana". O poço tubular recentemente perfurado tem 102,0 m. Os poços escavados são de até 12,0 m de profundidade nos pontos mais afastados do vale.

A fonte magnesiana foi recaptada em 1995 devido a problemas de infiltração na tubulação e reconstruída com manilhas de concreto até 8,0 m, onde concêntricamente se fixou um tubo de PVC para extravasar a água (informação local). O poço tubular encontra-se revestido de PVC Geomecânico até 97,6 m, com entradas d'água entre 56,8 a 68,8 m e 76,8 a 88,8 m, através de filtros.

As nascentes são afloramentos de água com pequenas vazões ao longo do ribeirão Contendas. Refletem o caráter efluente da drenagem local e também revelam que o nível piezométrico se apresenta bastante raso ao longo do vale.

497545
7579215

498545
7579215



LEGENDA

Sistemas Aquíferos

- AL** Aquíferos intergranulares descontínuos, livres, semiconfinados a confinados constituídos de sedimentos areno-argilosos não consolidados e, localmente, níveis de argila orgânica preta de até 9,0 m. Subordinados a cursos d'água com espessura aproximada de 10,0 m e espessura saturada variável.
- BG / BX** Aquíferos fraturados, descontínuos, restritos a juntas e fraturas, ampliados pela presença de aluviões ou solos residuais. Predominância de fraturas verticais a subverticais com direções preferenciais N-S e NE. Litologia composta de biotita gnaisses e biotita-anfibólio gnaisses em parte milonitizados e intemperizados (BG) e biotita-quartzo xisto com intercalações de quartzitos micáceos (BX).

Produtividade do Ponto

(Vazões para poços tubulares definidas para rebaixamento de nível d'água de 25 m)

A	B	C	(A - Nascente; B - Poço Escavado, C - Poço Tubular)	
⊖	○	⊙	Até 3 m ³ /h	⊙ Captação de água mineral
⊖	○	⊙	Entre 3 e 10 m ³ /h	⊗ Poço desativado
⊖	○	⊙	Entre 10 e 40 m ³ /h	
⊖	⊗	⊙	Vazão estimada	

Disposição dos Elementos do Ponto

1	1 - Número do Ponto	4 - Vazão (m ³ /h)
2-3	2 - Profundidade (m)	5 - Condutividade Elétrica (uS/cm a 25°C)
4-5	3 - Nível Estático / Nível Dinâmico (m)	

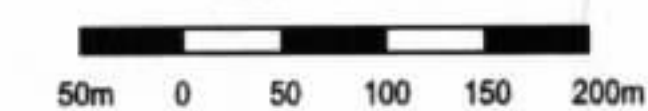
Elementos Hidrogeológicos

- Contato litológico
- Fratura fotointerpretada
- ⇒ Direção provável de fluxo subterrâneo
- Fratura fotointerpretada encoberta

Convenções

- ⊡ Parque das águas
- ↙ Curso d'água
- ≡ Ruas e vias de acesso

Escala Gráfica



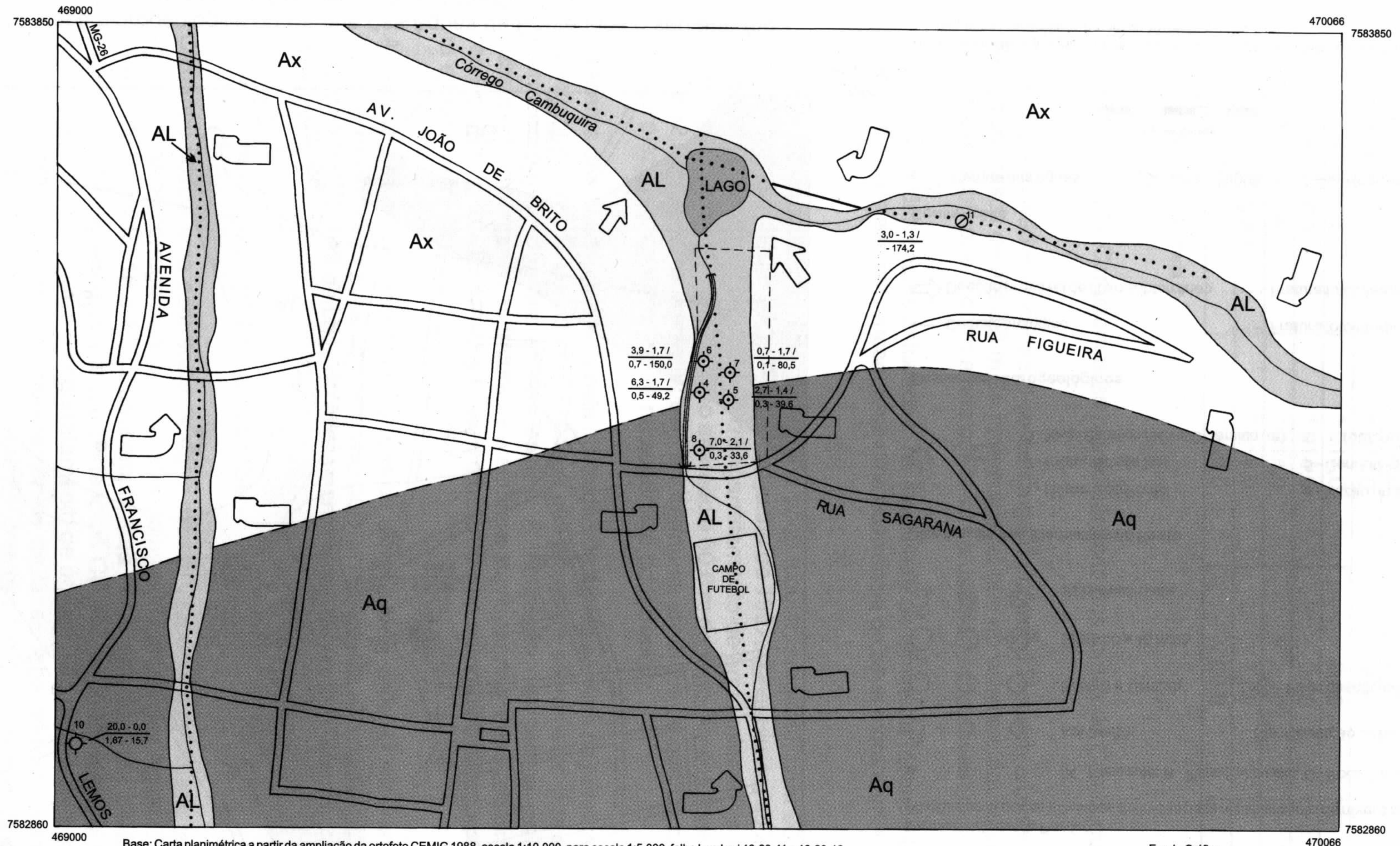
Base

Carta planimétrica a partir da ampliação da ortofoto CEMIG 1988, escala 1:10.000, para escala 1:5.000, folha Conceição do Rio Verde 46-24-20.

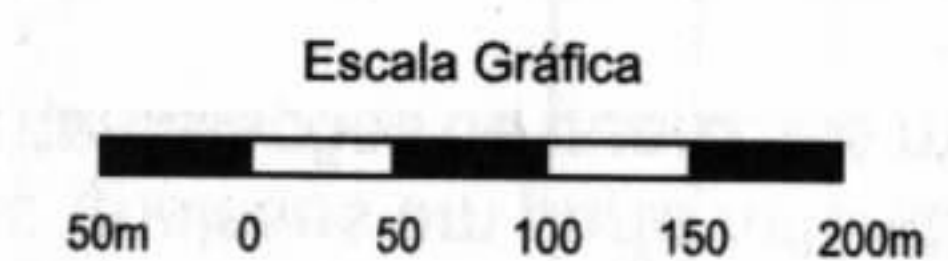
7577955
497545

7577955
498545

Figura 28 - Mapa hidrogeológico do Parque das Águas de Contendas e seu entorno - Município de Conceição do Rio Verde - MG



Base: Carta planimétrica a partir da ampliação da ortofoto CEMIG 1988, escala 1:10.000, para escala 1:5.000, folha Lambari 46-23-11 e 46-23-12.



Sistemas Aquíferos

AL Aquíferos intergranulares descontínuos, livres, semiconfinados a confinados constituídos de sedimentos areno-argilosos não consolidados e, localmente, níveis de argila orgânica preta. Subordinados a cursos d'água com espessura aproximada de 20,0 m e espessura saturada variável.

Ax/Aq Aquíferos fraturados, descontínuos, restritos a juntas e fraturas, ampliados pela presença de aluviões ou solos residuais. Predominância de fraturas verticais a subverticais com direções preferenciais N40-60W e N-S. Litologia composta de xistos granatíferos com intercalações de gnaisses ambos saprolitizados (Ax) e quartzitos muscovíticos com intercalações de xistos granatíferos e gnaisses (saprolitizados) com raros níveis anfibolíticos e veios pegmatóides (Aq).

Produtividade do Ponto

(Vazões para poços tubulares definidas para rebaixamento de nível d'água de 25 m)

A	B	C	(A - Nascente; B - Poço Escavado; C - Poço Tubular)	
♂	○	⊕	Até 03m ³ /h	♂ Captação de água mineral
♂	○	⊕	Entre 3 e 10m ³ /h	♂ Poço desativado
♂	○	⊕	Entre 10 e 40 m ³ /h	
♂	○	⊕	Vazão estimada	

Disposição dos Elementos do Ponto

1	1 - Número do Ponto	4 - Vazão (m ³ /h)
2-3	2 - Profundidade (m)	5 - Condutividade Elétrica (uS/cm a 25 °C)
4-5	3 - Nível Estático / Nível Dinâmico (m)	

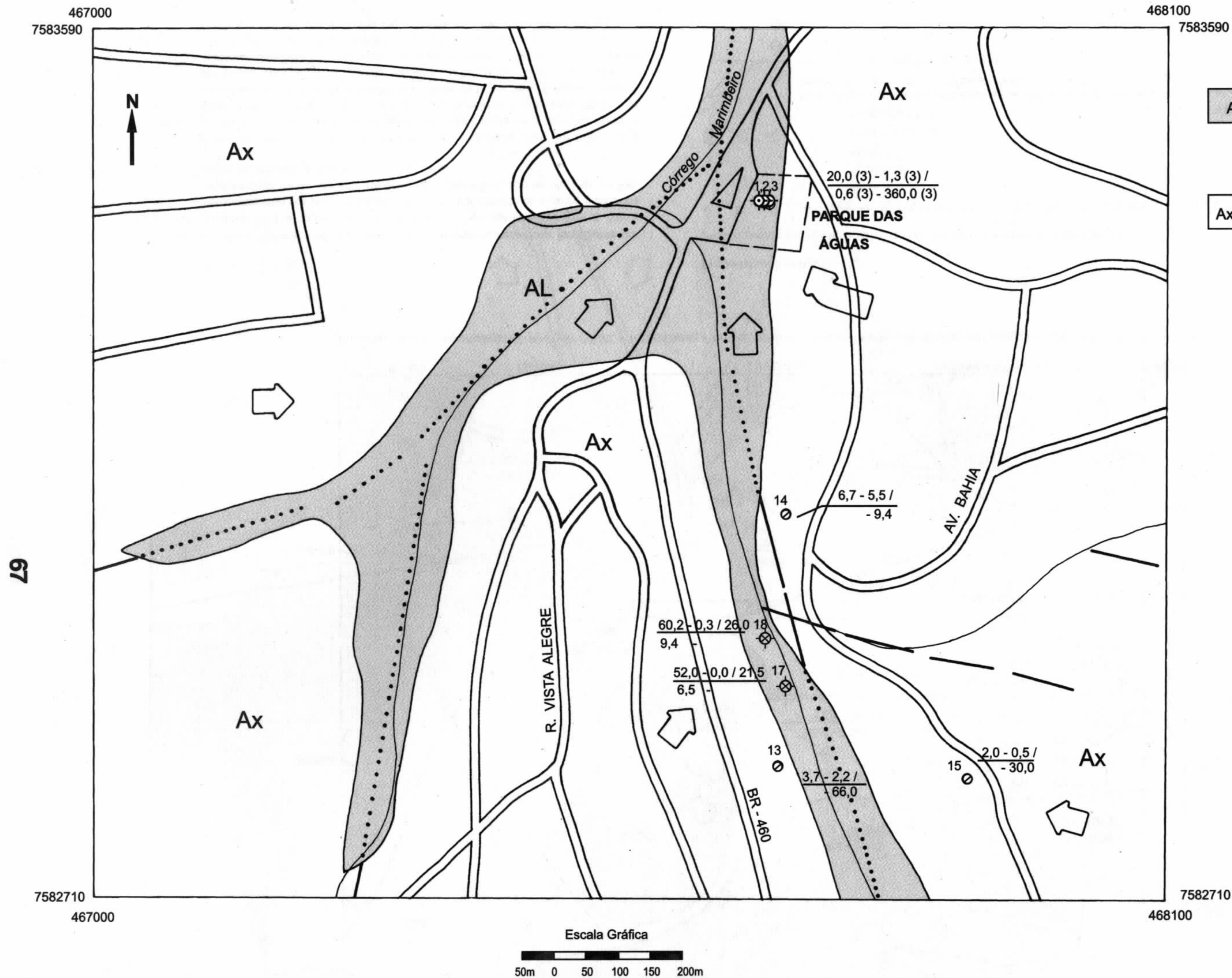
Elementos Hidrogeológicos

—	Contato litológico	- - -	Fratura fotointerpretada
- - -	Contato litológico aproximado	⋯	Fratura fotointerpretada encoberta
⇒	Direção provável de fluxo subterrâneo		

Convenções

□	Parque das águas	↗	Curso d'água
≡	Ruas e vias de acesso	▬	Curso d'água canalizado

Figura 30 - Mapa hidrogeológico do Parque de Cambuquira e seu entorno - Município de Cambuquira - MG.



LEGENDA

Sistemas Aquíferos

AL Aquíferos intergranulares descontínuos, livres, semiconfinados a confinados constituídos de sedimentos areno-argilosos não consolidados e, localmente, níveis de argila orgânica preta. Subordinados a cursos d'água com espessura aproximada de 20,0 m e espessura saturada variável.

Ax/Aq Aquíferos fraturados, descontínuos, restritos a juntas e fraturas, ampliados pela presença de aluviões ou solos residuais. Predominância de fraturas verticais a subverticais com direções preferenciais N40-60W e N-S. Litologia composta de xistos granatíferos com intercalações de gnaisses ambos saprolitizados (Ax) e quartzitos muscovíticos com intercalações de xistos granatíferos e gnaisses (saprolitizados) com raros níveis anfibolíticos e veios pegmatóides (Aq).

Produtividade do Ponto

(Vazões para poços tubulares definidas para rebaixamento de nível d'água de 25 m)

A	B	C	(A - Nascente; B - Poço Escavado, C - Poço Tubular)	
			Até 3 m ³ /h	Captação de água mineral
			Entre 3 e 10 m ³ /h	Poço desativado
			Entre 10 e 40 m ³ /h	
			Vazão estimada	

Disposição dos Elementos do Ponto

	1 - Número do Ponto	4 - Vazão (m ³ /h)
	2 - Profundidade (m)	5 - Condutividade Elétrica (uS/cm a 25°C)
	3 - Nível Estático / Nível Dinâmico (m)	

Elementos Hidrogeológicos

- Contato litológico
- Direção provável de fluxo subterrâneo
- Fratura fotointerpretada
- Fratura fotointerpretada encoberta

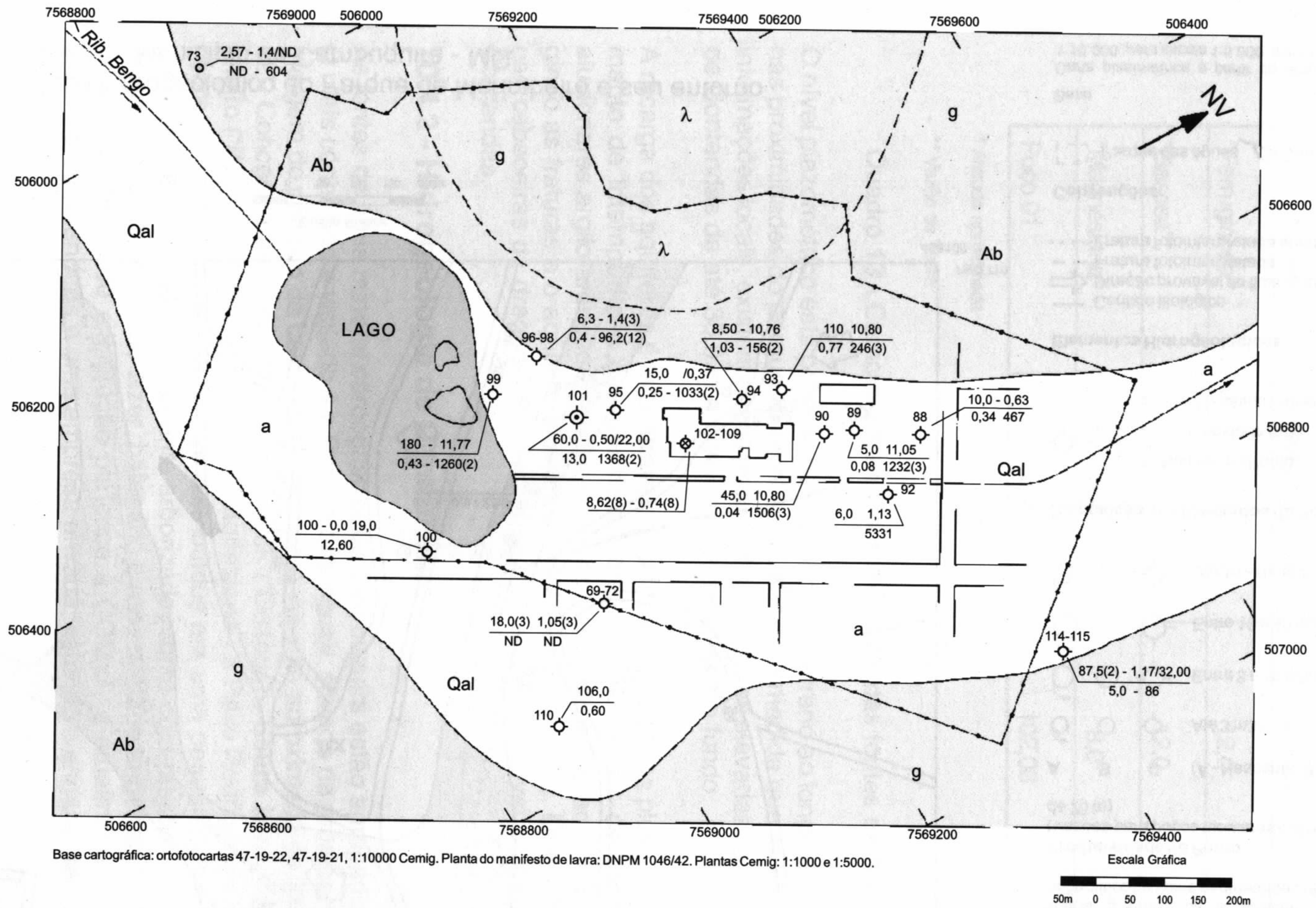
Convenções

- Parque das águas
- Curso d'água
- Ruas e vias de acesso

Base

Carta planimétrica a partir da ampliação da ortofoto CEMIG 1988, escala 1:10.000, para escala 1:5.000, folha Lambari 46-23-11 e 46-23-12.

Figura 31 - Mapa hidrogeológico do Parque de Marimbeiro e seu entorno Município de Cambuquira - MG.



Sistemas Aquíferos

- g** Aquíferos descontínuos fraturados livres. Litologia representada localmente por gnaisses (Ab) e rocha intrusiva alcalina (λ). Permeabilidade média a baixa. Aproveitamento por poços tubulares até 100m. Localmente os ensaios geofísicos determinaram rocha alterada até 60m. de profundidade sob as aluviões do Rib. Bengo no parque das Águas.
- a** Aquíferos intergranulares, descontínuos, semiconfinados e/ou, subordinados a cursos d'água. Constituídos de cascalho areia, silte e argila em proporções diversas (Qal). Permeabilidade alta a média, ocasionalmente baixa dependendo da proporção de silte e argila. Alimentação através de rios e chuvas. Aproveitamento por poço escavados de grande diâmetro ou tubulares rasos. Localmente as camadas superiores são mais argilosas podendo chegar as espessuras da ordem de 10m. Abaixo destas, possivelmente, ocorre material mais arenoso que pode ter espessura da ordem de 20 metros segundo interpretações de dados geofísicos.

Produtividade do Ponto

- (Vazões para poços tubulares definidas para rebaixamento de nível d'água de 25m)
- A** Nascente; **B** Poço Escavado; **C** Poço Tubular; **D** Sondagem
- Seco
Sondagem
Até 3m³/h
Entre 3 e 10m³/h
Superior a 10m³/h
- Ponto d'água com vazão estimada (vazões definidas para rebaixamento de nível d'água de 25m para todas as classes de produtividade)
- Poço tubular de água mineral
Poço desativado

Disposição dos Elementos do Ponto

- 1 - Número do poço
2 - Aquífero captado
3 - Profundidade (m)
4 - Nível estático (m)/
5 - Vazão (m³/h)
5 - Totais de sais dissolvidos (mg/l)
(Entre parênteses o número de dados usados para obter as médias)

Elementos Estruturais Convenções Cartográficas

- Contato litológico
- - - Contato litológico inferido
~ Curso d'água
○ Lago
□ Limite da área de proteção

Figura 33 - Mapa hidrogeológico do Parque das Águas de Caxambu e seu entorno - Município de Caxambu - MG.

LEGENDA

Sistemas Aquíferos

AL Aquíferos intergranulares descontínuos, livres, semiconfinados a confinados constituídos de sedimentos areno-argilosos não consolidados com espessura variável de aproximadamente 15,0 m, presença de níveis de argila orgânica preta de até 6,0 m. Espessura saturada variável.

BG/Aq Aquíferos fraturados, descontínuos, semiconfinados a confinados, restrito a juntas e fraturas, ampliados pela presença de aluviões ou solos residuais. Predominância de fraturas verticais a subverticais com direções preferenciais N40W e N-S. Litologia composta de biotita gnaisses, granatíferos ou não, intercalados com metabasitos secundariamente cortados por veios pegmatóides (BG). Quartzitos puros e micáceos com intercalações de muscovitas xistos (Aq). Solo residual com aproximadamente 25,0 m de espessura.

Produtividade do Ponto

(Vazões para poços tubulares definidas para rebaixamento de nível d'água de 25 m)

A	B	C	(A - Nascente; B - Poço Escavado, C - Poço Tubular)	
⊙	○	⊙	Até 3 m ³ /h	⊙
⊙	○	⊙	Entre 3 e 10 m ³ /h	⊙
⊙	○	⊙	Entre 10 e 40 m ³ /h	⊙
⊙	○	⊙	Vazão estimada	⊙
				⊙
				⊙

⊙ - Captação de água mineral
⊙ - Poço desativado

Disposição dos Elementos do Ponto

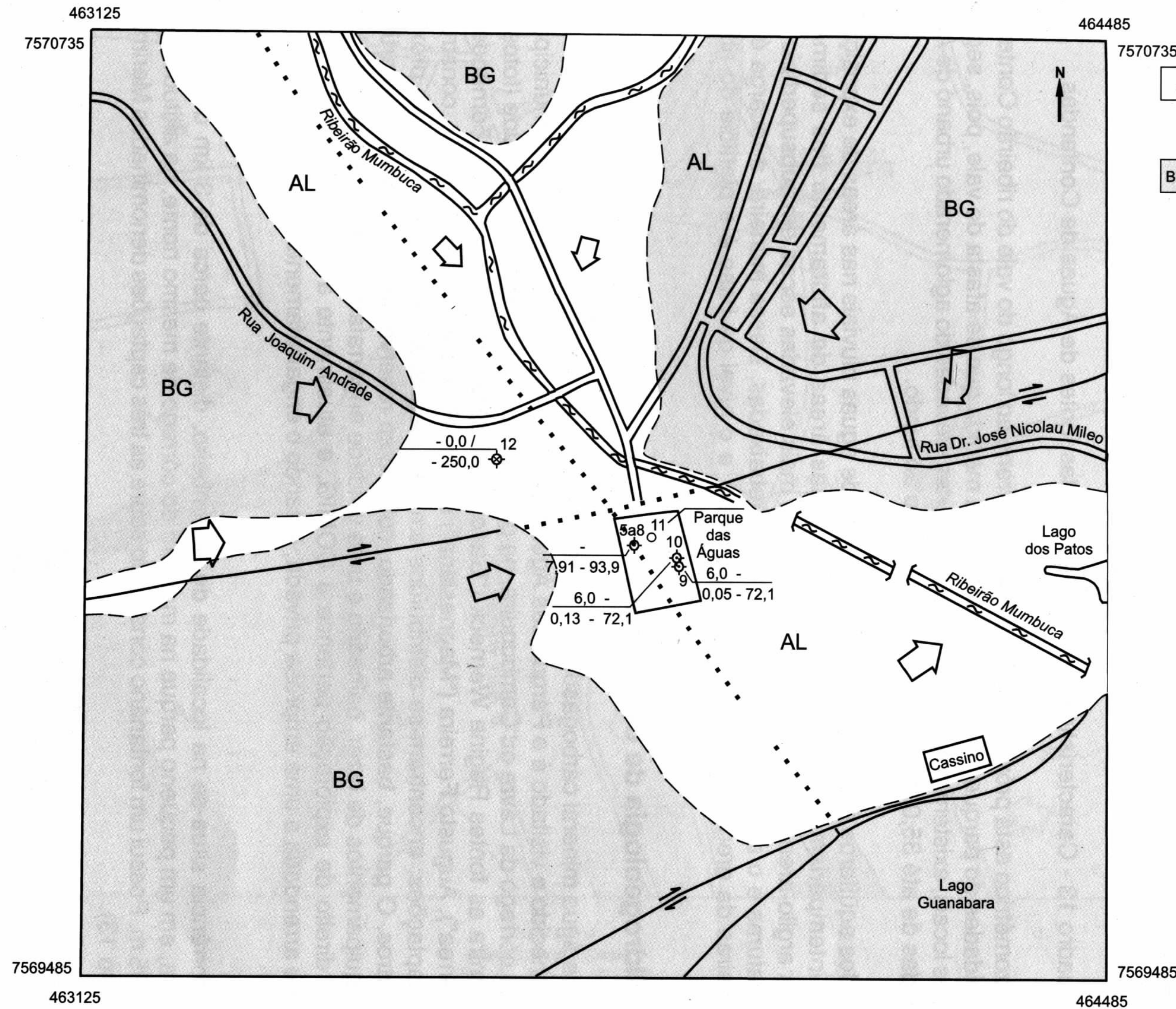
1	1 - Número do Ponto	4 - Vazão (m ³ /h)
2-3	2 - Profundidade (m)	5 - Condutividade Elétrica
4-5	3 - Nível Estático / Nível Dinâmico (m)	(uS/cm a 25 °C)

Elementos Hidrogeológicos

- Contato litológico
- - - Contato litológico aproximado
- ⇒ Direção provável de fluxo subterrâneo
- ⋯ Fratura fotointerpretada encoberta
- ≡ Limite de zona de cisalhamento

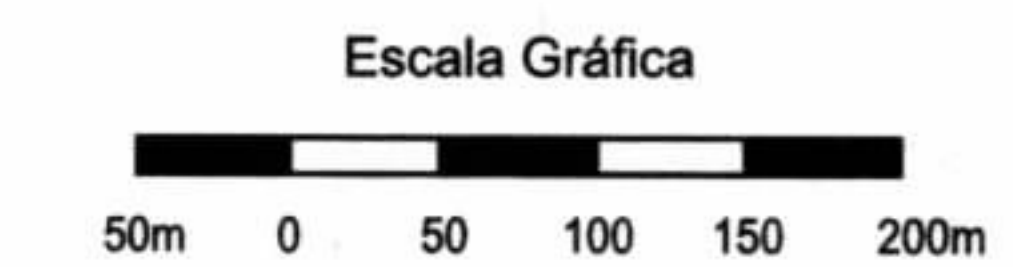
Convenções

- ≡ Curso d'água
- ≡ Curso d'água canalizado
- ≡ Ruas e vias de acesso



Base: Carta planimétrica a partir da ampliação da ortofoto CEMIG 1988, escala 1:10.000, para escala 1:5.000, folha Lambari 46-23-23.

Figura 35 - Mapa hidrogeológico do Parque das Águas e seu entorno - Município de Lambari - MG.



As fontes apresentam vazões livres e intermitentes de acordo com os dados do quadro 13. Essas medidas são um pouco menores em relação às feitas em 1995 (quadro 18), possivelmente resultantes de obstruções ferruginosas nas tubulações ou de variações sazonais do volume de recarga. O poço tubular profundo, perfurado em 1997, apresentou uma vazão de teste de 18,00 m³/h. Todavia, pela sua proximidade às fontes existentes, elas secaram durante o teste de vazão, inviabilizando a exploração do poço nessa ordem de grandeza.

Fonte	Cota do Poço	Profundidade	Vazão l/h (1997)
"Ferruginosa"	* 868,0	12,0	180
"Gasosa"	* 868,0	12,0	270
"Magnesiana"	* 868,0	8,0	280
Poço 01	* 868,0	102,00	** 18.000

* Altitude aproximada

** Vazão de Teste

Quadro 13 - Características hidrodinâmicas das fontes de Águas de Contendas.

O nível piezométrico está próximo da superfície do terreno ao longo do vale do ribeirão Contendas, nas proximidades do parque. O nível aprofunda-se à medida que se afasta do vale, pois, segundo informações locais, existem poços escavados nas partes elevadas do aglomerado urbano de Águas de Contendas de até 35,0 m e nível freático próximo ao fundo.

A recarga dos aquíferos é feita através da infiltração de águas pluviais nas áreas de exposição do manto de intemperismo do substrato rochoso e nas áreas de afloramento dos sedimentos aluvionares argilo-arenosos. A infiltração nas partes mais elevadas escoia em subsuperfície, atingindo as fraturas e o aquífero aluvionar nas áreas rebaixadas. Dessa maneira, a recarga é local nas cabeceiras da drenagem, a montante do parque, e o nível de base é a planície do ribeirão Contendas.

10.4.2 - Hidrogeologia de Cambuquira

As fontes de água mineral carbogasosa de Cambuquira estão agrupadas em dois locais distintos. O mais conhecido e visitado é o Parque das Águas, situado na área central da sede municipal, na margem do córrego da Lavra ou Cambuquira, na cota aproximada de 914 m de altitude (fotos 11 e 12). Concentra as fontes Regina Werneck ("Gasosa"), Souza Lima ("Sulfurosa"), Fernandes Píneiro ("Férrea"), Augusto Ferreira ("Magnesiana") e Roxo Rodrigues. Os fontanários, construídos sobre as captações, encontram-se distribuídos em uma pequena área e relativamente próximos uns dos outros. O parque, bastante arborizado, conta com reserva de mata nativa, lago artificial, diversos equipamentos de lazer, balneário e uma unidade engarrafadora de água mineral. A concessão do direito de exploração pertence à COMIG, e atualmente a administração do parque encontra-se arrendada a uma empresa privada, estando o engarrafamento a cargo da Superágua S/A.

A outra ocorrência situa-se na localidade de Marimbeiro, distante cerca de 3 km do centro de Cambuquira, em um pequeno parque na margem do córrego de mesmo nome, na altitude aproximada de 895 m. Possui um fontanário construído sobre as três captações denominadas Marimbeiro 1, 2 e 3 (foto 13).

As águas minerais de Cambuquira e Marimbeiro são de conhecimento popular desde o século XIX, quando viajantes paravam para se abastecer de água potável e na busca da cura de diversos

males. As captações das atuais fontes de Cambuquira foram executadas entre 1898 e 1899, e, em 1899, foi entregue ao uso público um estabelecimento hidroterápico, quando formalmente se iniciou o aproveitamento econômico da estância.

As fontes de Marimbeiro foram captadas em 1914 (Brandão, 1922).

O principal uso das águas minerais é a ingestão em tratamentos crenoterápicos e dessedentação da população local. As águas das fontes Roxo Rodrigues e Regina Werneck são engarrafadas e comercializadas nacionalmente (a fonte Regina Werneck também fornece gás para o engarrafamento). O parque de Cambuquira também conta com um balneário onde os banhos utilizam águas das fontes.

O substrato rochoso das áreas das bacias é composto de xistos granatíferos com intercalações de gnaisses e quartzitos muscovíticos. Nas ocorrências hidrominerais, as rochas encontram-se saprolitizadas e recobertas por sedimentos aluvionares de espessura máxima de 10,0 m, sobrepostos por uma camada de argila orgânica de, aproximadamente, 5,0 m (Marimbeiro).

Os aquíferos são do tipo fraturado nos xistos, gnaisses e quartzitos, segundo as direções N40°-60°W, E-W e N-S. Nas ocorrências hidrominerais, o principal controle de fraturamento é a direção N-S (com NE em Marimbeiro e com NW em Cambuquira).

Aquíferos intergranulares ocorrem ao longo do córrego da Lavra e Marimbeiro e recobrimo o substrato rochoso (figuras 29, 30 e 31).

O cadastramento identificou 18 pontos d'água distribuídos nas bacias a montante dos parques das águas. Também foram cadastrados dois poços tubulares de água carbogásosa, situados na bacia vizinha ao parque de Cambuquira, que drena a fazenda Laranjal.

A sede do município é, praticamente, toda abastecida por água superficial e, portanto, ausente de poços tubulares para abastecimento público ou industrial.

Na bacia do parque de Marimbeiro, identificaram-se 5 poços tubulares e 3 escavados. Três dos poços tubulares são captações das fontes construídas no próprio parque, distantes 0,9 m uma da outra, com 20,0 m de profundidade. A escavação foi manual, com diâmetro de 4,0 m até a rocha gnáissica pouco alterada, onde foram fixadas as tubulações de cerâmica para extravasar a água. Outros dois poços tubulares construídos na década de 50, na planície aluvionar do córrego Marimbeiro e a montante do parque, destinavam-se ao abastecimento da população local e encontram-se atualmente desativados devido a problemas com a qualidade da água. Os três poços escavados são rasos, de até 6,7 m, com água natural e de uso doméstico.

Na bacia do parque de Cambuquira, foram cadastrados 6 poços tubulares e 2 poços escavados. Os poços tubulares são captações de fontes, e cinco deles situam-se no parque das águas e datam do início do século. Provavelmente foram feitos com a mesma técnica da captação de Marimbeiro e, segundo medidas feita em 1996 (quadro 14), atingem até 7,0 m de profundidade. São valores que, na realidade, podem ser maiores, uma vez que podem existir obstruções nas tubulações impedindo a medição da profundidade original.

Os níveis piezométricos encontram-se próximos à superfície do terreno, e as vazões são espontâneas e intermitentes pelas emanações gasosas (quadro 14).

A fonte denominada João Cardoso, de propriedade particular, foi captada perfurando-se a rocha quartzítica manualmente e introduzindo-se uma tubulação metálica em posição horizontal de cerca de 20,0 m.

A vazão é livre e diminui em períodos de estiagem prolongados. A água é do tipo potável de mesa, aduzida e distribuída ao público através de bicas.

Fonte	Cota do Poço	Profundidade	Vazão l/h (1997)
Marimbeiro 1	* 895,0	20,0	640
Marimbeiro 2	* 895,0	20,0	690
Marimbeiro 3	* 895,0	20,0	330
R. Werneck	* 914,0	6,3	511
F. Pinheiro	* 914,0	3,85	428
Souza lima	* 914,0	0,70	56
A. Ferreira	* 914,0	2,70	295
R. Rodrigues	* 914,0	7,00	310
J. Cardoso	* 920,0	20,0	1.670

* Altitude aproximada

Quadro 14 - Características hidrodinâmicas das fontes de Cambuquira e Marimbeiro.

Os poços escavados encontram-se ao longo do córrego Figueira, vizinho ao parque das águas. São poços rasos de até 3,0 m de profundidade, que apresentam águas contaminadas. Um poço era de uso público, e o outro ainda continua de uso doméstico eventual.

Fora da área das bacias estudadas, na localidade denominada fazenda Laranjal, a aproximadamente 890 m de altitude, encontra-se uma ocorrência de água extremamente gasosa e ferruginosa m (foto 14).

Trata-se de uma antiga captação do tipo poço tubular, surgente, com 90,0 m de profundidade e vazão livre intermitente de 0,54 m³/h. Em junho de 1997, construiu-se, ao lado da antiga captação, um poço tubular de 6" objetivando o engarrafamento de água mineral gasosa. Perfuraram-se 4,0 m de argila orgânica, 1,0 m de xisto alterado e 60,0 m de xisto. As entradas d'água foram aos 17,0, 27,0 e 32,0 m, sendo que, aos 32,0 m, encontrou-se um dique de quartzo com 6,0 m de espessura. O nível piezométrico encontra-se na superfície do terreno.

A recarga dos aquíferos é feita pela infiltração de águas pluviais nas áreas de exposição do manto de intemperismo do substrato rochoso e nas áreas de afloramento dos sedimentos aluvionares arenosos dentro dos limites das bacias. A infiltração nas partes mais elevadas escoam em subsuperfície atingindo as fraturas e o aquífero aluvionar nas áreas rebaixadas. Dessa maneira, a recarga das águas das fontes é local, a montante e no entorno do parque das águas de Cambuquira e Marimbeiro.

As águas infiltrantes atingem as fraturas de direção N-S, onde se mineralizam em contato com o gnaiss milonitizado e, possivelmente, pela presença de um pegmatito intrudido na zona de fraturamento. O nível de base do escoamento subterrâneo local são as planícies aluvionares das drenagens.

10.4.3 - Hidrogeologia de Caxambu

Caxambu possui uma ocorrência de água mineral carbogasosa situada na área central da sede, nas margens do córrego Bengo, no local denominado Parque das Águas, na cota média de 882 m de altitude (fotos 15, 16 e 17). É uma ampla área verde, que se encontra preservada. O direito de exploração das águas e do parque pertence à COMIG, e, atualmente, o parque é administrado pela prefeitura municipal, e o engarrafamento de água é feito pela Superágua S/A. O parque compreende fontanários, diversos equipamentos de lazer, lago artificial, balneário, e também uma unidade engarrafadora de água mineral. Existem dez fontanários, que abrigam doze fontes denominadas: Leopoldina, Beleza, Duque de Saxe, D. Isabel, Conde D'eu, D. Pedro II, Viotti, Venâncio, Mayrink I, II e III e Tereza Cristina, renomeada Ernestina Guedes. Também se encontra dentro do Parque um poço tubular de 60,0 m de profundidade, que apresenta jorros intermitentes com intervalos de aproximadamente 3 a 5 horas.

Desde o início do século XIX já era de conhecimento popular o valor curativo das “águas santas de Baependi” (Mourão, 1990). As primeiras captações datam de 1884 nas fontes D. Pedro e D. Isabel. Em seguida, vieram Viotti, Beleza e Conde D’eu em 1885; D. Leopoldina, Duque de Saxe e Mayrink em 1891; Venâncio (1935-39) e Ernestina Guedes em 1958.

A água mineral é utilizada para ingestão ou em banhos na cura de diversos males estomacais, intestinais, renais, diuréticos, circulatórios, dermatológicos, etc. Também é engarrafada e comercializada nacionalmente (fonte Mayrink).

O parque das águas situa-se na base do “Morro de Caxambu”, em uma planície aluvionar de cerca de 300 m de largura.

Os sedimentos constituem-se de níveis argilosos, argilo-orgânicos e siltosos com espessura média de 10 m. O substrato rochoso é formado de rochas gnáissicas cortadas por diques de brechas alcalinas e diques máficos com elevadas contagens radiométricas, que afloram na encosta do morro. As principais fraturas são encontradas nas direções N-S e N40°-60°W.

Os aquíferos são do tipo fraturado nas rochas gnáissicas e intergranulares nos sedimentos aluvionares ao longo do córrego Bengo (figuras 32 e 33) e no manto de intemperismo que recobre o substrato rochoso. As águas minerais estão associadas, principalmente, ao aquífero fraturado na rocha gnáissica (possivelmente milonitizada e preenchida por brechas alcalinas), sobreposto por sedimentos aluvionares de granulometria variada e por uma camada de argila orgânica com até 8,0 m de espessura (figura 39).

O cadastramento identificou um total de doze fontes, todas situadas no parque das águas. Outros pontos d’água foram identificados, porém sem interesse hidromineral, e são tratados em detalhe no Estudo Hidrogeológico de Caxambu (1998, op. cit.).

As captações das fontes encontram-se nos próprios fontanários, exceto a fonte Beleza, que é captada sob o balneário distante cerca de 50,0 m. Estão relativamente próximas uma das outras e possuem diferentes profundidades e vazões livres (quadro 15). A maior parte das captações foram construídas escavando-se manualmente o material de cobertura até atingir a rocha sã, sendo, então, revestidas de alvenaria e instaladas, concêntricamente, as tubulações de menor diâmetro para extração da água diretamente da rocha. A figura 39, mostra um perfil típico das captações existentes e do material atravessado.

A recarga do aquífero ocorre nos afloramentos do substrato rochoso, alterado ou não, e nas áreas de afloramento dos sedimentos próximos e a montante das fontes. Os níveis piezométricos são rasos (de 0,5 a 1,0 m de profundidade), e o nível de base do escoamento subterrâneo é o córrego Bengo, que localmente assume um caráter efluente e, na área do parque, encontra-se canalizado.

Fonte	Cota do Poço	Profundidade	Vazão l/h (1995)
Leopoldina	881,90	10,00	312
Duque de Saxe	881,77	6,00	083
Beleza	882,20	45,00	042
D. Isabel	881,80	6,00	116
Conde D’Eu	881,80	6,00	Obstruída
D. Pedro II	882,00	9,00	454
Viotti	882,30	8,50	931
Venâncio	882,40	15,00	872
Mayrink I	883,30	6,80	841
Mayrink II	883,30	6,00	1.514
Mayrink III	883,30	6,00	1.044
Tereza Cristina	882,80	18,00	332

Quadro 15 - Características Hidrodinâmicas das Fontes de Caxambu.

10.4.4 - Hidrogeologia de Lambari

Em Lambari, as fontes de água mineral carbogasosa estão localizadas no Parque das Águas, situado no centro da cidade, à margem do ribeirão da Mumbuca, na cota aproximada de 880 m (fotos 19 e 20).

O parque é uma pequena área onde se encontram os três fontanários que abrigam seis fontes próximas uma da outra. Também conta com equipamentos de lazer e uma unidade engarrafadora de água mineral.

O direito de exploração das águas minerais pertence à COMIG e, atualmente, o parque é administrado pela prefeitura municipal, ficando o engarrafamento a cargo da Superágua S/A.

As primeiras notícias sobre as águas de Lambari datam de 1780, com a descoberta da surgência de "águas gasosas nas fendas da rocha em uma profunda grotta coberta com mato", mas, somente a partir de 1837, iniciou-se a urbanização da vila (Mourão, 1990).

O principal uso das águas é a ingestão em tratamentos crenoterápicos e a dessedentação da população local. A água da fonte Magalhães Pinto é engarrafada e comercializada nacionalmente. O parque não conta com balneário, somente com uma piscina de uso público.

Os aquíferos existentes na área da bacia, a montante do parque, são do tipo fraturado livre a semiconfinado nas rochas gnáissicas e quartzitos micáceos, restritos às principais fraturas de direção N70°E e N35°-40°W. Os aquíferos aluvionares ocorrem ao longo do córrego Mumbuca e no manto de intemperismo recobrimo o substrato rochoso. Frequentemente são pouco espessos (vide fig. 34).

A ocorrência hidromineral encontra-se em uma planície de sedimentos aluvionares do córrego Mumbuca, sobrepostos por uma camada de argila orgânica de espessuras não definidas. O substrato rochoso é formado de biotita gnaisse e quartzitos micáceos milonitizados. O principal controle dos aquíferos é exercido pela direção N70°E (Nascimento, 1995).

O cadastramento de campo identificou 12 pontos, sendo 7 poços tubulares, 3 poços escavados e 2 nascentes. Dentre os poços tubulares, 6 são captações de água mineral, e um outro atendia a uma indústria próxima ao parque. Atualmente, se encontra desativado. Os poços escavados e nascentes situam-se nas propriedades rurais, e a quantidade de nascentes está subestimada em razão do método de amostragem, pois são inúmeras e de pequena vazão, ao longo da escarpa da serra da Campanha. Os poços escavados são rasos (< 6,00 m) e destinados ao uso doméstico.

As captações de água mineral das fontes Magalhães Pinto 02, 03 e 04 possivelmente datam do início do século, e as suas características construtivas são desconhecidas. Todavia, se trata de captações através de poços tubulares rasos, originalmente revestidos de material cerâmico. Recentemente, introduziu-se uma tubulação de aço inox nas bordas superiores das tubulações cerâmicas para evitar a degradação do material. As quatro fontes estão sob um mesmo fontanário e próximas uma da outra.

As fontes 05 e 06 foram recaptadas em 1992 perfurando-se manualmente o material argiloso até 6,0 metros, com diâmetro de 1,5 m e cravando-se uma tubulação de 4" para a extração da água. Durante a perfuração, houve um grande desprendimento de gás carbônico. A fonte 07, revestida de manilha, não é captada e apresenta um elevado desprendimento de gás carbônico.

As vazões das fontes são espontâneas e intermitentes pelas emanações gasosas (quadro 16), e o nível piezométrico encontra-se próximo à superfície.

A recarga do aquífero de água mineral é pela infiltração de águas pluviais nas áreas de exposição do manto de intemperismo do substrato rochoso gnáissico e nas áreas de afloramento dos sedi-

Fontes	Cota do Poço	Vazão L/h (1997)
Magalhães Pinto	* 880	5.586
02	* 880	1.343
03	* 880	655
04	* 880	321
05	* 880	50
06	* 880	133

* Altitude aproximada

Quadro 16 - Vazões das fontes de Lambari.

mentos aluvionares arenosos próximos ao parque. A infiltração nas partes mais elevadas escoam em subsuperfície, atingindo as fraturas e o aquífero aluvionar nas áreas rebaixadas.

As águas infiltrantes atingem as fraturas de direção NE, onde mineralizam-se em contato com o gnaiss milonitizado e, possivelmente, pela presença de um pegmatito intrudido na zona de fraturamento. O nível de base do escoamento subterrâneo local é o córrego Mumbuca, que no trecho vizinho ao parque encontra-se canalizado.

10.4.5 - Hidrogeologia de São Lourenço

As ocorrências de água mineral de São Lourenço situam-se próximas à confluência do córrego São Lourenço com o rio Verde, na área central da sede municipal, na altitude média de 864 metros (fotos 21 e 22). As fontes concentram-se em um "Parque de Águas", bastante amplo e arborizado, que contém reservas de mata nativa, um grande lago artificial, balneário e amplas áreas com diversos equipamentos de lazer mantidos pela empresa detentora dos direitos de exploração. Também conta com uma unidade engarrafadora de água mineral.

Atualmente são 10 fontes captadas para uso público e engarrafamento, nomeadas: Soto Mayor ("Sulfurosa"), Alcalina, Andrade Figueira ("Magnesiana"), Oriente ("Gasosa"), Vichy ("Nova Alcalina"), José Carlos de Andrade ("Carbogasosa"), Primavera ("Ferruginosa") e Mantiqueira, situadas relativamente próximas uma das outras no parque I. Os poços 07 e 08 encontram-se no parque II.

Desde 1826, são conhecidas as águas minerais de São Lourenço. Todavia, data de 1925 a fundação da Empresa de Águas São Lourenço, que iniciou a exploração comercial das águas minerais (Mourão, 1990). A implantação do projeto paisagístico do atual parque das águas data da década de 30, quando foram concluídas as obras de captação das fontes Vichy e Alcalina (Andrade Júnior, 1941) e, provavelmente, das fontes Ferruginosa, Magnesiana e Oriente.

O uso primordial das águas é a ingestão na cura de diversos males digestivos, intestinais e renais. As águas também são utilizadas na balneoterapia e engarrafamento (fonte Oriente), e a fonte Mantiqueira atende exclusivamente à população local. O gás extraído da fonte carbogasosa e sulfurosa (foto 23) é utilizado no engarrafamento.

As rochas do substrato, na área da bacia a montante e no parque, são gnaisses intercalados por metabasitos e veios pegmatóides. As principais direções de fraturamento encontram-se nas direções N-S e N40-60W.

As fontes situam-se em uma ampla planície aluvionar, provavelmente de idade quaternária, com cerca de 15,0 m de espessura. Localmente, a litologia do substrato é um gnaiss milonitizado com um manto de intemperismo de, aproximadamente, 45,0 m de espessura. A litologia sedimentar é composta de argilas, camadas arenosas de granulometria variada e níveis argilo-orgânicos, próximos à superfície, com cerca de 8,0 m de espessura.

Na área da bacia, os aquíferos são do tipo fraturado, restritos às zonas de fraturamento e intergranular no espesso manto de intemperismo e ao longo das drenagens, sendo mais amplos e espessos na confluência do ribeirão São Lourenço com o rio Verde (figuras 36 e 37).

O cadastramento de pontos d'água, na bacia do ribeirão São Lourenço, identificou 36 pontos, sendo 24 poços tubulares, 6 poços escavados e 6 nascentes. Dentre os poços tubulares situados no Parque das Águas, 10 são as atuais fontes hidrominerais, 5 foram desativados, e um ainda não é explotado. Outro poço de água mineral sulfurosa situa-se vizinho ao parque, no Hotel Brasil.

Os poços tubulares fora da área do parque captam águas naturais e abastecem hotéis (3), uma indústria de laticínio, a Santa Casa de São Lourenço; um se encontra desativado, e outro não está instalado. São poços com profundidade média de 78,0 m (máximo de 101,0 m), vazões médias da ordem de 10,0 m³/h e níveis estáticos rasos (< 6,7 m), exceto um poço perfurado no Hotel Sul América, em um alto topográfico, com nível de 25,3 m.

Os poços escavados abastecem domicílios na área rural e captam água natural do manto de intemperismo. Em geral, são poços rasos (média de 5,0 m), exceto o perfurado no Retiro da Carioca, que atinge 27,0 m.

As nascentes ocorrem por toda a região. São águas pluviais armazenadas no espesso manto de intemperismo e restituídas à superfície nas encostas dos morros de declividade acentuada. Identificaram-se somente algumas, por amostragem, que apresentaram pequenas vazões, suficientes apenas para o abastecimento doméstico da população rural.

As captações hidrominerais, em geral, são pouco profundas (quadro 17) e apresentam o nível piezométrico próximo à superfície. São captações do tipo poços tubulares, inclusive as mais antigas (Vichy e Alcalina), perfuradas em 1931. A fonte Oriente é captada através de um poço na encosta do morro e inclinado na sua direção. A fonte Andrade Figueira ("Magnesiana") é captada através de um dreno horizontal na encosta do morro e, em razão do rebaixamento do nível estático local, vem apresentando queda de vazão, eventualmente secando em períodos de estiagem prolongada.

Fonte	Cota do Poço	Profundidade	Vazão l/h (1997)
Vichy ("Nova Alcalina")	864,0	21,75	140
Primavera ("Ferruginosa")	867,4	4,00	420
Soto Maior ("Sulfurosa")	864,9	40,00	693
Alcalina	864,9	45,70	197
Andrade Figueira ("Magnesiana")	864,9	Dreno Horizontal	Sem vazão
Oriente ("Gasosa")	864,0	16,40	≅ 10.000
J. C. Andrade ("Carbogasosa")	864,0	44,00	1.510
Mantiqueira	865,0		
Poço 07	864,0	70,00	386
Poço 08	864,0	155,00	
Poço "Gasoso"	864,0	150,00	* 25.000

Cota do poço compilada da Ambiterria
* Vazão livre

Quadro 17 - Características Hidrodinâmicas das fontes de São Lourenço.

As antigas captações (Oriente, Vichy, "Alcalina", "Ferruginosa" e "Magnesiana"), a "Carbogasosa" e o poço 07 situam-se nos próprios fontanários e captam água da zona de alteração do gnaiss em contato com os sedimentos aluvionares através de filtros ou diretamente das fraturas da rocha parcialmente alterada. A fonte Soto Mayor ("Sulfurosa") é captada próximo ao fontanário, e a fonte Mantiqueira, não-gasosa, é captada fora da área do parque e distribuída à população em um fontanário de acesso livre.

Atualmente, as vazões das fontes são obtidas através de bombeamento por bombas de pistão para evitar-se alterações químicas e aproveitar o gás carbônico utilizado no engarrafamento (quadro 17).

O poço da fonte Mantiqueira é o único que utiliza uma bomba centrífuga submersa.

Os níveis estáticos das fontes era próximo ou acima da superfície do terreno quando foram construídas as primeiras captações. Todavia, se encontram em processo de rebaixamento contínuo atingindo até 5,5 m (1995) no poço do Hotel Brasil, vizinho ao parque ou até 3,0 m na fonte Alcalina antes surgente.

Atualmente o único poço surgente é o poço perfurado em 1996, com 150,0 m de profundidade, que apresenta alto teor de gás carbônico e, até fins de 1997, permanecia jorrando continuamente sem nenhuma utilização da água extraída (foto 24).

A recarga dos aquíferos sedimentares ocorrem, em parte, nas áreas de afloramento e também através do escoamento subsuperficial do manto de intemperismo do substrato rochoso. Os gradientes hidráulicos são da ordem de 0,02 a 0,014 m/m, com prováveis tempos de trânsito das águas subterrâneas de até 30 anos (Hirata *et alii*, 1994). O nível de base do escoamento subterrâneo é o córrego São Lourenço, que, no trecho vizinho ao parque, encontra-se canalizado.

10.4.6 - Gênese das Águas Minerais

Os perfis litoestratigráficos das captações de Águas de Contendas, Caxambu e São Lourenço (figuras 38; 39 e 40) mostram um substrato rochoso de rochas gnáissicas recobertas por sedimentos cenozóicos de composição areno-silte-argilosa com níveis ricos em matéria orgânica. Os substratos rochosos encontram-se bastante alterados e, em alguns casos, caulinizados pela presença de minerais feldspáticos de veios pegmatóides ou brechas alcalinas (Caxambu). Essas descrições indicam que o principal aquífero é o fraturado com a água percolando através de fraturas em rochas bastante alteradas quimicamente. O outro condicionante litológico, comum em todas as ocorrências hidrominerais estudadas, são os sedimentos aluvionares argilosos e argilo-orgânicos, extremamente importantes para o semiconfinamento dos aquíferos e química das águas.

Estruturalmente as ocorrências hidrominerais também apresentam condicionantes comuns, como é o caso de sistema de fraturamento N-S com NE (Águas de Contendas, São Lourenço, Caxambu, Marimbeiro e Fazenda Laranjal), N-S com NW (Cambuquira) e N-NW com NE (Lambari). Como se observa nos mapas hidrogeológicos, a direção N-S está presente em quase todas as associações de fraturamento.

As primeiras hipóteses da origem das águas minerais da região sugeriam que a água teria origem profunda e os gases origem vulcânica. Essas águas atacariam as rochas em contato, mineralizando-se em proporções variáveis de acordo com a temperatura e a extensão do percurso subterrâneo (Andrade Júnior, 1940). As rochas fontes dos elementos mineralizantes presentes nas águas seriam diques pegmatíticos associados a um magma nefelínico, que metassomatizaram as rochas encaixantes constituídas de gnaisses, xistos e quartzitos.

Já com base nos dados levantados para este estudo, sugere-se um modelo hidrogeológico de infiltração das águas pluviais nos horizontes alterados das rochas gnáissicas, em áreas de morros topograficamente mais elevados próximos às fontes, percolação através de zonas milonitizadas

(Caxambu, São Lourenço, Águas de Contendas e Lambari) e fraturas parcialmente preenchidas ou não por diques pegmatóides ou brechas alcalinas (Caxambu), circulação a distintas profundidades e finalmente a descarga nas áreas topograficamente mais baixas, onde se encontram sedimentos cenozóicos formadores de aquíferos livres e semiconfinados (figura 41).

Os modelos genéticos mostram diferenças, principalmente quanto à origem das águas e gases. As águas provavelmente não são de origem profunda, pois, segundo Hirata *et alii* (1994), analisando velocidades baseadas na condutividade e gradientes hidráulicos, o tempo máximo de residência seria da ordem de 30 anos. Características físico-químicas das águas, como temperaturas próximas às médias anuais do ambiente, baixos teores de cloretos, sulfatos e lítio, entre outros, também indicam que as águas não são de circulação regional e/ou profunda.

A peculiar existência de grandes quantidades de anidrido carbônico dissolvido nas águas está relacionada à presença, nos locais de descarga do aquífero fraturado, de níveis argilosos, confinantes, ricos em matéria orgânica vegetal, que criam um ambiente redutor para a liberação do CO₂.

Essas hipóteses foram obtidas principalmente de observações feitas nas estâncias de Caxambu e São Lourenço pela maior disponibilidade de dados. Todavia, o modelo é válido para as outras estâncias, uma vez que as outras ocorrências hidrominerais encontram-se posicionadas sobre zonas milonitizadas de rochas gnáissicas fraturadas preferencialmente no sistema de direção N-S com NE, em áreas de baixos topográficos e de sedimentação aluvionar com a presença de argila orgânica vegetal. A composição química das águas de todas as estâncias comparativamente similares também sugere uma comum interação das águas infiltrantes com minerais alcalinos durante o trajeto de circulação subterrânea.

É bem provável que parte das áreas de recarga das fontes hidrominerais esteja situada relativamente distante das fontes, principalmente porque não ocorreram variações notáveis de vazões (quadro 18) e de composição química durante os anos de exploração (algumas captações datam do século passado). Se as recargas estivessem intimamente relacionadas às águas subsuperficiais de infiltração, nas proximidades das fontes, flutuações sazonais de precipitação deveriam, de alguma maneira, ser notadas por alterações consideráveis nas vazões e na composição química das águas.

Os níveis piezométricos apresentam rebaixamentos, principalmente em São Lourenço, inclusive com a queda de vazão de fontes. É provável que isso seja decorrente de um processo de superexploração do aquífero e não de variações climáticas sazonais.

10.5 - Hidroquímica

O estudo hidroquímico fundamentou-se nas análises físico-químicas realizadas para este trabalho durante as diversas etapas de campo. Procurou-se, dessa forma, descartar análises feitas com outras metodologias que apresentassem erros de análise, cálculo e de transcrição de dados, pois algumas datam do século passado. Mesmo assim, pela qualidade natural das águas (carbogasosas), os resultados das análises feitas para este estudo apresentaram erros, às vezes consideráveis, decorrentes de alterações químicas durante o período entre a coleta e a análise.

O valor do erro da análise foi obtido pela diferença entre ânions e cátions em miliequivalentes/l. O valor em percentual foi estabelecido por:

$$\text{erro (\%)} = 200 \frac{\sum \text{cátions} - \sum \text{ânions}}{\sum \text{cátions} + \sum \text{ânions}}$$

PERFIL GEOLÓGICO E CONSTRUTIVO

NÚMERO DO PONTO:

AC - 10

LOCAL:

ÁGUAS DE CONTENDAS - PARQUE DAS ÁGUAS POÇO 1

MÉTODO DE PERFURAÇÃO: PNEUMÁTICA

DATA: 03 - 08 - 97

X 497950

Y 7578570

Z (PROFUNDIDADE): 102,00

COTA: 868,00 (aprox.)

escala (1:):

NE/ND/VAZÃO:

4,05 / 36,21 / 18,00 m³ / h

VERTICAL:

1 : 750

HORIZONTAL:

1 : 30

PROF. (m)	DIAM. (cm)	ESPAÇO ANELAR	REVEST.	FILTRO	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
5					1 Solo argiloso castanho-claro. Turfa negra composta de argila e matéria orgânica.
10			10" aço		8 Argila cinza com matéria orgânica e areia.
15			11,45		10 Elúvio areno-argiloso com fragmentos de quartzo e micropalhetas de mica. Fragmentos de hidróxido de ferro e quartzo cimentado c/hidróxido de ferro.
20					20 Micaxisto ou gnaiss milonitizado composto por argilo-minerais, micas alteradas, quartzo, ferro e mineral preto (anfíbólio).
25					
30					30 Micaxisto alterado composto por quartzo, argilo-minerais e palhetas alteradas de mica.
35		areia	6" PVC		
40		selecionada			
45		2 / 4 mm			40 Idem ao intervalo anterior. A fragmentação é maior e a fração arenosa aumentada em relação a argila.
50					
55			56,8		52 Micaxisto alterado, composto por argilo-minerais, quartzo, hidróxidos de ferro e mineral semelhante a granada.
60			6" PVC		
65					
70			68,8		70 Intervalo bastante quartzoso, composto por quartzo hidróxido de ferro e argilo-minerais.
75			76,8		74 Idem ao intervalo 52,0 - 72,0 m.
80			6" PVC		78
85					Micaxisto alterado com argilominerais, pouco quartzo e hidróxido de ferro.
90			88,8		
95					
100			102		102

Fig. 38

PERFIL GEOLÓGICO E CONSTRUTIVO

NÚMERO DO PONTO:

CX - 101

LOCAL:

CAXAMBU - PARQUE DAS ÁGUAS - "GEISER"

MÉTODO DE PERFURAÇÃO: PERCUSSÃO

DATA: 1981

X 506.485

Y 7569050

Z (PROFUNDIDADE): 60,00

COTA: 883,90

escala (1:):

NE/ND/VAZÃO:

0,50 / 22,00 / 12,60 m³ / h

VERTICAL:

1 : 500

HORIZONTAL:

1 : 30

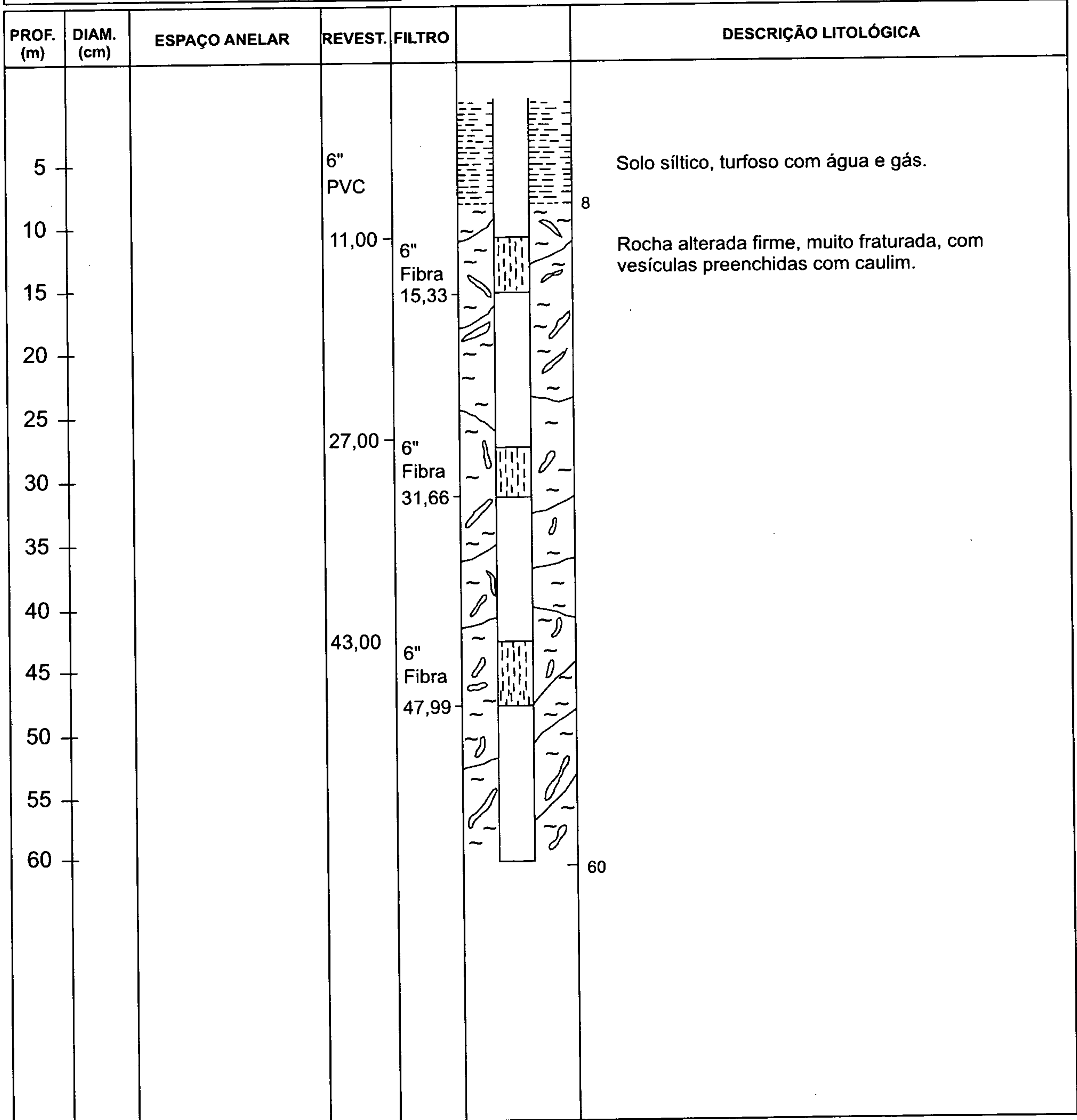


Fig. 39

PERFIL GEOLÓGICO E CONSTRUTIVO

NÚMERO DO PONTO:

SL - 27

LOCAL:

SÃO LOURENÇO - FONTE SULFUROSA

MÉTODO DE PERFURAÇÃO: ROTATIVO

DATA: 07 - 07 - 87

X 434040

Y 7554520

Z (PROFUNDIDADE): 40,00

COTA: 864,9

escala (1:):

NE/ND/VAZÃO:

4,00 / 20,00 / 5,00 m³ / h

VERTICAL:

1 : 250

HORIZONTAL:

1 : 40

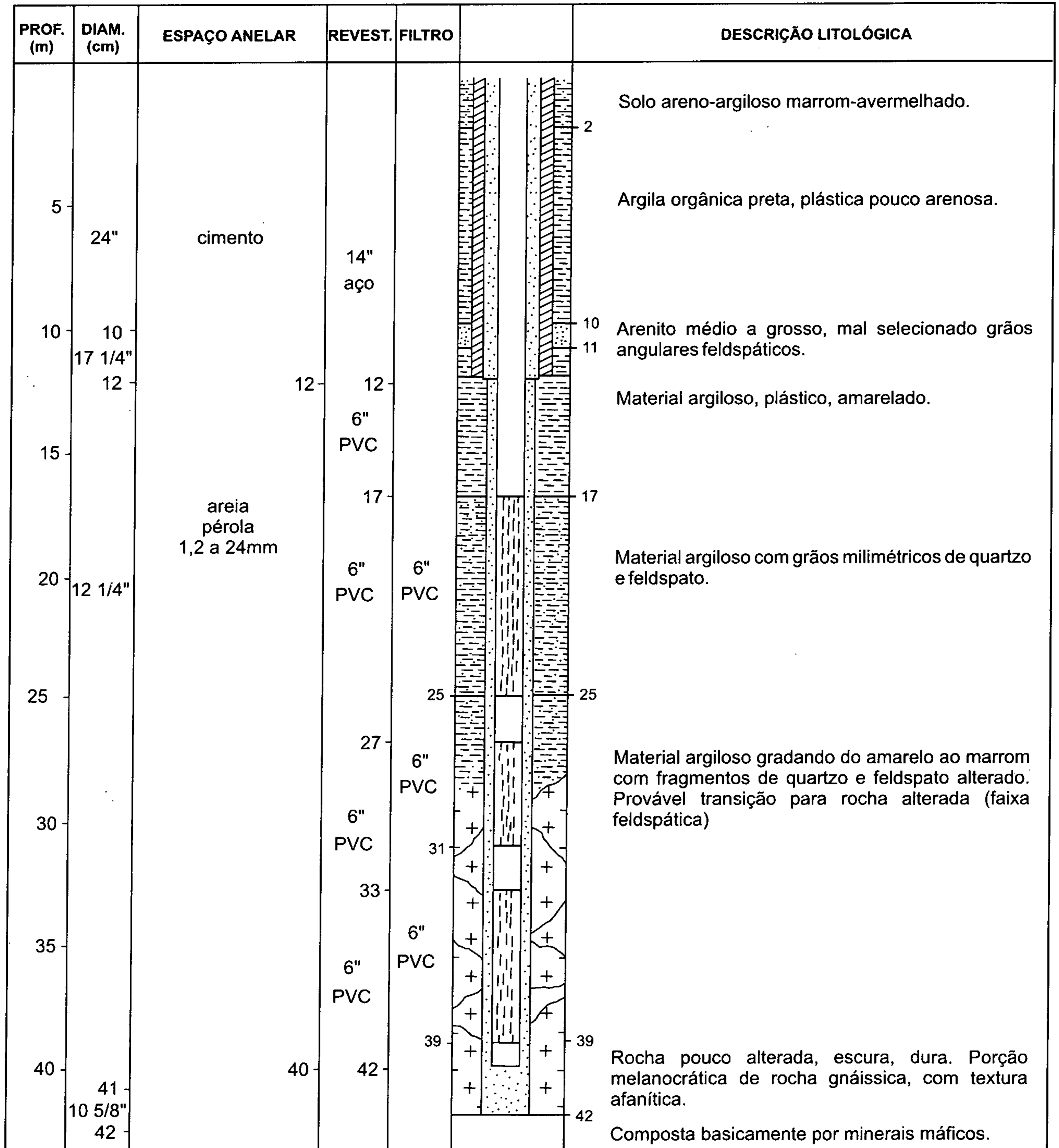
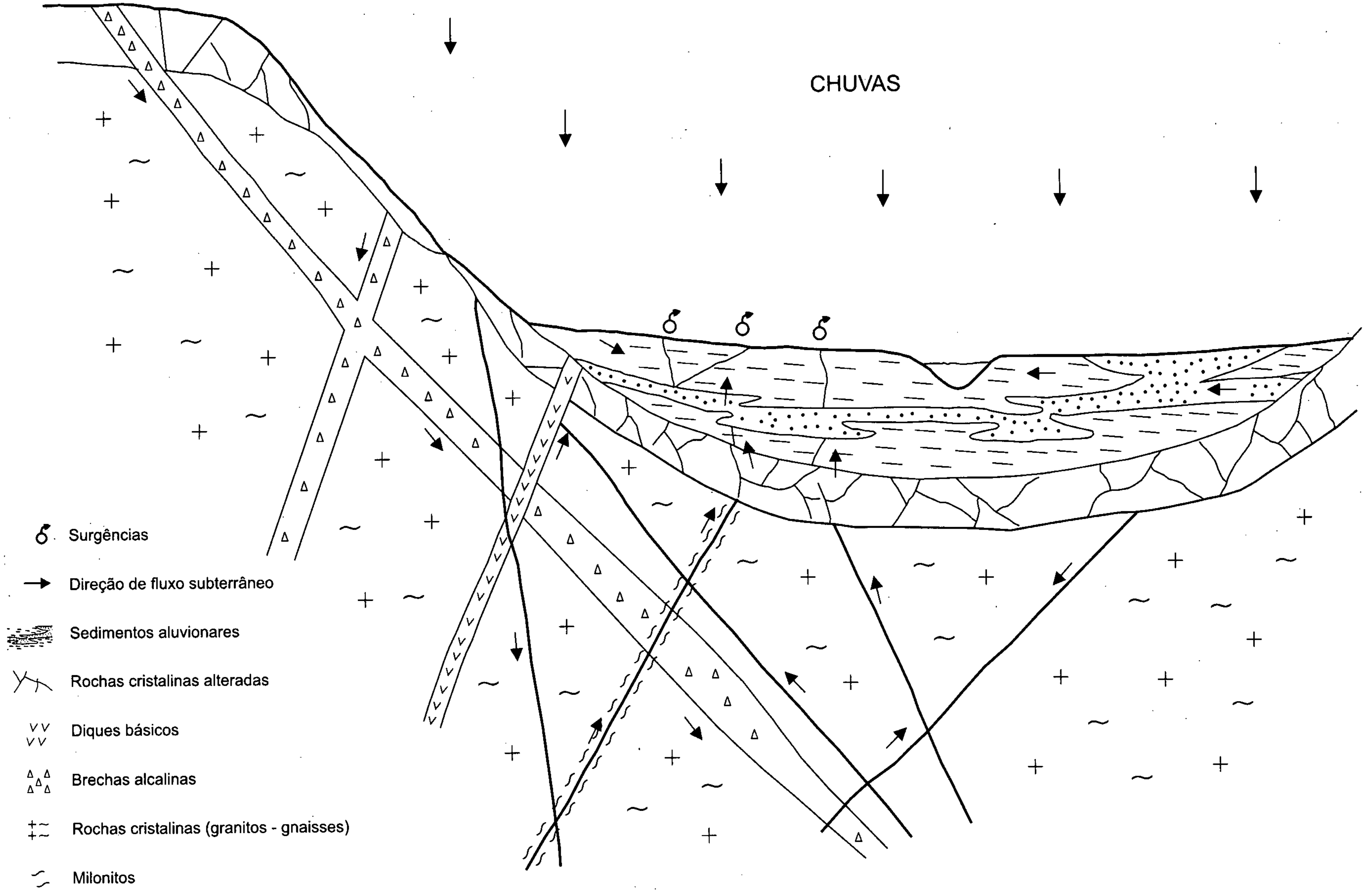


Fig. 40

CHUVAS



- ♂ Surgências
- Direção de fluxo subterrâneo
- ▨ Sedimentos aluvionares
- ⌵ Rochas cristalinas alteradas
- ∨∨ Diques básicos
- △△ Brechas alcalinas
- +~+ Rochas cristalinas (granitos - gnaisses)
- ~ Milonitos

Figura 41 - Modelo hipotético de circulação das águas subterrâneas nas proximidades das fontes.

A seleção de análises dentro da faixa de erro permissível baseou-se no valor da condutividade elétrica de acordo com os seguintes intervalos (Custódio, 1983, p. 54):

Conductividade					
$\mu\text{S/cm}$	50	200	500	2.000	> 2.000
Erro admissível	30	10	8	4	4
%					

Na avaliação da variação temporal da composição, utilizaram-se as antigas análises de forma reservada, somente como referência de ordem de grandeza.

Realizou-se um total de 100 coletas para análise físico-química e/ou bacteriológica de diversos parâmetros em 55 pontos, sendo que 41 foram de fontes hidrominerais (Águas de Contendas 03; Cambuquira 06; Marimbeiro 03; Caxambu 12; Lambari 06 e São Lourenço 12). Nem todas as análises sucessivas repetiram os mesmos parâmetros dos elementos traços ou menores. Todos os resultados, além dos levantados em diversas fontes, encontram-se no Catálogo Geral de Análises Físico-Químicas, disponível na CPRM - SUREG/BH.

10.5.1 - Composição Química

De maneira geral, as águas subterrâneas locais apresentam baixos teores de mineralização, compatíveis com os tipos litológicos predominantes (xistos, gnaisses e quartzitos) constituídos de minerais de restrita solubilidade.

Por outro lado, as águas das fontes hidrominerais, além da particularidade de possuírem anidrido carbônico dissolvido em grandes quantidades, apresentam níveis de mineralização variados, como se observa nos diagramas de Schoeller (figuras 42 e 43), que representam, de forma gráfica, as análises químicas de todas as fontes hidrominerais analisadas.

Observa-se, nesses diagramas, que as águas mostram aproximadamente uma mesma feição gráfica, principalmente entre as águas de Águas de Contendas, Caxambu e São Lourenço (figura 42), porém variados teores dos seus íons principais, resultantes de velocidades de fluxo, tempos de trânsito e interações água-rocha ligeiramente distintos.

As águas minerais estudadas são, em geral, bicarbonatadas alcalinas (figura 43), frias (média de 22,51 °C), carbogosas, não-radioativas a radioativas e algumas ferruginosas e/ou sulfurosas.

O quadro 19 apresenta os teores máximos, mínimos, médios e desvio padrão obtidos a partir dos resultados das análises das águas minerais realizadas durante as campanhas da CPRM no ano de 1993 e 1994, em Caxambu, e em 1995 e 1997 para as demais estâncias. Para pontos com mais de uma análise, considerou-se o valor médio.

O resíduo seco varia entre 20,0 e 1.480,0 mg/l, e a condutividade elétrica, entre 41,4 e 2.162,53 mS/cm (25 °C), sendo que os maiores valores são encontrados em algumas águas de Caxambu. O pH varia de 4,56 a 6,38, com uma média de 5,59.

A dureza total de 7,15 mg/l a 807,30 mg/l, e os maiores valores também são encontrados em algumas águas de Caxambu.

O bicarbonato atinge teores da ordem de 1.555,50 mg/l e um valor médio de 344,83 mg/l. Os cloretos e sulfatos ocorrem em quantidades relativamente baixas, alcançando valores máximos de 7,14 e 14,07 mg/l, respectivamente. Cálcio, sódio e potássio estão presentes com teores relativamente elevados em relação às águas naturais, alcançando valores máximos de até 295,00, 119,50 e 135,00 mg/l, e médios de 54, 18, 29, 12 e 31,74 mg/l, respectivamente.

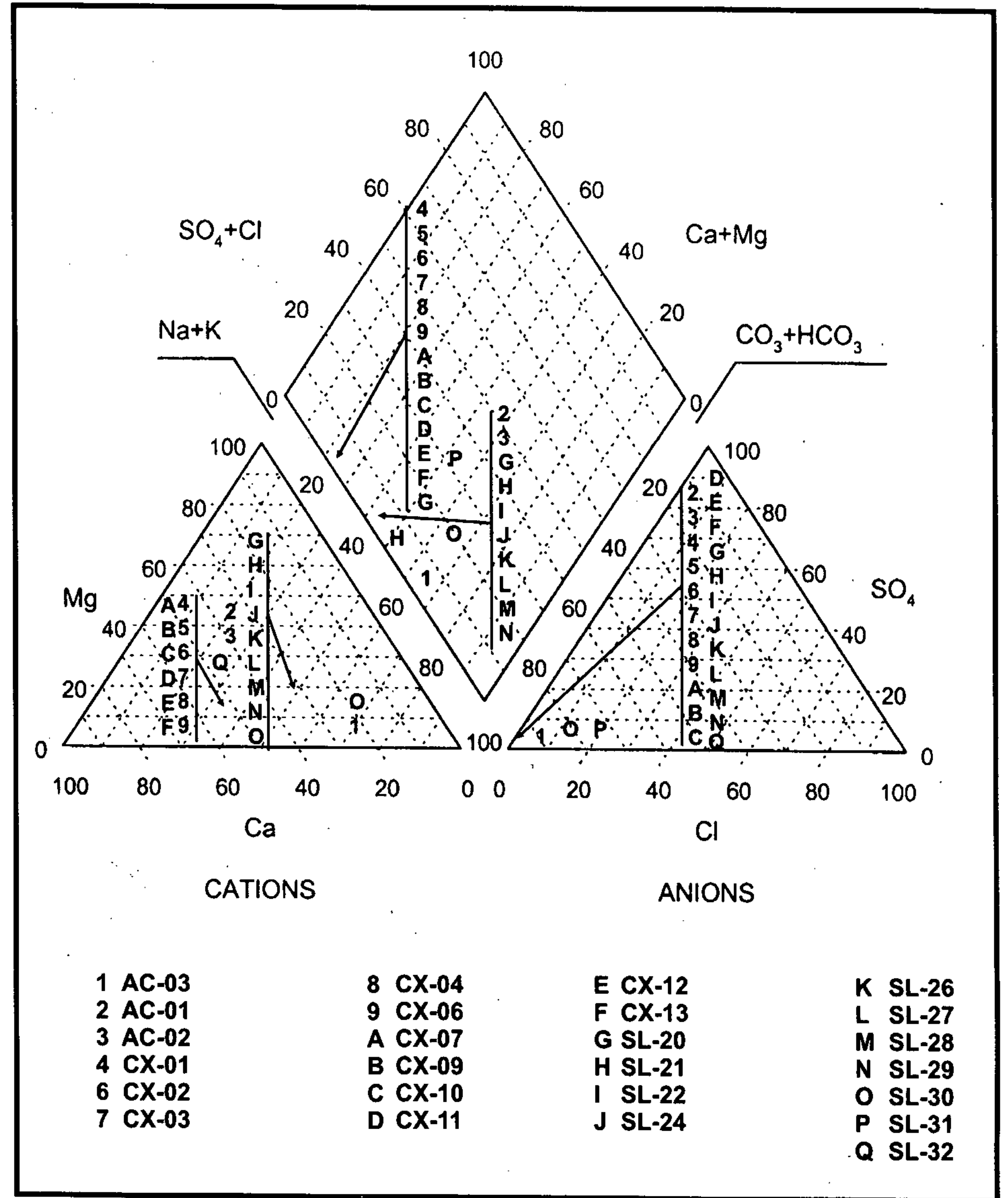
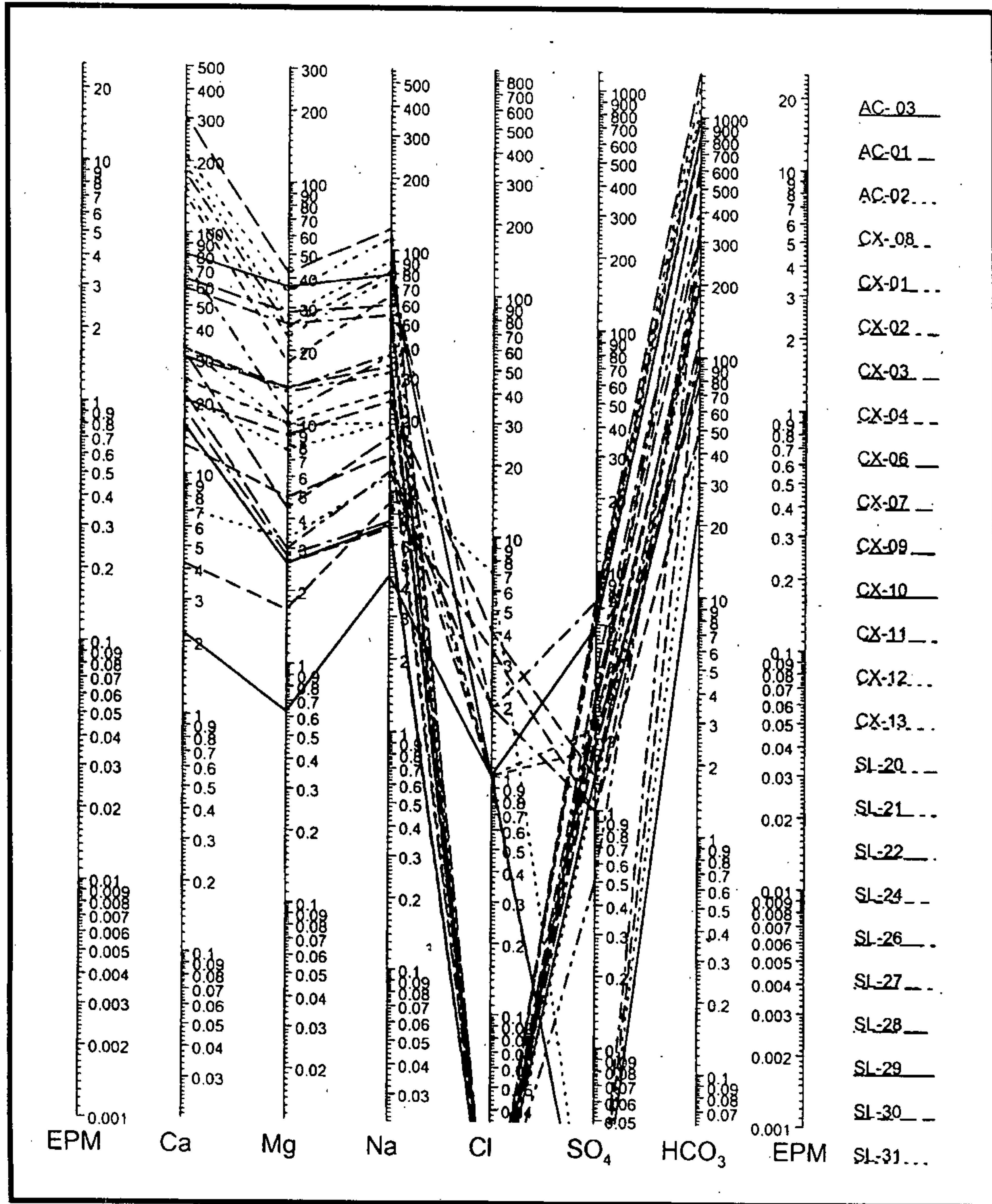


Figura 42 - Diagramas de Piper e Schoeller das águas minerais de Águas de Contendas, Caxambu e São Lourenço.

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	UNIDADES	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA	DESV. PAD.	NÚMERO DE PONTOS	NÚMERO TOTAL DE AMOSTRAS	QUANTIDADE DE AMOSTRAS ACIMA OU IGUAIS AOS LIMITES DA PORTARIA 1003 - RESOL.25
Temperatura	°C	27,30	19,30	22,25	1,681	41	82	
Turbidez	UT	23,50	0,15	5,06	6,153	41	74	32 (43 %)
Cor		20	0	7	6,057	40	60	11 (18 %)
pH		6,38	4,56	5,59	0,474	40	81	0
Condut. Elétrica	uS/cm a 25°C	2.162,53	41,40	526,26	565,268	41	82	
Resíduo Seco	mg/l 180°C	1.480,50	20,00	379,24	400,850	38	57	1 (2 %)
Dureza Total	mg/l CaCO ₃	807,300	7,15	182,55	200,294	41	41	
Radioatividade	Mache/l - 20°C	35,91	0,49	6,94	9,611	31	48	
Bicarbonato	mg/l HCO ₃ ⁻	1.555,50	9,46	344,83	407,256	41	74	
Carbonato	mg/l CO ₃ ⁼	0,00	0,00	0,00	0,000	41	75	
Cloretos	mg/l Cl ⁻	7,14	0,00	1,21	1,741	41	75	0
Sulfatos	mg/l SO ₄ ⁼	14,07	0,00	2,77	3,150	41	75	
Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	0,004	0,000	0,001	0,001	41	75	27 (36 %)
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	3,05	0,00	0,45	0,858	41	75	44 (59 %)
Cálcio	mg/l Ca ⁺⁺	295,00	1,14	54,18	72,723	41	75	
Magnésio	mg/l Mg ⁺⁺	40,25	0,52	11,49	11,413	41	75	
Sódio	mg/l Na ⁺	119,50	1,47	29,12	32,087	41	75	
Potássio	mg/l K ⁺	135,00	0,80	31,74	39,696	41	75	
Ferro Total	mg/l Fe ²⁺ +Fe ³	12,043	0,017	2,521	3,012	41	75	
Manganês	mg/l Mn ⁺⁺	0,704	0,017	0,180	0,161	41	75	50 (67 %)
Alumínio	mg/l Al	0,37	0,00	0,12	0,104	41	74	
Anidrido Carbônico	mg/l CO ₂	3.197,18	45,00	1.005,26	667,349	36	44	
Arsênio	mg/l As	0,000	0,000	0,000	0,000	31	46	0
Bário	mg/l Ba	1,000	0,000	0,257	0,245	41	60	1 (2 %)
Cádmio	mg/l Cd	0,004	0,000	0,001	0,001	33	58	0
Chumbo	mg/l Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	33	58	0
Cobre	mg/l Cu	0,043	0,000	0,004	0,008	37	51	0
Cromo Total	mg/l Cr	0,006	0,000	0,001	0,002	41	68	0
Fluoreto	mg/l F	4,19	0,00	0,65	0,954	38	57	15 (26 %)
Fosfato	mg/l P	0,390	0,000	0,083	0,093	40	74	
Lítio	mg/l Li	0,191	0,000	0,038	0,053	38	57	
Mercúrio	mg/l Hg	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	15	26	0
Níquel	mg/l Ni	0,020	0,000	0,005	0,006	36	54	
Prata	mg/l Ag	0,010	0,000	0,001	0,003	14	20	
Sílica	mg/l Si	50,585	0,549	19,334	12,582	34	53	
Zinco	mg/l Zn	0,088	0,003	0,022	0,022	31	46	0
Selênio	mg/l Se	0,000	0,000	0,000	0,0000	31	34	0
Sólidos Dissolvidos	mg/l	1.270,00	28,00	337,76	363,606	37	58	
Sulfetos	mg/l S	0,020	0,000	0,009	0,007	15	31	
Detergentes	mg/l	0,050	0,000	0,014	0,016	14	21	
Fenóis	mg/l Fn	0,002	0,000	0,000	0,001	14	28	
Nitrog. Amoniacal	mg/l N	3,650	0,000	0,468	0,703	41	75	52 (69 %)
Nitrog. Orgânico	mg/l N	0,500	0,000	0,084	0,094	40	72	39 (54 %)
Coliformes Totais	NMP	46	0			39	80	* 15 (19 %)
Coliformes Fecais	NMP	46	0			39	79	* 5 (6 %)
Estreptoc. Fecais	NMP	40	0			39	79	* 5 (6 %)

Obs. Para os pontos com mais de uma análise para determinado parâmetro, considerou-se o seu valor médio.

* A portaria que regulamenta os padrões da qualidade das águas minerais estabelece como padrão a ausência da bactéria

Quadro 19 - Resultados estatísticos das análises físico-químicas das fontes hidrominerais do Circuito das Águas.

Quanto aos constituintes menores ou traços, destacam-se: ferro total, com média de 2,521 mg/l e máximo de 12,043 mg/l; manganês, com média de 0,180 mg/l e máximo de 0,704 mg/l; alumínio, com teor médio de 0,12 mg/l e máximo de 0,37 mg/l; fluoretos, com média de 0,65 mg/l e máximo de 4,19 mg/l; sílica, com teor médio de 19,334 mg/l e máximo de 50,585 mg/l; bário, média de 0,257 mg/l e máximo de 1,000 mg/l. O nitrogênio ocorre principalmente sob a forma amoniacal e orgânica, com teores médios de 0,468 e 0,084 mg/l e máximos de 3,650 e 0,500 mg/l, respectivamente.

Uma das características das águas minerais das fontes estudadas é o elevado teor de gás carbônico, que chegou a apresentar 4.502,48 mg/l em Águas de Contendas.

A radioatividade natural das águas determina o teor de gás radônio (Rn^{222}), isótopo do Rádium (Ra^{226}). As medidas foram feitas diretamente nas fontes, porque a radioatividade diminui rapidamente quando a água deixa o ponto onde o radônio foi adicionado. Os resultados mostraram os maiores valores nas águas de Caxambu, chegando a atingir 44,9 unidades Mache (quadro 20). Nas demais estâncias, a radioatividade é baixa e, em algumas fontes (Magnesiana em Águas de Contendas, Fernandes Pinheiro em Cambuquira e Fonte 02 em Lambari), atinge níveis que as classificam como fracamente radioativas (entre 5 e 10 unidades Mache).

Em **Águas de Contendas** foram amostrados 6 pontos, sendo 3 as atuais fontes, 2 poços escavados e 1 nascente na bacia a montante do parque. As coletas foram feitas em 1994, 1995 e 1997, totalizando 11 amostras durante o período. Os resultados completos encontram-se no Catálogo Geral de Análises Físico-Químicas, disponível na CPRM - SUREG/BH, e o resumo dos principais parâmetros analisados encontra-se no quadro 21.

As águas das fontes hidrominerais são do tipo bicarbonatadas sódicas na fonte "Ferruginosa" e mistas nas fontes "Gasosa" e "Magnesiana" (figura 39); frias (média de 21,5 °C), carbogasosas, não-radioativas a fracamente radioativas (fonte "Magnesiana") e ferruginosas ("Ferruginosa" e "Gasosa").

A condutividade elétrica varia entre 63,03 e 345,00 mS/cm a 25 °C, o pH é ácido (entre 5,20 e 5,36) e a dureza total está entre 10,10 e 107,40 mg/l de $CaCO_3$. Predominam os íons bicarbonato com 24,40 a 195,20 mg/l, cálcio entre 4,43 e 22,99 mg/l, sódio entre 4,44 e 19,44 mg/l, potássio entre 2,47 e 8,21 mg/l e magnésio com 0,57 a 7,93 mg/l. O ferro total ocorre com valores de até 14,00 mg/l na fonte "Gasosa" e 6,68 mg/l na fonte "Ferruginosa". A radioatividade é baixa, com o máximo de 6,88 unidades Mache na fonte Magnesiana.

Dentre os elementos traços, destaca-se o anidrido carbônico dissolvido que chega a atingir 2.256 mg/l na fonte "Gasosa" e 4.502 mg/l na "Ferruginosa". O alumínio apresentou valores de 0,30 e 0,40 mg/l nas fontes "Ferruginosa" e "Gasosa" em 1994. A sílica ocorre com valores dentro dos limites de águas naturais entre 35,00 e 52,00 mg/l.

A avaliação no período de amostragem (1994 a 1997) mostra erros de análise acima do permitido nos resultados das amostras da fonte "Ferruginosa" (AC-01) em 1994 e 1995, principalmente por deficiência de ânions. Mesmo assim, as variações de composição entre os principais íons não foi grande. Todavia, a turbidez mostrou variações consideráveis nas fontes "Ferruginosa" e "Gasosa", possivelmente decorrentes da liberação, durante a coleta (1995), de incrustações ferromagnesianas existentes nas paredes das tubulações. Os teores de alumínio e nitrogênio amoniacal também apresentaram variações com o decréscimo do primeiro e incremento do segundo.

As demais águas da bacia são naturais, provenientes do aquífero intergranular aluvionar e do manto de intemperismo. Apresentam baixos teores de mineralização (resíduo seco < 55,0 mg/l) e pH ácido (< 5,33) como era de se esperar das águas presentes nesses aquíferos.

Em **Cambuquira**, as águas foram amostradas no Parque das Águas, em alguns poucos pontos vizinhos ao parque, nas fontes de Marimbeiro e em alguns poços escavados a montante. Foram

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

LOCALIDADE	FONTE	RADIOATIVIDADE (Mache/l)		
		1993	1994	1995
Águas de Contendas	Ferruginosa		1,37	1,93
	Gasosa		1,33	2,18
	Magnesiana			6,88
Cambuquira	Marimbeiro 1			2,30
	Marimbeiro 2			1,29
	Marimbeiro 3			3,90
	Regina Werneck			1,08
	Fernandes Pinheiro			9,33
	Souza Lima			2,85
	Augusto Ferreira			1,37
	Roxo Rodrigues			0,95
Caxambu	Leopoldina	2,51	3,75	
	Duque de Saxe	0,71	2,26	
	Beleza	2,31	2,83	
	D. Isabel	3,13	2,22	
	D. Pedro II	28,00	30,72	
	Viotti	44,90	30,83	
	Venâncio	9,81	2,12	
	Mayrink I	18,12	20,51	
	Mayrink II	19,19	19,75	
	Mayrink III	17,94	22,67	
	Tereza Cristina	11,44	4,85	
Lambari	Magalhães Pinto			4,55
	Fonte 02			3,81
	Fonte 03			6,10
	Fonte 04			4,93
São Lourenço	Soto Mayor			0,49
	Alcalina			0,06
	Andrade Figueira			0,97
	Oriente			0,87
	Vichy			0,97

Quadro 20 - Radioatividade natural nas águas minerais do Circuito das Águas.

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	NÚMERO DO PONTO											
	AC - 01			AC - 02			AC - 03		AC - 04	AC - 05	AC - 06	
	Local	Fonte Ferruginosa			Fonte Gasosa			Ft. Magnesiana	P. de Saúde	Av J. Barros	Faz. Santana	
Laboratório	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	
Data	Jul-94	Out-95	Jul-97	Jul-94	Out-95	Jul-97	Out-95	Jul-97	Jul-97	Jul-97	Jul-97	
% de erro da análise	20	20	12	9	9	8	3	1	13	19	20	
Temperatura °C	22,0	21,5	21,0	22,0	21,5	21,0	22,5	21,7		20,0	22,1	
Turbidez	8,0	44,0	5,0	2,0	37,0	5,0	0,5	0,3	1,0		2	
pH	5,2	5	4,87	5,36	5,3	4,87	5,2	4,74	5,33	5,12	5,19	
C. E. (uS/cm a 25°C)	208,00	188,70	221,00	345,00	366,60	338,00	63,03	48,30		30,00	18,90	
R. S. (180oC)	201,00		209,00	288,00		277,00		94,00	55,00	9,00	8,00	
Dur. Total (mg/l CaCO3)	86,80	58,30	68,20	107,40	100,40	140,00	10,10	10,80	19,40	4,00	5,40	
HCO3 - (mg/l)	97,60	104,20	118,34	195,20	187,10	195,20	25,62	24,40	18,30	3,66	4,88	
Cl - (mg/l)	ND	< 0,30	1,02	ND	< 0,30	ND	< 0,30	1,02	13,26	3,06	1,02	
SO4= (mg/l)	1,40	1,25	ND	2,10	< 1,00	1,20	< 1,0	ND	2,10	ND	ND	
NO2 - (mg/l)	ND	< 0,001	0,001	ND	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,004	0,001	0,001	
NO3 - (mg/l)	0,02	< 0,01	0,15	ND	< 0,01	0,05	0,03	0,13	2,55	0,44	0,23	
Ca++ (mg/l)	12,50	12,51	13,35	22,50	22,99	21,11	1,98	2,19	4,43	0,74	0,69	
Mg ++ (mg/l)	4,20	4,55	4,93	7,40	7,93	7,78	0,57	0,63	0,80	0,23	0,44	
Na + (mg/l)	12,40	13,29	14,16	19,40	19,32	19,44	4,44	4,45	8,18	1,93	0,98	
K = (mg/l)	5,70	5,85	6,05	8,20	8,21	8,01	2,47	2,54	6,30	1,67	0,85	
Ferro Total (mg/l)	6,150	6,680	6,590	14,000	9,130	13,000	0,080	0,101	0,164	0,035	0,035	
Mn ++ (mg/l)	0,290	0,370	0,243	0,500	0,340	0,429	0,030	0,036	0,021	0,005	0,011	
Al (mg/l)	0,30	0,08	0,03	0,40	0,33	0,02	0,02	0,01				
CO2 (mg/l)	1.711,01		2.256,60	1.891,88		4.502,48		800,60	96,26	48,35	45,02	
Ba (mg/l)	0,050	0,058	0,050	0,030	ND	0,050	< 0,05	< 0,05		< 0,05	< 0,05	
F (mg/l)	0,34		0,24	0,31		0,24		0,12		ND	0,02	
P (mg/l)	0,15	0,26	0,46	0,20	ND	0,46	0,28	0,35		0,14	0,01	
Li (mg/l)	0,008		ND	0,012		ND	ND	ND				
Si (mg/l)	41,50		46,85	49,00		52,17		35,00	3,28	3,157	5,30	
Zn (mg/l)	0,045	0,041		0,029	0,030		0,004					
Se (mg/l)	< 0,01		ND	< 0,01		ND	ND	ND				
S (mg/l)	0,000			0,000								
N. Amoniacal (mg/l)	ND	0,30	0,43	ND	< 0,1	0,43	1,10	0,24				
N. Orgânico (mg/l)	0,08	< 0,1	0,06	0,04	0,20	0,06	< 0,1					

Obs.: ND = Não Detectado.

Quadro 21 - Principais características físico-químicas das águas de Águas de Contendas.

feitas 20 coletas (1995 e 1997) em 12 pontos, sendo 9 em fontes hidrominerais. Também foi analisada a fonte da fazenda Laranjal, na bacia vizinha do córrego Cambuquira. Os resultados completos encontram-se no Catálogo Geral de Análises Físico-Químicas, disponível na CPRM - SUREG/BH, e o resumo dos principais parâmetros analisados encontra-se no quadro 22.

As águas minerais são do tipo bicarbonatadas cálcicas (fontes Laranjal, Marimbeiro 1, 2 e 3 e Souza Lima), sódica (fonte Regina Werneck) e mistas (fontes Fernandes Pinheiro, Augusto Ferreira e Roxo Rodrigues), como se observa na figura 45. Também são frias (média de 21 °C), carbogasosas, não radioativas a fracamente radioativa (fonte Fernandes Pinheiro) e ferruginosas (fontes Laranjal, Marimbeiro 1, 2 e 3, Fernandes Pinheiro e Souza Lima).

As 3 fontes de Marimbeiro estão muito próximas e têm praticamente a mesma composição química, inclusive quanto aos íons menores analisados. Juntamente com a fonte da fazenda Laranjal, formam um grupo distinto do parque de Cambuquira, mostrando uma maior mineralização das águas. O resíduo seco está entre 183,0 e 456,0 mg/l, o pH é ácido (5,44 a 5,7) e predominam os íons bicarbonato (170,6 a 430,1 mg/l), cálcio (31,43 a 86,46 mg/l), sódio (11,26 a 17,44 mg/l), magnésio (8,65 a 19,57 mg/l) e potássio (8,59 a 10,26 mg/l). As águas são frias (21,0 °C, em média), carbogasosas, não radioativas e ferruginosas com até 5,075 mg/l de Fe total na fazenda.

PARÂMETROS	NÚMERO DO PONTO																														
	CB - 01			CB - 02			CB - 03			CB - 09	CB - 04				CB - 05			CB - 06			CB - 07			CB - 08				CB-10	CB-11	CB-13	
Local	Marimbeiro 1			Marimbeiro 2			Marimbeiro 3			Laranjal	Pt. Regina Wernick				Pt. Andrade Ferreira			Pt. Fernandes Pinheiro			Pt. Souza Lima				Pt. Roxo Rodrigues				Fl. J. Cardoso	Figueiras	Avibras
Laboratório	A.Schaeffer	CPRM	CPRM	A.Schaeffer	CPRM	CPRM	A.Schaeffer	CPRM	CPRM	CPRM	A.Schaeffer	CPRM	CPRM	CPRM	A.Schaeffer	CPRM	CPRM	Mín. de Agric.	CPRM	CPRM	A.Schaeffer	CPRM	CPRM	Mín. de Agric.	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM
Data	1915	Ago-89	Out-95	1915	Out-95	Jul-97	1915	Ago-89	Out-95	Jul-97	1915	Out-95	Ago-96	Jul-97	1914	Out-95	Jul-97	Dez-41	Out-95	Jul-97	1914	Out-95	Jul-97	Jul-41	Out-95	Ago-96	Jul-97	Jul-97	Jul-97	Jul-97	Jul-97
de erro da análise	2	1	5	13	4	4	6	2	7	1	171	11	0	38	0	5	23	6	5	29	8	8	16	10	25	3	185	6	3	1	
Temperatura °C	20,0		21,5	19,9	21,0	20,8	19,8		21,0	20,0	21,4	21,5		21,7	21,1	21,0	21,9		21,0	21,4	21,1	21,4	21,4		21,0		21,8	20,4	20,0	19,4	
Turbidez		0,0	21,0		16,0	5,0		0,0	14,0	1,0		14,0		5,0		0,3	5,0		9,0	5,0		4,1	5,0		0,1		5,0	1,0			
pH		7,40	5,6		5,7	5,6		7,00	5,7			4,8	3,6	5,76		4,3	6,63	6,1	5,5	6,00		5,2	5,44		4,5	3,85			5,00	6,9	
E. (uS/cm a 25°C)		400,0	323,50		359,00	394,00		300,00	305,40	596,00		80,80		43,70		54,50	39,30		119,90	140,60		54,10	74,50		45,80		37,00	14,30	167,60	66,00	
R. S. (180°C)		236,00			283,00		183,00		456,00			21,50	49,00			20,00	137,20		148,00			58,00	78,00		28,00	34,00	27,00	124,40			
Acidez (mg/l CaCO3)			143,90		156,30	180,00		125,26	125,10	320,00		7,60	7,52	6,80		6,90	7,40		41,80	60,00		27,90	27,00		8,90	8,84	8,60	4,80		31,40	
HCO3 ⁻ (mg/l)	343,58	240,14	199,50	340,76	217,30	237,90	472,68	170,52	170,60	430,05		8,54	12,69	18,30	32,32	10,37	8,54	96,00	85,40	67,10	100,80	41,48	30,50	57,78	17,08	15,80	NA	6,10	8,54	36,60	
Cl ⁻ (mg/l)	1,11	1,55	< 0,30	1,11	< 0,30	ND	1,15	0,90	< 0,30	ND	0,89	1,42	0,41	ND	0,71	< 0,30	ND	ND	< 0,30	ND	1,55	< 0,30	ND	ND	< 0,30	0,25	ND	1,02	27,54	5,10	
SO4 ⁼ (mg/l)	2,15	4,26	3,20	2,22	3,20	2,70	2,29	3,73	5,10	2,34	0,32	< 1,00	0,15	ND	0,61	< 1,0	ND	0,80	1,30	ND	0,79	1,50	ND	ND	< 1,0	0,08	ND	ND	3,90	ND	
NO2 ⁻ (mg/l)		0,00	< 0,001	0,000	< 0,001	< 0,001		0,00	< 0,001	< 0,001		< 0,001	0,00	< 0,001		0,003	ND	ND	0,002	0,004		0,004	ND	ND	< 0,001	0,00	< 0,001	ND	0,004	0,001	
NO3 ⁻ (mg/l)		0,00	< 0,01	0,00	< 0,01	0,35	0,00	0,30	< 0,01	ND		0,47	2,26	1,99		0,36	0,67	0,20	< 0,01	0,29		< 0,01	0,21	ND	0,28	0,64	0,63	ND	7,07	ND	
Ca ⁺⁺ (mg/l)	58,43	38,92	36,82	67,41	39,52	44,40	84,99	34,95	31,43	86,46	3,00	1,11	1,70	1,21	4,00	1,14	1,14	10,00	9,25	9,54	18,93	7,41	4,36	5,40	1,26	2,20	1,70	0,57	3,60	9,54	
Mg ⁺⁺ (mg/l)	15,53	11,80	8,50	17,86	10,45	10,84	22,08	8,80	8,61	19,57	0,92	0,50	0,78	0,53	1,41	0,56	0,50	3,30	2,97	2,90	1,98	1,22	1,02	1,50	0,62	0,82	0,56	0,53	1,82	0,51	
Na ⁺ (mg/l)	21,30	20,00	12,20	19,82	13,75	14,78	28,73	4,03	11,26	17,44	3,29	2,14	2,10	2,33	4,69	1,36	1,58	18,40	13,30	12,98	4,70	2,20	2,41	11,10	1,60	1,60	1,91	0,97	15,10	3,24	
K ⁺ (mg/l)	18,17	12,00	8,74	16,64	10,26	10,41	20,27	10,80	8,59	9,10	1,48	0,71	0,71	0,90	1,44	0,81	0,79	4,70	4,14	4,12	3,55	1,60	1,70	6,80	1,42	1,30	1,50	0,78	4,93	1,72	
Ferro Total (mg/l)		0,12	1,610	6,590	1,720	2,12	9,72	0,78	2,180	5,075	0,047	0,020	0,00	0,029	0,07	0,021	0,036		1,860	1,755	8,813	2,876	3,010		0,014	0,00	0,022	0,035	0,420	1,021	
Mn ⁺⁺ (mg/l)		0,02	0,060	0,160	0,070	0,069	0,123	0,03	0,070	0,160		0,020	0,016	0,014		0,022	0,016	0,00	0,180	0,179	0,062	0,049	0,041	0,00	0,025	0,02	0,021	0,004	0,125	0,030	
Al (mg/l)		0,03	0,10	0,52	0,04	ND	0,68	0,12	0,04	ND	0,28	0,11	0,05	0,081	0,24	0,14	0,05	0,90	0,40	0,046	0,27	0,39	0,36	0,90	0,40	0,00	0,02	ND	0,08		
CO2 (mg/l)	1.906,0			2.115,0			2.188,0			1.700,0	1.881,0			50,00	389,74					140,00	1.455,4		75,00				45,00	17,11	139,14	8,20	
Ba (mg/l)		0,10	0,096		0,089	0,080		0,100	0,069	0,090		< 0,05	0,02	< 0,05		< 0,05	< 0,05		0,118	0,100		< 0,05	< 0,05		0,080	0,07	0,060	0,090	0,130	< 0,05	
F (mg/l)		0,44				0,30		0,30		0,30			0,00	0,04			0,03			0,07			0,03			0,00	ND	0,30	0,02	0,04	
P (mg/l)	0,13	0,00	0,08	0,13	0,12	0,22	0,14	0,00	< 0,01	0,13	ND	< 0,01	0,00	0,03		< 0,01	0,11		ND	0,05		< 0,01	0,11		< 0,01	0,02	0,06	0,13	0,03	0,03	
Si (mg/l)	21,92	27,60		22,73		34,84	26,81	33,80			5,06		12,19	6,53	3,77		6,28	47,20		37,17	29,00		12,75	14,60		20,54	10,93		4,82	3,74	
N. Ammoniacal (mg/l)		0,00	0,20		0,40	0,79		0,00	0,20	0,55		0,10	0,00	0,08		< 0,1	0,23	ND	< 0,1	0,35		< 0,1	0,17	ND	< 0,1	0,00	0,17	0,55	0,52		
N. Orgânico (mg/l)			< 0,1		0,40	ND			ND	ND		0,30		ND		< 0,1	0,09		0,30	ND		< 0,1	ND		0,20	0,00	0,04	ND	ND		

Obs.: ND = Não Detectado.

Quadro 22 - Principais características físico-químicas das águas de Cambuquira e Marimbeiro.

Laranjal. A sílica ocorre com até 34,84 mg/l na fonte 02, e o nitrogênio amoniacal encontra-se presente em todas as fontes com valores entre 0,20 e 0,79 mg/l.

As águas das fontes situadas no Parque das Águas de Cambuquira são pouco mineralizadas, com resíduo seco variando entre 20,00 e 148,00 mg/l, o pH é ácido a ligeiramente ácido (3,95 a 6,63), predominam os íons bicarbonato (8,54 a 85,40 mg/l), sódio (1,36 a 13,30 mg/l), cálcio (1,1 a 9,5 mg/l) e potássio (0,7 a 4,1 mg/l). As águas são frias (média de 21,4 °C), carbogasosas, não-radioativas a fracamente radioativa (9,33 Mache - Fernandes Pinheiro). O ferro ocorre nas fontes Souza Lima e Fernandes Pinheiro, com teores de até 3,01 mg/l (Souza Lima-1997).

Dentre os elementos traços, destacam-se o alumínio com até 0,40 mg/l (Fernandes Pinheiro, Souza Lima e Roxo Rodrigues-1995). Os teores de sílica em geral são baixos (< 12,75 mg/l), exceto na fonte Fernandes Pinheiro com 37,17 mg/l. O nitrogênio amoniacal encontra-se presente em praticamente todas as fontes com valores entre 0,08 e 0,35 mg/l.

A observação de análises anteriores a este estudo, principalmente as realizadas por Alfred Schaeffer, em 1914, indica que ocorreu uma diminuição no grau de mineralização das águas de praticamente todas as fontes. As variações observadas durante o período de coleta (1995 e 1997) não chegam a ser significativas e podem estar relacionadas a algum tipo de sazonalidade ou de erros de análise.

As demais águas amostradas são águas naturais de poços escavados em sedimentos aluvionares próximos a núcleos urbanos, exceto a fonte João Cardoso, que capta uma água potável de mesa da rocha quartzítica. Em geral, são águas do lençol freático com baixos teores de mineralização e sujeitas a alterações químicas de águas infiltrantes contaminadas, como ocorre com o poço em Figueiras, que apresenta uma água cloretada sódica com presença de nitratos e coliformes.

Em **Caxambu** foram amostrados 14 pontos, sendo 12 fontes hidrominerais e um poço tubular e um escavado, próximos ao Parque das Águas. Foram feitas 39 coletas entre 1993 e 1994 e, em alguns pontos, em 1996. Os resultados completos encontram-se no anexo Catálogo Geral de Análises Físico-Químicas, disponível na CPRM - SUREG/BH, e o resumo dos principais parâmetros analisados encontra-se no quadro 23.

As águas minerais são do tipo bicarbonatadas cálcicas com variados teores de mineralização dos seus principais componentes (figura 46). As águas são frias (entre 23,5 e 25,5 °C), exceto a do poço intermitente ("Gêiser"), que é considerada hipotermal (27,0 °C). A radioatividade em geral é baixa, excetuando-se as fontes D. Pedro, Viotti e Mayrink, que apresentaram valores entre 20 e 45 unidades Mache, podendo ser classificadas como radioativas. Também, de forma geral, apresentam elevados teores de anidrido carbônico dissolvido (> 875,3 mg/l) e algumas fontes (D. Isabel, Duque de Saxe, Beleza, Venâncio, Teresa Cristina e o "Gêiser") apresentaram elevados teores de ferro e manganês (> 3,76 e > 0,26 mg/l, respectivamente).

A condutividade elétrica é bastante variada, refletindo a diversidade das águas quanto à quantidade de íons dissolvidos e situa-se entre 130,00 e 2.300,00 mS/cm a 25 °C. O resíduo seco encontra-se entre 104,00 e 1.509,00 mg/l, a dureza total está entre 45,80 e 820,00 mg/l de CaCO₃ e o pH é ácido a ligeiramente ácido (5,2 a 6,4). Predominam os ânions bicarbonato com 48,80 a 1.586,00 mg/l e sulfato com até 10,86 mg/l. Dentre os cátions, o cálcio se destaca com 15,00 a 310,00 mg/l, sódio com 7,00 a 123,00 mg/l, potássio entre 9,20 e 142,00 mg/l e magnésio com 2,20 a 42,00 mg/l.

Quanto aos outros elementos, destaca-se a presença do anidrido carbônico, característica particular das águas minerais da região, que atinge valores bastante elevados em todas as fontes (entre 875,90 e < 1.750,00 mg/l), sendo que os menores são os das fontes Mayrink. O ferro total chega a 8,8 mg/l (fonte D. Isabel), e o manganês, a 0,58 mg/l ("Gêiser"). O flúor ocorre com teores bastante altos, atingindo valores de até 5,53 mg/l (fonte Teresa Cristina); o alumínio, bastante freqüente, aparece com valores de até 0,50 mg/l (fontes Viotti, Venâncio e Mayrink II); o bário,

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	NÚMERO DO PONTO																																						
	CX - 01			CX - 02				CX - 03			CX - 04			CX - 05			CX - 07				CX - 08		CX - 09			CX - 10			CX - 11		CX - 12		CX - 13		CX - 14		CX - 15		
	Ft. Leopoldina			Ft. Duque de Saxe				Ft. Belaza			Ft. D. Isabel			Ft. D. Pedro II			Ft. Viotti				Ft. Venâncio		Ft. Mayrink I			Ft. Mayrink II			Ft. Mayrink III		Ft. T. Cristina		Getzer		Hotel Glória		Av. F. Pelxoto		
Local																																							
Laboratório	A. Schaeff	CPRM	CPRM	A. Schaeff	CPRM	CPRM	CPRM	A. Schaeff	CPRM	CPRM	A. Schaeff	CPRM	CPRM	A. Schaeff	CPRM	CPRM	A. Schaeff	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	A. Schaeff	CPRM	CPRM	A. Schaeff	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	
Data	Fev-14	Out-93	Ago-94	Fev-14	Out-93	Jul-94	Ago-94	Fev-14	Out-93	Jul-94	Fev-14	Out-93	Ago-94	Fev-14	Out-93	Jul-94	Fev-14	Out-93	Jul-94	Ago-94	Out-93	Jul-94	Fev-14	Out-93	Jul-94	Fev-14	Out-93	Jul-94	Out-93	Jul-94	Out-93	Jul-94	Out-93	Jul-94	Out-93	Jul-94	Out-93		
% de erro da análise	4	1	3	3	3	6	3	4	3	6	8	7	14	4	10	0	0	5	1	5	7	6	2	6	4	6	5	4	6	21	4	1	5	0	25	28	21		
Temperatura °C	22,80	22,00	23,90	23,30	23,90		23,90	23,30	23,50	23,50	21,60	23,00	23,90	23,00	23,00	23,90	23,20	24,30			25,00	25,50	24,30	24,00	25,00	25,70	24,50	25,00	25,00	25,00	21,20	24,50	27,60	27,00					
Turbidez		0,30	0,40		0,50	10,00	0,20		6,70	10,00		1,60	2,00		0,20	0,10		1,50	0,20	0,20	2,00	6,00		0,40	0,60		0,60	0,70	0,80	0,20	3,10	5,00	6,40	10,00	0,40	0,70	0,10		
pH		5,70	5,67		6,10		6,07		6,20	6,35		5,90	5,91		6,60	5,62		5,30	5,41		6,10	6,18		5,30	5,15		5,30	5,40	5,30	5,45	6,20	6,24	6,30	6,34	6,10	6,30			
C. E. (uS/cm a 25°C)	614,80	650,00		1.315,00		1.530,0		1.977,6	2.300,0		1.123,2	1.330,0		384,00	415,00		218,40	####		1.425,0	1.500,0		219,30	159,00		140,00	146,00	130,00	146,00	1.782,0	1.910,0	1.729,0	2.170,0	96,00	106,91	265,00			
R. S. (180oC)	560,40	467,00	449,00	1.140,0	1.023,0	1.462,0	971,00	1.557,0	1.509,0	1.452,0	1.083,0	882,00	781,00	250,40	252,00	241,00	170,40	151,00	####	129,00	1.038,0	1.029,0	141,60	142,00	118,00	120,00	113,00	108,00	104,00	107,00	1.263,0	1.257,0	1.389,0	1.847,0	113,00	176,00	112,00		
Dureza (mg/l CaCO3)	152,40	250,00		156,60	350,00	550,00		884,80	350,00		454,60	460,00		164,60	124,60		103,00	73,00	120,00	588,00	580,00		72,60	54,00		52,10	65,60	50,00	56,00	48,60	709,80	690,00	794,60	820,00	25,20	39,40	30,60		
HCO3 - (mg/l)	530,46	451,40	427,00	1.160,1	1.037,0	1.588,0	1.000,4	1.583,4	1.525,0	1.586,0	1.065,0	793,00	744,20	239,30	225,70	195,10	155,50	131,78	####	122,00	1.000,4	988,20	131,84	48,80	101,82	100,20	87,84	90,70	85,40	75,71	1.232,2	1.127,7	1.378,6	1.345,1	25,82	30,02			
Cl - (mg/l)	1,04	0,50	0,00	1,08	1,99	0,00	1,93	2,38	2,99	0,00	1,43	1,99	0,00	1,19	1,50	0,00	1,14	3,39	2,49	1,99	2,49	0,00	1,04	1,50	0,00	0,59	0,50	0,00	0,00	0,00	1,99	0,00	1,50	0,00	7,88	3,49	30,93		
SO4= (mg/l)	3,29	2,70	3,00	7,57	7,40	7,50	7,50	10,86	10,00	7,50	8,15	9,80	8,10	1,73	1,80	2,40	1,24	1,30	2,10	1,00	9,30	6,50	1,84	40,00	1,80	1,07	0,00	1,40	0,00	2,10	10,00	8,48	7,50	6,71	0,00	0,00	1,00		
NO2 - (mg/l)		0,00	0,00		0,00	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,01		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
NOS - (mg/l)		0,04	0,09		0,00	0,00	0,00		0,00	0,00		0,04	0,06		0,04	0,11		0,06	0,09	0,09	0,04	< 0,02		0,06	0,06		0,05	< 0,02	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,92	0,19	13,20		
Ca++ (mg/l)	90,18	75,50	78,00	205,38	192,50	310,00	180,00	276,41	280,00	310,00	185,58	145,00	146,00	41,09	43,00	32,90	25,00	25,00	21,00	22,20	185,00	155,00	20,72	18,00	19,00	16,38	15,00	16,00	15,00	16,50	227,60	193,60	260,00	214,20	6,00	5,00	7,00		
Mg ++ (mg/l)	15,92	12,40	11,00	30,53	25,50	42,00	25,00	40,71	88,50	42,00	27,67	19,50	18,00	6,50	6,30	4,45	4,02	3,70	3,00	3,00	27,00	23,00	3,45	2,60	2,60	2,71	2,30	2,60	2,20	2,60	31,50	27,86	35,00	35,00	2,35	2,00	1,80		
Na + (mg/l)	47,05	35,00	37,00	95,52	80,00	123,00	62,00	128,35	116,00	123,00	94,89	62,00	65,00	20,88	19,60	16,81	12,42	11,60	12,00	12,00	77,00	77,00	12,40	8,00	7,50	9,34	7,20	7,20	7,00	7,00	94,00	90,68	106,00	112,65	6,25	6,30	2,40		
K = (mg/l)	49,93	40,00	38,00	109,09	100,00	128,00	96,00	153,25	142,00	128,00	100,87	82,00	79,00	25,88	24,40	19,56	16,27	13,00	12,00	12,10	96,00	93,00	15,76	12,20	10,00	12,77	10,70	9,40	10,00	9,20	119,00	106,72	130,00	138,97	4,10	3,70	10,00		
Ferro Total (mg/l)	0,20	0,18	0,21	1,69	0,73	4,00	0,82	6,22	4,80	4,00	18,80	10,00	8,80	0,16	0,02	0,04	0,12	0,02	0,09	0,04	2,50	2,30	0,09	0,09	0,07	0,08	0,02	0,03	0,02	0,03	5,00	3,97	4,30	3,76	0,02	0,04	0,02		
Mn ++ (mg/l)	0,00	0,02	0,01	0,06	0,29	0,32	0,26	0,08	0,37	0,32	0,18	0,48	0,40	0,00	0,06	0,04	0,00	0,05	0,03	0,04	0,27	0,21	0,00	0,20	0,20	0,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,51	0,40	0,58	0,52	0,00	0,00	1,00
Al (mg/l)	1,56	0,00	0,32	1,71	0,00	0,40	0,32	1,80	0,20	0,40	1,61	0,00	0,30	0,62	0,00	0,36	0,44	0,00	0,50	0,37	0,00	0,50	1,58	0,00	0,40	0,48	0,10	0,50	0,00	0,20	0,00	0,38	0,10	0,42	0,00	0,40	1,00		
CO2 (mg/l)	2,000		1.810	2.155			1.728	2.351	> 1.000,0	1.653	2.311		1.842	1.693		1.467	1.058			1.302	> 1.750,0	1.599	871,6		1.006	801,7		875,9		875,9	> 900,00	1.732	> 650,00	1.202	0,0	28,0			
Ba (mg/l)			0,80			0,55	0,80				0,55		0,43			0,15			0,28	0,35		0,60			0,32		0,29		0,35		0,39		1,00		0,80				
F (mg/l)		0,36	0,25		1,50	2,90	1,20		2,90	2,90		1,80	1,40		0,43	0,57		0,30	0,40	0,10	1,90	2,40		0,26	0,28		0,20	0,26	0,19	0,23	2,85	5,53	2,85	2,88	0,16	0,14	0,10		
P (mg/l)	0,24	0,03	0,05	0,25	0,09	0,07	0,10	0,47	0,04	0,07	0,47	0,37	0,41	0,00	0,00	0,06	0,00	0,02	0,02	0,00	0,04	0,07	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,14	0,00	0,14	0,00	0,00	
Li (mg/l)		0,03	0,35		0,08	0,12	0,09	0,00	0,11	0,12	0,00	0,07	0,06	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	0,06	0,08	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,10	0,10	0,10	0,11	0,01	0,01	0,00	
Si (mg/l)	46,00	20,00	18,00	46,30	22,50	29,50	19,00	67,16	30,00	29,50	67,36	30,00	31,00	21,00	12,00	11,00	18,60	12,00	11,50	8,00	22,50	22,00	11,00	9,00	9,00	16,50	9,50	9,00	9,50	10,00	29,00	25,03	29,00	28,00	22,00	20,00	2,50		
Zn (mg/l)		0,03	0,03		0,01	0,01	0,01		0,02	0,01		0,01	0,01		0,01	0,01		0,04	0,01	0,01	0,02	0,01			0,01		0,04	0,01	0,02	0,02	0,06	0,09	0,08	0,09	0,03	0,01	0,07		
Se (mg/l)						< 0,01				0,00						< 0,01			< 0,01						< 0,01			< 0,01										< 0,01	
S (mg/l)		0,00	0,02		0,00	0,04	0,02		0,00	0,01		0,02	0,02		0,00	0,01		0,01	0,03	0,00	0,01	0,02		0,01	0,02		0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01					
N. Amomiacal (mg/l)		0,34	0,08		0,25	0,02	0,14		0,42	0,02		0,34	0,14		0,20	0,00		0,08	0,04	0,08	0,25	0,02		0,14	0,00		0,19	0,00	0,14	0,00	0,28	0,02	0,28	0,19	0,19	0,08	0,41		
N. Orgânico (mg/l)			0,14		0,19	0,00	0,00		0,35	0,00		0,08	0,09		0,20	0,02		0,08	0,00	0,00	0,06	0,02		0,20	0,00		0,19	0,00	0,29	0,04	0,29	0,04	0,20	0,04	0,18	0,00	0,16		

Obs.: ND = Não Detectado.

Quadro 23 - Principais características físico-químicas das águas de Caxambu.

também freqüente, com valores de até 1,000 mg/l ("Gêiser"); o nitrogênio foi detectado em todas as fontes e ocorre principalmente sob a forma amoniacal e orgânica, alcançando teores de até 0,42 e 0,35 mg/l, respectivamente. A sílica varia entre 9,0 e 31,0 mg/l, e o fosfato ocorre com valores de até 1,30 mg/l de PO₄ (fonte D. Isabel).

A comparação dos resultados com as análises realizadas por Alfred Schaeffer, em 1914, revela que houve uma diminuição do teor de resíduo seco em praticamente todas as fontes. A sílica foi o elemento que apresentou as maiores variações negativas em todas as fontes, e a fonte D. Isabel foi a que manifestou uma generalizada diminuição de seus componentes, provavelmente relacionada a obstruções no poço que, eventualmente, chegam a interromper a vazão e favorecem a mistura com água do aquífero aluvionar.

As variações durante o período de coleta (1993 a 1996) não foram expressivas, porém as fontes Beleza, D. Pedro e Duque de Saxe mostraram modificações notáveis de composição. Provavelmente estão relacionadas ao sistema de captação, que permite entupimentos, às vezes até interrompendo as vazões, como já ocorreu no passado, favorecendo a mistura com águas do aquífero aluvionar.

Além das causas construtivas das captações, as alterações de composição podem estar relacionadas à sazonalidade da quantidade e qualidade das águas de recarga.

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	NÚMERO DO PONTO										
	LB - 05		LB - 06		LB - 07		LB - 08		LB - 09	LB - 10	LB - 13
	Ft. M. Pinto		Fonte 02		Fonte 03		Fonte 04		Fonte 05	Fonte 06	Sítio S. André
Local											
Laboratório	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM
Data	Out-95	Jul-97	Out-95	Jul-97	Out-95	Jul-97	Out-95	Jul-97	Jul-97	Jul-97	Jul-97
% de erro da análise	3	40	6	22	7	13	11	30	28	20	22
Tempertura °C	22,0	21,6	22,0	21,6	22,0	21,2	22,0	21,5	20,4	21,1	20,4
Turbidez	0,1	3,0	0,3	5,0	2,9	4,0	0,5	2,0	0,3	1,0	6,0
pH	4,6	4,69	4,5	4,62	4,9	4,76	5	4,85	4,86	4,68	6,67
C. E. (uS/cm a 25°C)	53,30	83,20	53,30	80,80	95,90	97,20	74,60	80,80	66,40	67,30	149,80
R. S. (180oC)		61,00		56,00		66,00		39,00	42,00	46,00	110,00
Dureza (mg/l CaCO ₃)	25,60	27,00	25,30	25,40	29,00	28,00	15,90	16,80	24,60	25,00	50,00
HCO ₃ - (mg/l)	30,50	15,86	30,50	21,96	41,48	21,96	28,06	3,42	22,57	12,00	47,58
Cl - (mg/l)	4,26	2,04	2,38	1,02	5,83	6,12	3,73	9,18	1,02	4,90	7,14
SO ₄ = (mg/l)	< 1,0	0,00	1,50	0,00	1,46	1,00	1,00	0,60	ND	ND	5,90
NO ₂ - (mg/l)	0,000	0,002	0,000	0,001	0,001	0,001	< 0,001	0,002	0,004	0,004	0,002
NO ₃ - (mg/l)	2,42	2,19	2,19	1,92	2,78	2,39	3,25	2,85	0,01	0,84	3,61
Ca ⁺⁺ (mg/l)	5,21	3,88	5,03	3,98	6,79	4,81	3,35	2,24	3,35	3,15	14,76
Mg ⁺⁺ (mg/l)	2,04	1,94	1,96	1,89	1,75	1,77	0,95	1,02	1,78	1,76	2,12
Na + (mg/l)	3,19	2,59	3,44	2,47	9,62	5,35	9,44	6,24	2,18	1,31	4,36
K = (mg/l)	3,01	2,13	2,90	2,12	2,97	1,95	2,03	1,29	2,60	1,76	13,78
Ferro Total (mg/l)	0,090	0,018	0,169	0,019	0,080	0,023	0,040	0,029	1,066	0,401	0,029
Mn ⁺⁺ (mg/l)	0,340	0,062	0,330	0,057	0,060	0,063	0,040	0,036	0,065	0,052	0,005
Al (mg/l)	0,11	0,02	0,05	0,04	0,08	0,03	0,08	0,24	0,10	0,14	0,01
CO ₂ (mg/l)		700,00		900,00		600,00		320,00	600,00	1.800,00	25,00
Ba (mg/l)	0,128	0,090	0,129	0,090	0,116	0,100	0,080	0,060	0,080	0,080	0,090
F (mg/l)		0,03		0,02		0,02		0,01	0,02	0,02	0,07
P (mg/l)	0,02	0,03	0,01	0,04	0,01	0,06	< 0,001	0,05	0,02	0,03	0,05
Si (mg/l)		0,549		6,26		6,53		4,60			
N. Amoniacal (mg/l)	0,10	0,24	0,00	0,30	0,60	0,40	0,40	0,30	0,35	0,29	1,12
N. Orgânico (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,06	0,30	0,09	0,40	< 0,02	0,05	0,11	0,01

Obs.: ND = Não Detectado.

Quadro 24 - Principais características físico-químicas das águas de Lambari.

Quanto às outras águas analisadas, uma amostra é proveniente do aquífero fraturado vizinho ao Parque das Águas (poço do Hotel Glória). É do tipo bicarbonatada cálcica (figura 46), fria, levemente ácida (pH 6,3) e pouco mineralizada (resíduo seco de até 176,00 mg/l). A outra análise é originária de um poço escavado a montante do parque. O poço capta água diretamente dos sedimentos aluvionares e da camada de argila orgânica, o pH é bastante ácido e a acidez medida foi de 258,26 mg/l.

Em **Lambari**, amostraram-se 7 pontos, sendo 6 fontes hidrominerais e um poço escavado a montante do Parque das Águas. Foram feitas 11 coletas entre 1995 e 1997. Os resultados completos encontram-se no anexo Catálogo Geral de Análises Físico-Químicas, disponível na CPRM - SUREG/BH, e o resumo dos principais parâmetros analisados encontra-se no quadro 24. Em razão dos elevados erros das análises realizadas em 1997, consideraram-se os resultados de 1995 para avaliação dos íons principais.

As águas minerais são do tipo bicarbonatadas sódicas (fontes 03 e 04) e cálcicas (figura 41). As águas são frias (média de 21,5 °C), carbogosas, não-radioativas a fracamente radioativas (fonte 03) e ferruginosas na fonte 05.

As águas apresentam composições ligeiramente diversificadas quanto aos teores e proporções dos seus íons principais (figura 47), sendo que as fontes 01 e 02 são praticamente idênticas. Entre os ânions, predominam os íons bicarbonato entre 12,00 e 41,48 mg/l e cloretos, que ocorrem com valores acima das águas das outras estâncias, entre 1,02 e 5,83 mg/l. Em menores concentrações, o nitrato, com até 3,25 mg/l. Já entre os cátions, o sódio, entre 1,31 e 9,62 mg/l, cálcio com 3,15 a 6,79 mg/l, e potássio, de 2,03 a 3,01 mg/l.

O resíduo seco varia entre 42,00 e 62,00 mg/l o pH é ácido (entre 4,5 e 5,0). A radioatividade é baixa, exceto na fonte 03, onde atinge 6,01 Mache, sendo classificada como fracamente radioativa.

O ferro está praticamente ausente, exceto na fonte 05, onde atinge 1,066 mg/l.

O anidrido carbônico é característico em todas as fontes, atingindo 1.800,00 mg/l, na fonte 06. A sílica está presente com teores menores que 6,53 mg/l.

A análise de elementos traços acusou a presença de nitrogênio nas formas amoniacal e orgânica com valores de até 0,60 e 0,40 mg/l, respectivamente.

As variações físico-químicas observadas entre os resultados obtidos (1995 e 1997) acusaram um incremento de turbidez em todas as fontes e cloretos na fonte 04. Também ocorreu um decréscimo de sódio e de bicarbonato, este último de maneira considerável, sendo provavelmente resultante de alterações químicas ocorridas entre a coleta e a análise em laboratório.

O outro resultado físico-químico obtido é originário de um poço escavado a montante e relativamente distante do parque. A água é proveniente do manto de intemperismo de uma rocha gnáissica bastante caulinizada, recoberta por uma camada de argila orgânica de cerca de 2,0 m. É uma água distinta das outras oriundas do aquífero intergranular local por apresentar uma elevada condutividade elétrica (149,8 mS/cm) e teores de potássio acima do esperado.

Em **São Lourenço**, amostraram-se 15 pontos, sendo 11 poços de fontes hidrominerais, 3 poços tubulares e um escavado nas proximidades e a montante do Parque das Águas. Foram 19 coletas realizadas entre 1995 e 1997. Os resultados completos encontram-se no anexo Catálogo Geral de Análises Físico-Químicas, disponível na CPRM - SUREG/BH, e o resumo dos principais parâmetros analisados encontra-se no quadro 25.

PARÂMETROS	NÚMERO DO PONTO																																
	SL - 03		SL - 07		SL - 15		SL - 18		SL - 20		SL - 21			SL - 22		SL - 24		SL - 26			SL - 27		SL - 28			SL - 29		SL - 30		SL - 31		SL - 32	
FÍSICO-QUÍMICOS	SL - 03	SL - 07	SL - 15	SL - 18	SL - 20	SL - 21	SL - 22	SL - 24	SL - 26	SL - 27	SL - 28	SL - 29	SL - 30	SL - 31	SL - 32	Local	SL - 03	SL - 07	SL - 15	SL - 18	SL - 20	SL - 21	SL - 22	SL - 24	SL - 26	SL - 27	SL - 28	SL - 29	SL - 30	SL - 31	SL - 32		
Local	F. S. Lourenço		Lago Dólar		Hotel Sul America S. M. Veloso		Parque 2-Poço 07			Fonte Vichy			Fonte Gasosa		Ft. Ferruginosa			Fonte Oriente			Ft. Soto Mayor		Ft. Alcalina			P. "Gasoso"		Ft. A. Figueira		P10-Mantiqueira		Parque 2-Poço 08	
Laboratório	CPRM	CPRM	A. de Aguiar	CPRM	CPRM	(Ambiema)	CPRM	A.Schaeffer	CPRM	CPRM	(Ambiema)	CPRM	A.Schaeffer	CPRM	A.Schaeffer	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	A.Schaeffer	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	A.Schaeffer	CPRM	(Ambiema)	CPRM	(Ambiema)	CPRM
Data	Jul-97	Jul-97	Jul-98	Jul-97	Jul-97	Jul-81	Jul-97	1914	Out-95	Jul-97	Jan-88	Jul-97	1914	18/07/97	1914	Out-95	Jul-97	Out-95	Jul-97	1914	Out-95	Jul-97	Jul-97	1914	Out-95	Jul-97	Jul-97	1914	Out-95	Abr-82	Jul-97	Out-87	Jul-97
% de erro da análise	20	3	198	3	5	1	1	2	5	2	1	3	22	3	0	4	3	2	4	0	4	3	8	84	3	18	18	1	3				
Temperatura °C	17,9	21,5			17,8		23,1		20,0	21,7		20,7		21,5	18,9	20,0	20,1	22,0	22,5		20,5	19,3	24,5	17,8	20,0		21,2					22,9	
Turbidez	0,4	0,2	0,3	0,4	3,0		2,0		8,0	3,0		0,4		10,0		0,5	0,3	48,0	1,0		27,0	15,0	2,0		0,3		0,4					1,0	
pH	7,95	8	8,7	7,95	7,9	8,0	5,71		5,8	5,89	6,3	5,77		5,88		5,7	5,71	5,8	5,9		6,1	6,19	6,16		5,1	5,4	5,75	6,0	6,38				
C. E. (µS/cm a 25°C)	63,80	24,30		170,90	85,10	1.046,00	532,00		1.004,40	564,00	705,00	505,00		373,00		468,70	340,00	1.002,50	862,00		1.092,20	852,00	1.228,00		78,10	135,00	136,70	780,00	338,00				
R. S. (180°C)	35,00	20,00	155,00	124,00	83,00	588,00	380,00			398,00	420,00	348,00		243,00			193,00		595,00			608,00	788,00				88,00	87,00	387,00	240,00			
Dureza (mg/l CaCO ₃)	18,60	3,40	66,00	76,00	40,00	181,00	160,00		241,70	160,00	256,46	140,80		108,20		134,50	82,40	257,30	302,00		289,00	290,00	370,00		22,10	24,20	36,20	190,28	122,00				
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	17,08	4,88		109,80	87,10	599,60	335,50		992,93	591,70	359,90	457,69	341,60	1.121,85	244,00	121,69	282,08	201,30	555,10	591,70	1.009,28	878,12	834,40	835,70	58,70	49,80	50,40	54,90	400,75	219,60			
Cl ⁻ (mg/l)	2,04	3,06	34,00	2,04	1,02	6,40	ND	0,00	1,01	ND	2,71	ND	1,827	1,02	0,87	1,89	4,08	1,92	ND	0,00	2,32	ND	1,02	1,98	3,44	9,80	7,14	3,36	1,02				
SO ₄ ⁼ (mg/l)	3,20	ND	43,60	5,90	1,40	3,10	0,50	7,21	2,50	ND	1,88	2,70	4,620	1,80	1,48	1,79	1,40	2,50	3,60	2,38	3,50	2,70	5,90	0,74	1,00	0,90	ND	1,88	2,20				
NO ₂ ⁻ (mg/l)	ND	< 0,001	0,100	0,000	0,007	0,000	0,001		0,003	0,004	0,000	0,002		0,002		< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001			
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,24	0,81		0,31	ND	0,000	ND		< 0,01	ND	0,00	ND		0,11		0,44	0,58	< 0,01	ND		0,03	ND	ND		1,43	12,80	2,90	0,000	ND				
Ca ⁺⁺ (mg/l)	5,49	0,52		19,51	8,92	22,00	33,54	94,71	53,10	33,50	70,00	30,83	260,12	25,06	12,48	30,24	20,63	55,49	59,31	86,82	64,50	65,03	81,82	13,99	4,30	4,60	7,27	40,00	39,68				
Mg ⁺⁺ (mg/l)	0,69	0,28		5,42	2,89	30,00	13,52	48,32	22,42	14,07	19,00	14,18	37,720	10,08	5,28	11,88	8,97	22,78	25,77	48,20	26,83	28,88	36,91	4,78	1,69	2,60	3,28	21,00	8,81				
Na ⁺ (mg/l)	2,94	2,00		9,40	7,14	80,00	31,43	114,85	61,52	37,07	40,00	33,31	93,000	26,22	14,50	29,50	23,72	59,36	53,78	117,33	73,18	59,35	78,79	13,20	8,84	13,00	11,57	40,00	18,45				
K ⁺ (mg/l)	1,37	1,79		3,38	3,48	110,0	40,48	90,56	78,79	52,44	32,50	36,43	114,40	28,11	13,23	29,00	20,62	72,78	68,44	100,85	82,78	71,55	88,73	13,30	6,27	11,00	7,01	45,00	12,20				
Ferro Total (mg/l)	0,023	0,051	0,20	0,045	0,278	6,800	5,798	1,800	3,983		0,150	8,088	2,878	2,180	0,110	0,048	0,019	4,551	5,080	15,338	1,352	0,970	4,735	0,177	0,035	1,000	0,124	0,160	1,857				
Mn ⁺⁺ (mg/l)	0,012	0,007		0,042	0,017	0,000	0,151	0,000	0,170		0,620	0,353	0,130	0,201	0,000	0,132	0,071	0,249	0,222	0,000	0,244	0,195	0,189	0,000	0,082	0,000	0,704	0,380	0,133				
Al (mg/l)	ND	0,03		ND	ND	0,00	0,03	4,03	0,12	ND	0,10	0,02	0,57	ND	0,97	0,01	ND	0,06	< 0,010	0,57	0,04	ND	0,10	0,23	0,12	0,0	ND	0,00	ND				
CO ₂ (mg/l)		7,82		2,15	1,48		1.080,00	1.386,90		782,44		962,00	1.114,26	529,00	1.188,21		940,00		1.211,86	1.162,10		621,00	982,00	1.473,00			171,17		145,20				
Ba (mg/l)	< 0,05	0,070		< 0,05	< 0,05		0,170		0,225	0,100	0,800	0,510		0,11		0,458	0,380	0,392	0,310		0,569	0,490	0,570		0,066		0,590	0,300	0,100				
F (mg/l)	0,45	0,002		0,11	0,12		0,28			1,44	0,42	0,48	0,15	0,48				0,08		1,10			0,59	0,39			0,04	0,80	0,30				
P (mg/l)	0,06	0,06		0,03	0,10	0,00	0,16		0,08	0,14	0,00	0,04	3,63	0,40		< 0,01	0,01	0,05	0,12		< 0,01	0,004	0,14		< 1,0		0,04	0,00	0,05				
Li (mg/l)	ND	ND		ND	ND		0,10			0,10	0,00	< 0,010	0,00	< 0,010			< 0,10		0,12	0,00		0,11	0,15	0,00		0,00	< 0,10	0,10	< 0,10				
Si (mg/l)		7,32		17,04	19,36	30,80		11,55			23,00	11,16	11,56	9,50	4,33		8,89		19,93	10,62		13,00	20,63	0,47		19,80	9,17	34,60	29,16				
N. Amónico (mg/l)	0,10	0,10	0,00	0,24	0,35	0,20	1,50		< 0,1	1,75	0,00	2,50		0,02		< 0,1	0,96	0,40	0,43	0,80	0,10	1,85	3,65		< 0,1	0,80	0,50	1,20	1,00				
N. Orgânico (mg/l)	0,02	0,04	0,00	ND	ND		ND		0,50	< 0,02		0,05				0,10	ND	< 0,1	0,08		0,10	ND	ND		0,50		0,05		0,08				

Obs.: ND = Não Detectado.

Quadro 25 - Principais características físico-químicas das águas de São Lourenço.

As águas minerais são do tipo bicarbonatadas sódica (Andrade Figueira) e mistas (figura 45), frias (entre 20,0 e 22,0 °C), carbogosas, não-radioativas, sulfurosa na fonte Soto Mayor e ferruginosas nas fontes Soto Mayor, Alcalina, Vichy, Ferruginosa, Poço 07, 08 e "Gasoso".

A mineralização das águas é bastante variada quanto ao teor dos seus principais componentes (diagrama de Schoeller da figura 48). Predominam os íons bicarbonato variando entre 48,80 e 676,12 mg/l, cálcio entre 4,30 e 63,03 mg/l, potássio com 6,27 a 82,78 mg/l, sódio com 8,94 a 73,18 mg/l e magnésio entre 1,69 e 28,86 mg/l. O ferro chega a atingir 8,07 mg/l na fonte "Gasosa", e o manganês, 0,70 mg/l na fonte Mantiqueira.

O resíduo seco varia entre 87,00 e 608,00 mg/l, e a condutividade elétrica, entre 78,10 e 1.092,20 mS/cm a 25 °C. O pH é ácido a ligeiramente ácido (entre 5,10 e 6,38), e a dureza total está entre 22,10 e 302,00 mg/l de CaCO₃.

Dentre os elementos traços, destacam-se a sílica com 8,89 a 29,16 mg/l, bário com valores de até 0,569 mg/l (fonte Gasosa) e o flúor com até 1,44 mg/l (fonte Vichy). O nitrogênio amoniacal e o orgânico são freqüentes nos resultados e ocorrem com valores elevados do primeiro, atingindo até 2,50 (fonte Gasosa) e 0,50 mg/l (Vichy e Andrade Figueira), respectivamente.

O estudo realizado por Hirata *et alii* (1994) destaca a presença significativa de flúor nas fontes Vichy, Alcalina e Sulfurosa com 7,0; 4,0 e 2,0 mg/l, respectivamente, valores que não se repetiram nas análises efetuadas para este estudo.

A comparação dos resultados com as análises realizadas por Alfred Schaeffer, em 1914, indica que houve uma diminuição em peso dos principais componentes das águas, exceto na fonte Oriente, onde ocorreu um incremento. As variações foram generalizadas entre todos os componentes e provavelmente estão relacionadas a alterações das condições de exploração do aquífero, confirmadas pela diminuição das vazões e rebaixamento do nível piezométrico local.

As variações de composição durante o período deste estudo (1995 e 1997) ocorreram em todas as fontes analisadas (Vichy, Oriente, Alcalina e Soto Mayor), e é notável a diminuição.

Das outras águas analisadas, três são provenientes do aquífero fraturado em rochas gnáissicas, e uma, do aquífero intergranular aluvionar. São águas bicarbonatadas cálcicas de composições ligeiramente distintas (figura 44) exceto a do poço do Laticínio Di Biasi (SL-07), que é cloretada sódica. Os pH's são alcalinos a ligeiramente ácidos (6,0 a 7,95), e as condutividades estão entre 24,3 a 170,0 mS/cm.

10.5.2 - Origem dos Componentes das Águas Minerais

A composição química das águas subterrâneas resulta das interações das águas de infiltração com as rochas por onde circulam, refletindo a qualidade das águas de infiltração, o tempo de trânsito e os tipos litológicos atravessados.

A composição mineral das rochas aquíferas é um dos principais fatores responsáveis pelas características químicas encontradas nas águas minerais. Com base nos estudos geológicos e nos dados dos perfis geológico-constructivos dos poços (Águas de Contendas, Caxambu, São Lourenço e Marimbeiro), trata-se de rochas gnáissicas graníticas, localmente fraturadas, milonitizadas, possivelmente preenchidas por brechas alcalinas e veios pegmatóides e bastante alteradas quimicamente. O substrato rochoso encontra-se recoberto por sedimentos cenozóicos de composição areno-silte-argilosa com níveis ricos em matéria orgânica.

As brechas alcalinas são encontradas em diversas localidades na região S-SE de Minas Gerais, sob a forma de diques, especialmente em Passa-Quatro, cidade situada 30 km a sudeste da área, onde foram parte dos estudos desenvolvidos por Penalva (1967) e Ribeiro Filho (1967). São rochas de origem eruptiva, provavelmente em conduto vulcânico próximo à superfície (Coutinho, J.

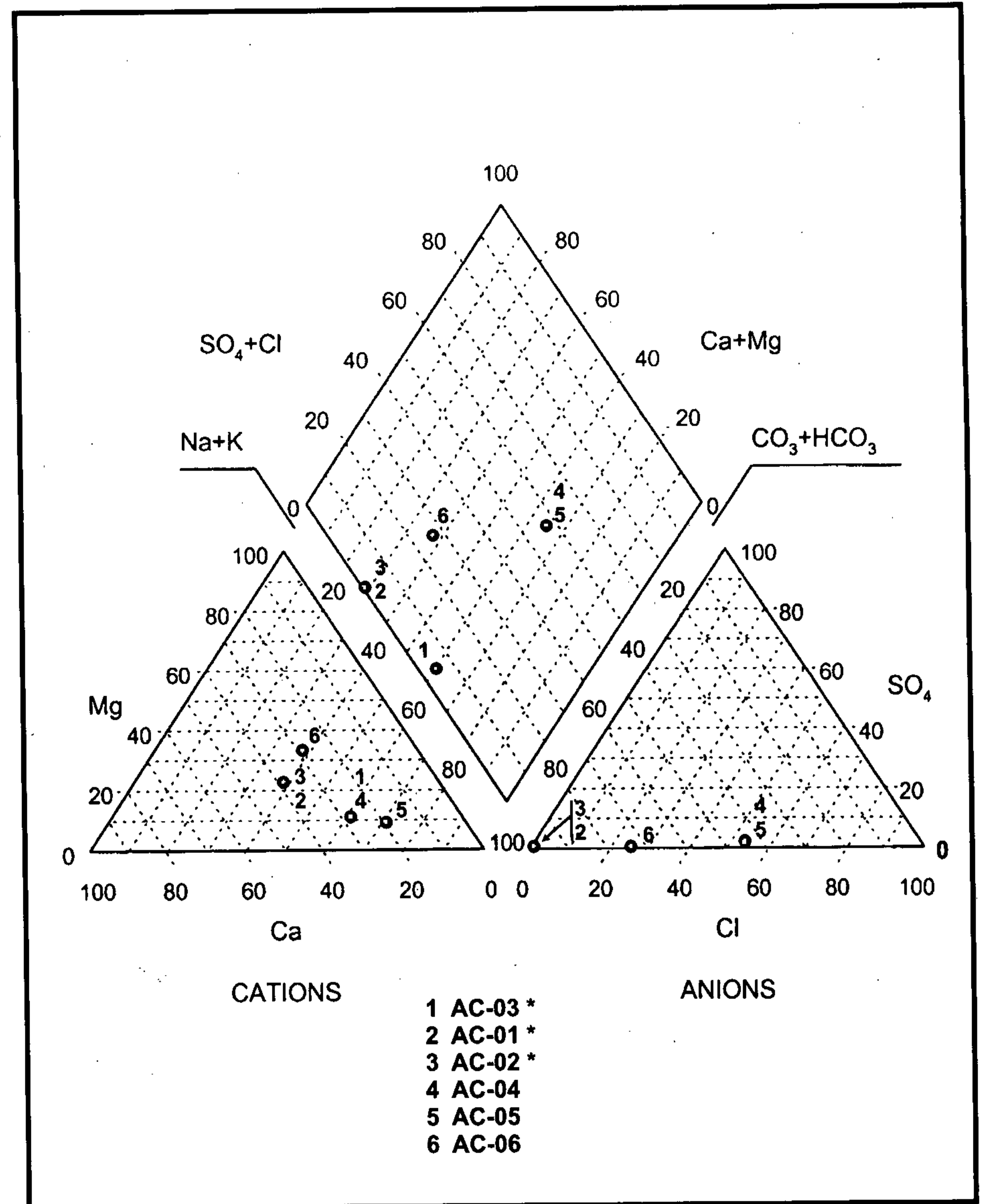
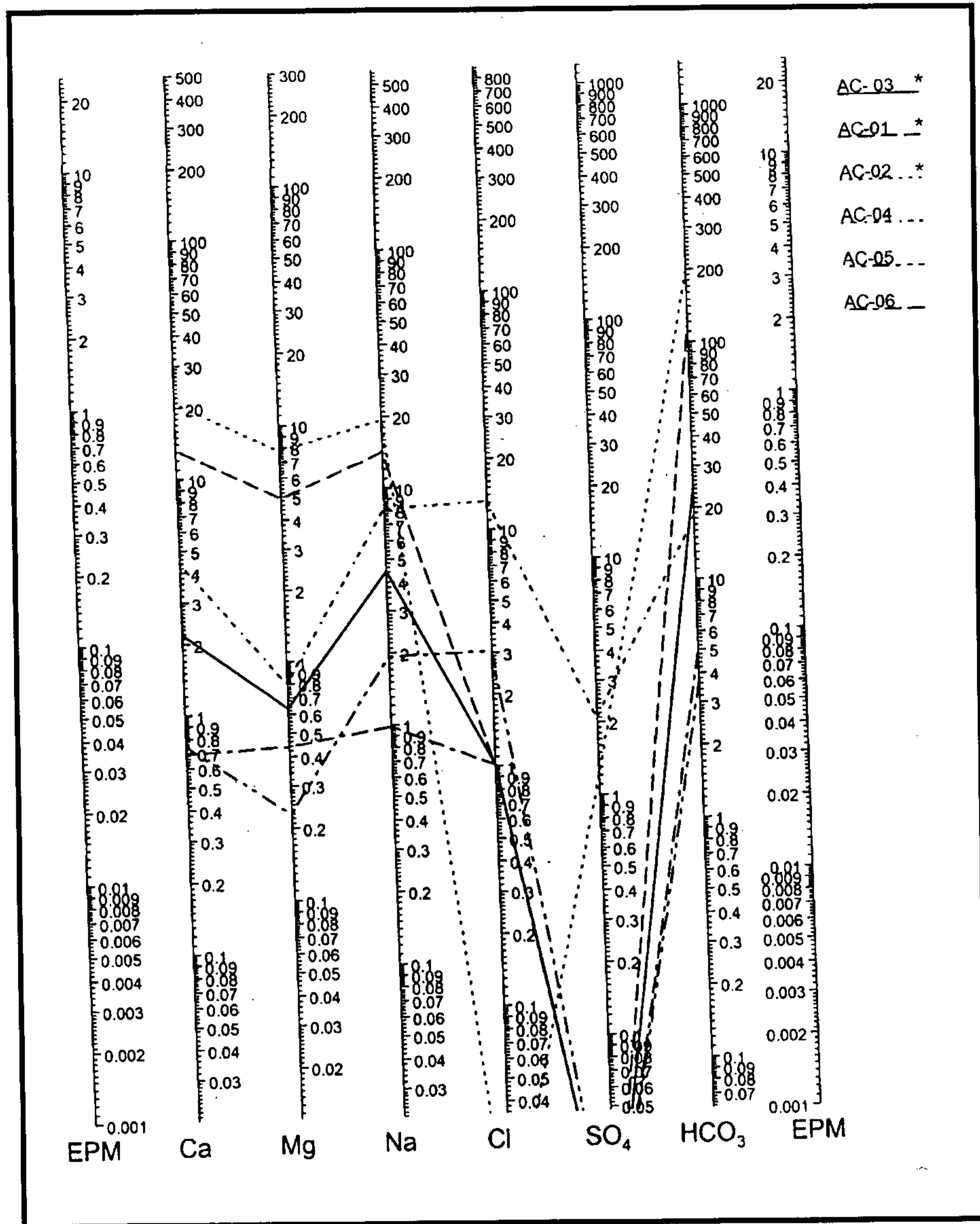


Figura 44 - Diagramas de Piper e Schoeller das águas minerais (*) e naturais de Águas de Contendas.

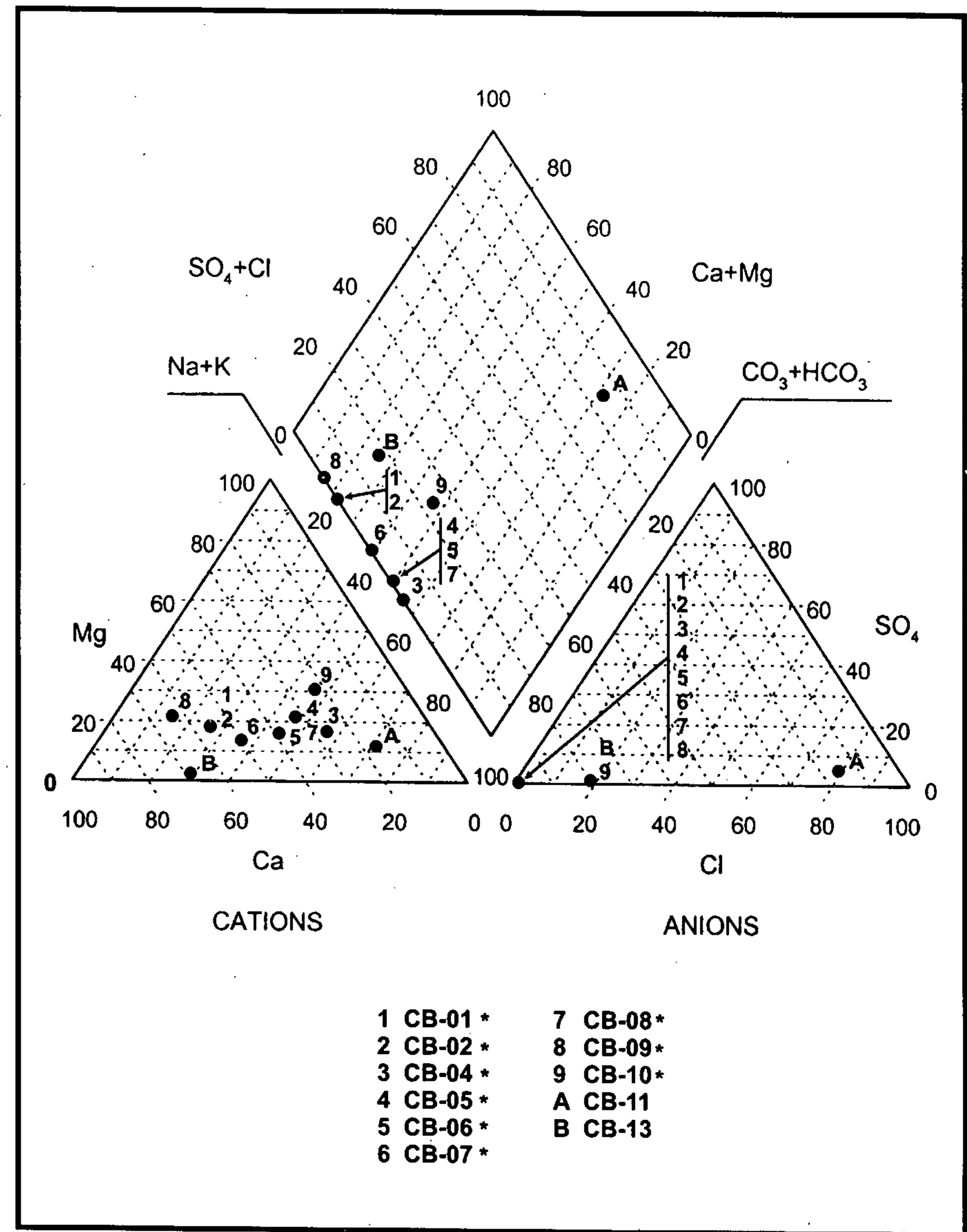
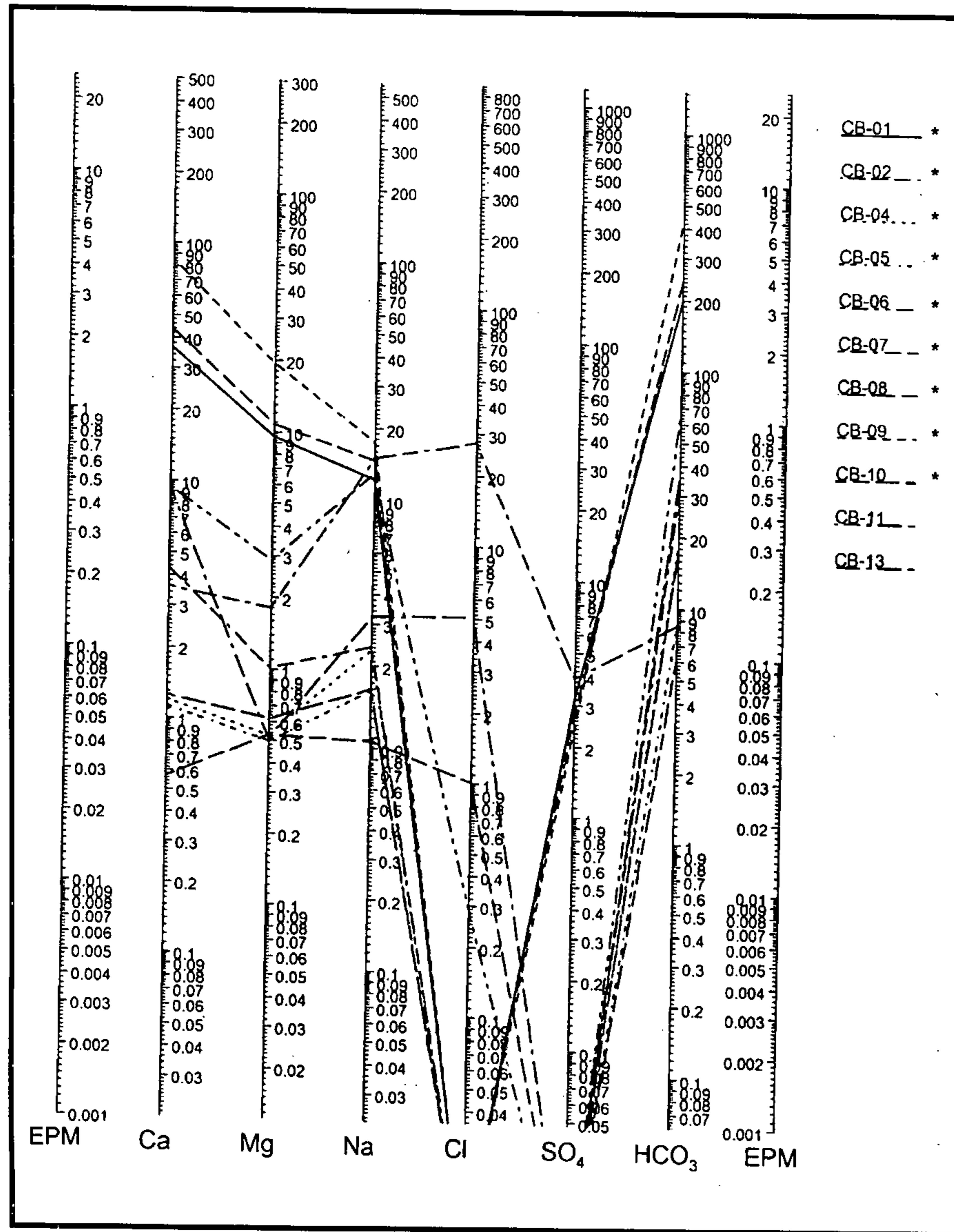


Figura 45 - Diagramas de Piper e Schoeller das águas minerais (*) e naturais de Cambuquira e Marimbeiro.

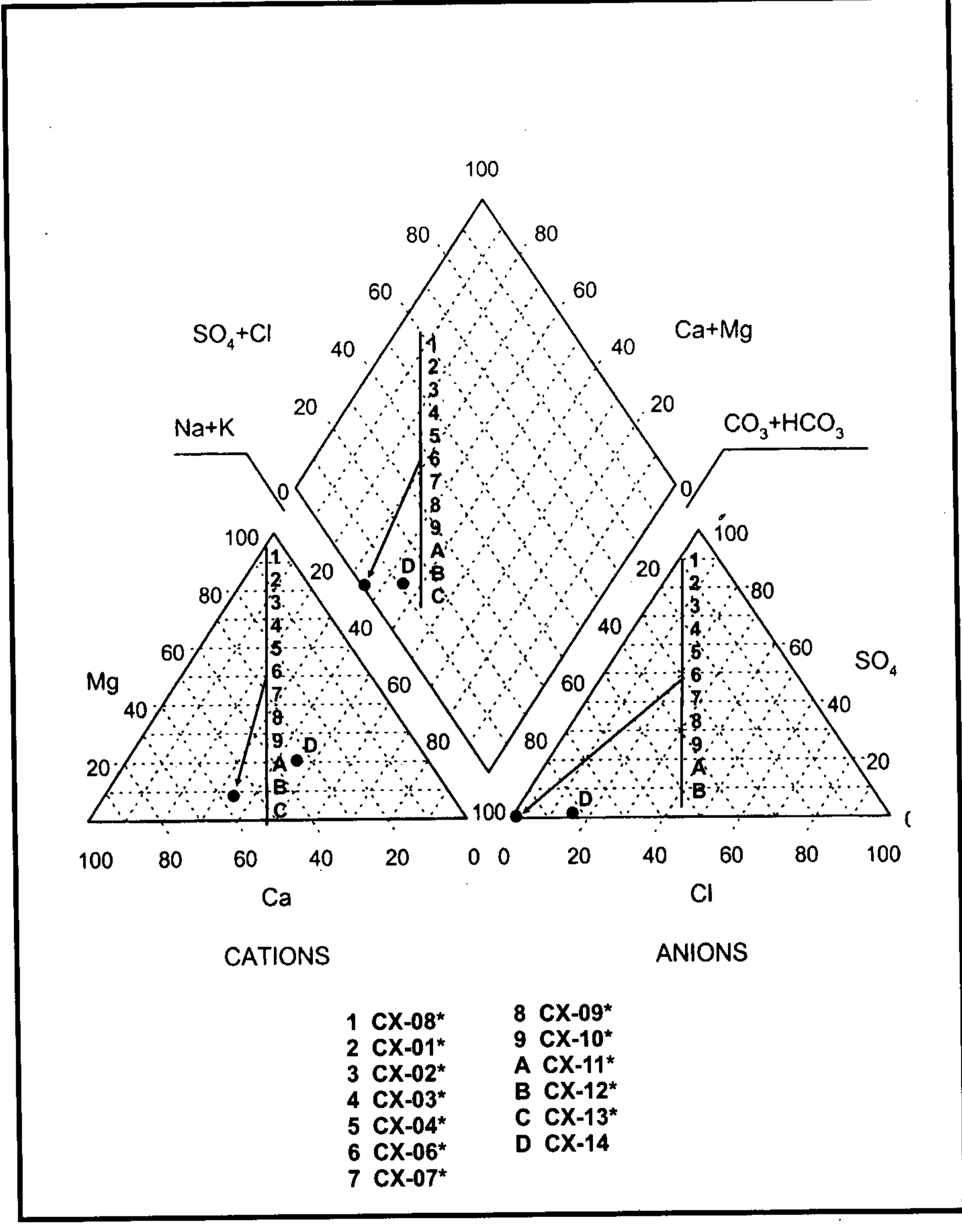
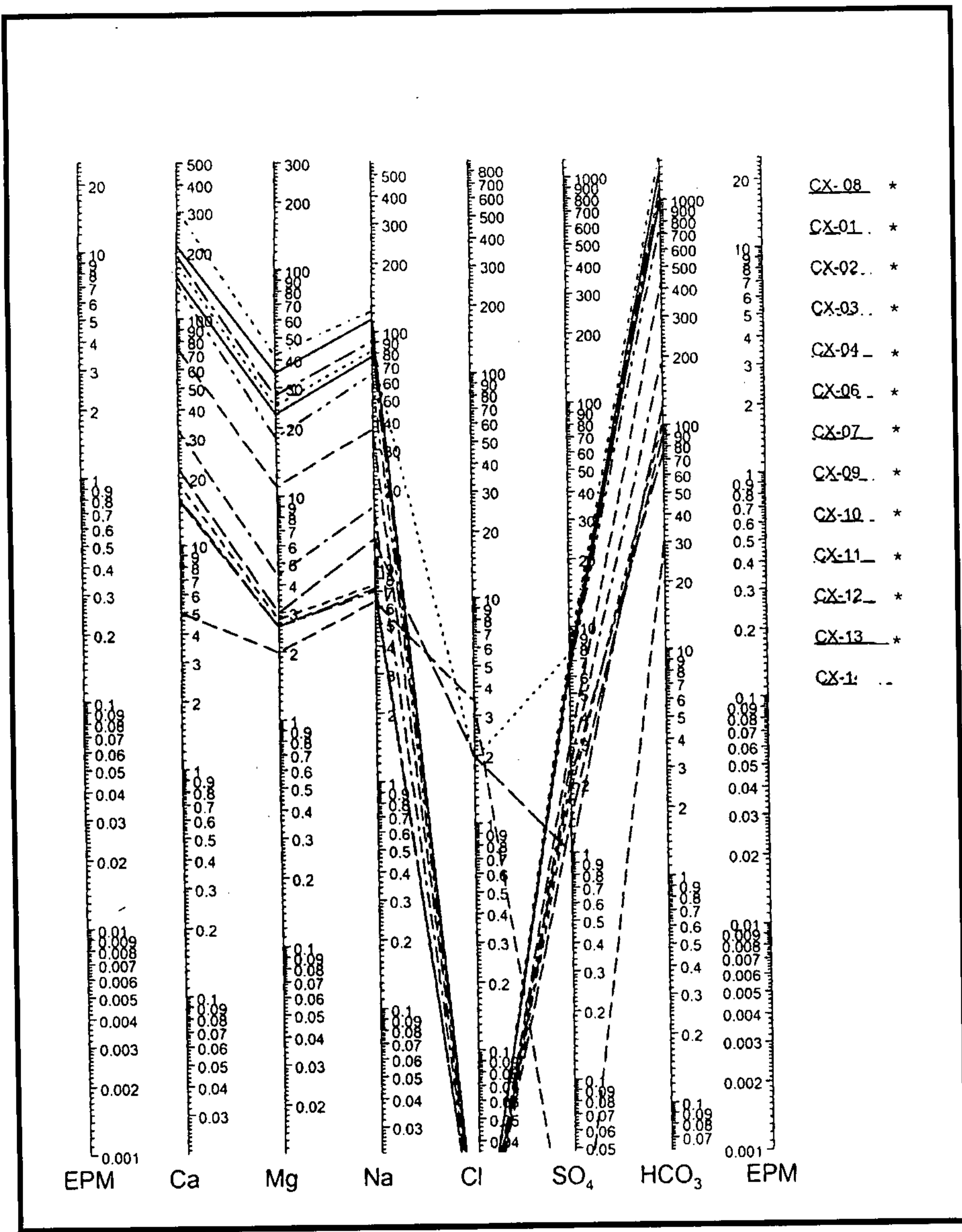


Figura 46 - Diagramas de Piper e Schoeller das águas minerais (*) e naturais de Caxambu.

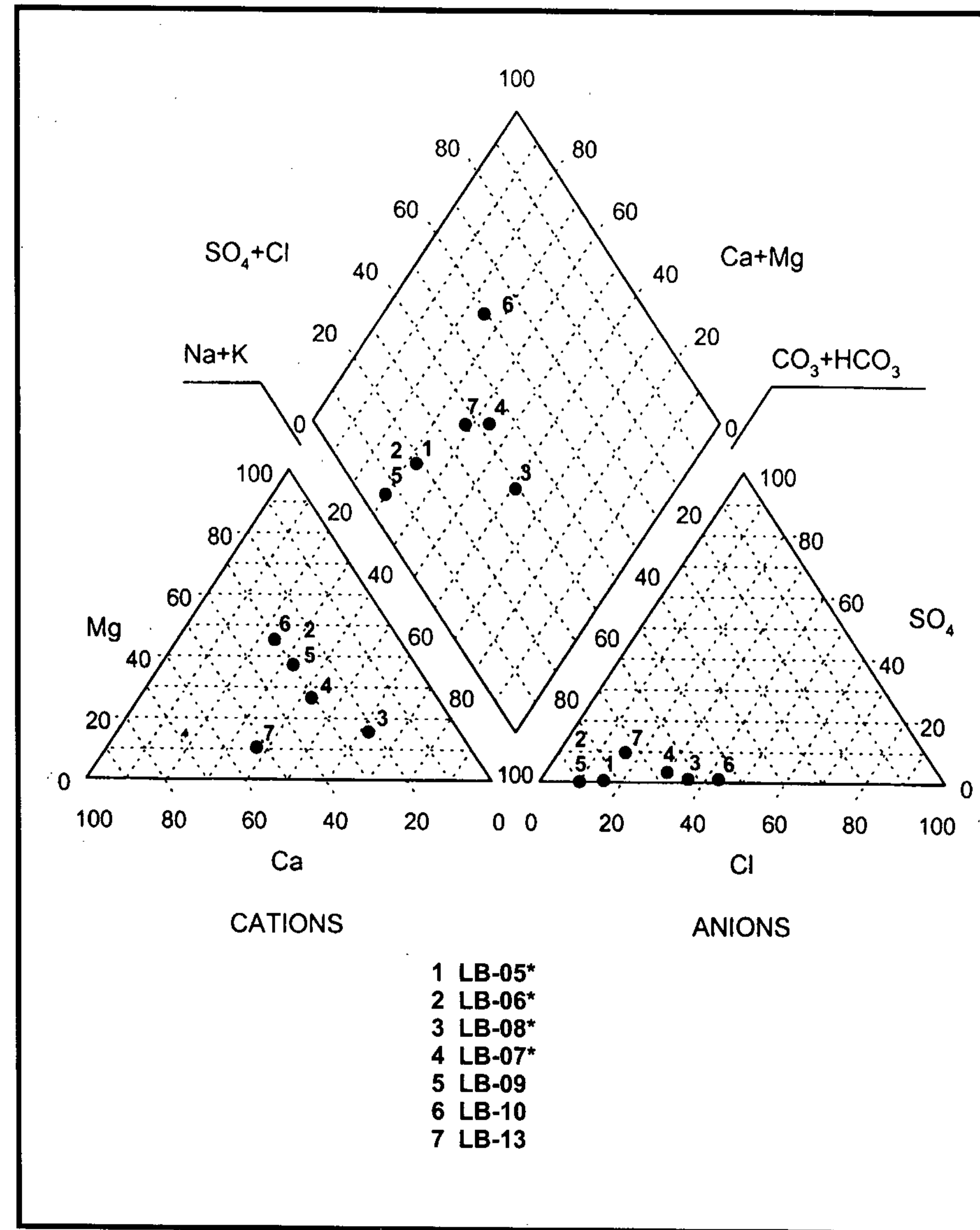
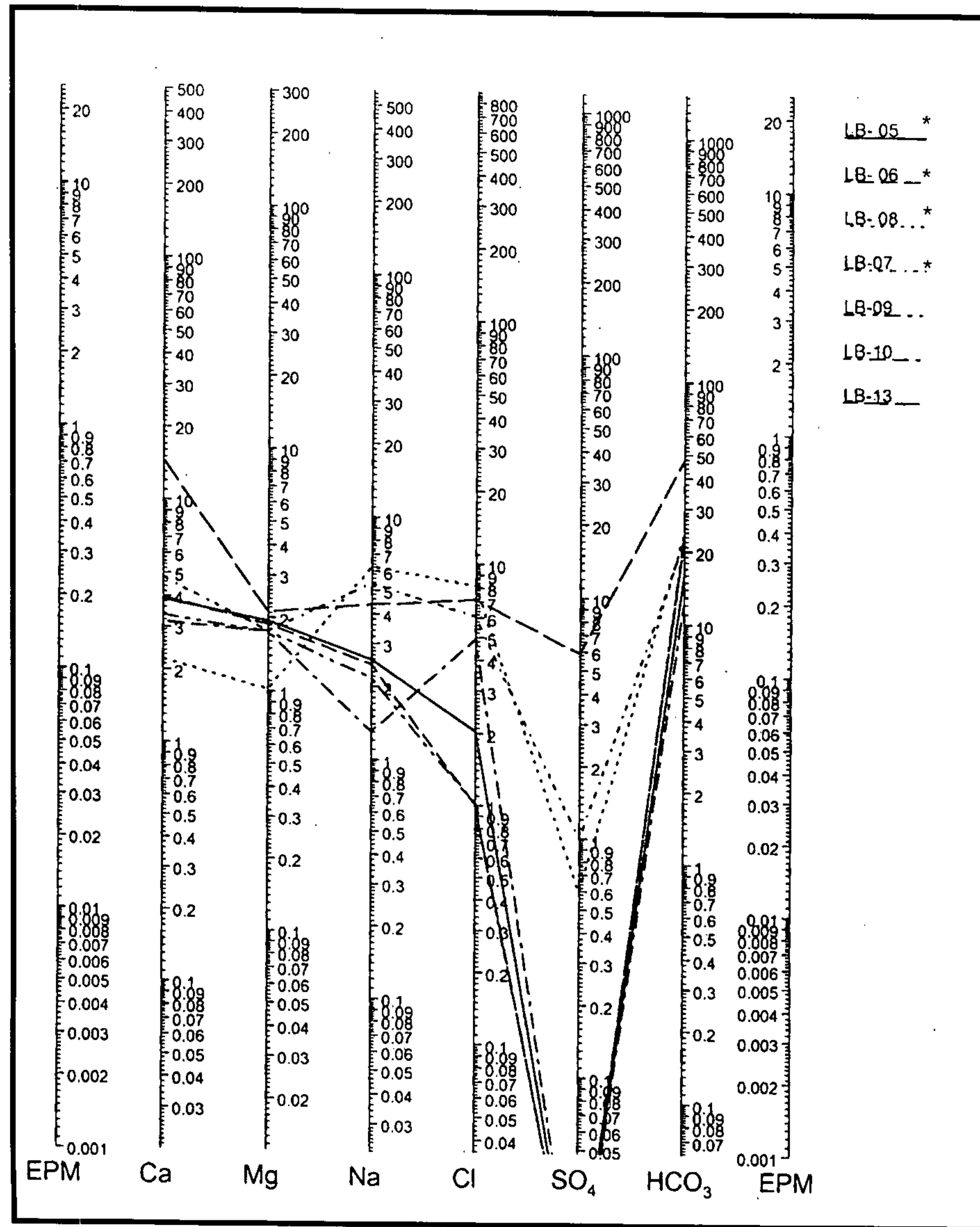


Figura 47 - Diagramas de Piper e Schoeller das águas minerais (*) e naturais de Lambari.

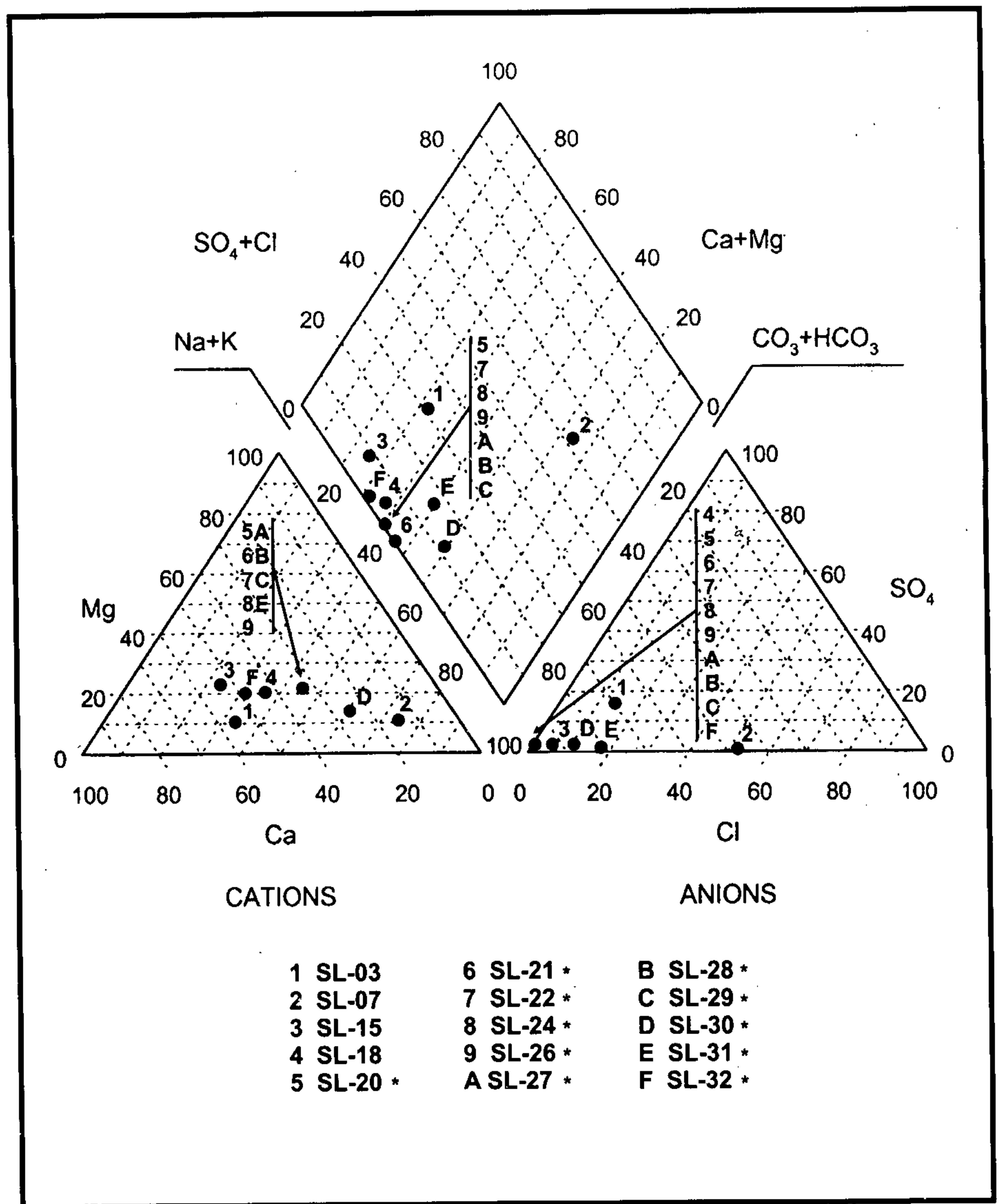
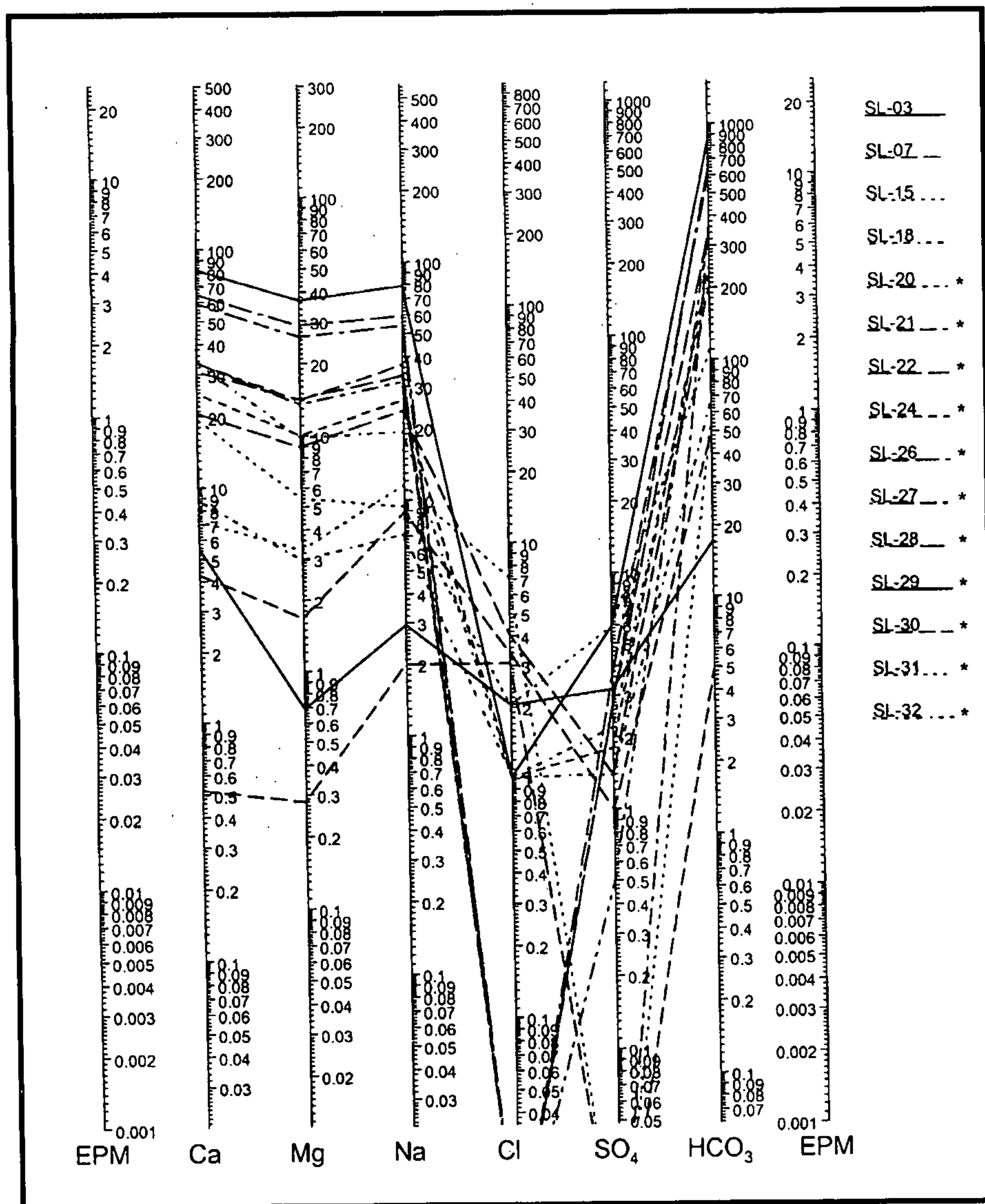


Figura 48 - Diagramas de Piper e Schoeller das águas minerais (*) e naturais de São Lourenço.

	Turbid.	Cor	pH	C. E.	R. S.	Dur.	Radio.	HCO3-	Cl-	SO4=	NO2-	NO3-	Ca+	Mg++	Na+	K+	Fe2 + Fe3	Mn++	Al	CO2	Ba	Cd	Cu	Cr	F	P	Li	Ni	Ag	Si	Zn	S	Detarg	Fenóis	N.Am.	N.Org.
Turbidez	1	0,03	0,03	0,10	0,41	0,07	-0,32	0,10	-0,15	-0,04	-0,09	-0,16	0,05	0,16	0,13	0,09	0,28	0,19	0,01	0,13	-0,06	-0,12	0,31	-0,04	0,39	0,04	0,20	0,09	0,64	0,23	0,10	0,28	-0,50	-0,11	-0,04	0,00
Cor	0,03	1	0,23	0,41	0,40	0,43	-0,11	0,40	-0,09	0,38	-0,06	-0,13	0,39	0,36	0,41	0,41	0,24	0,36	0,22	0,08	0,31	0,58	0,27	0,33	0,30	0,07	0,14	0,32	0,13	0,20	0,38	0,03	-0,27	-0,35	-0,04	-0,03
pH	0,03	0,23	1	0,41	0,40	0,43	-0,11	0,40	-0,09	0,38	-0,08	-0,13	0,39	0,36	0,41	0,41	0,24	0,36	0,22	0,08	0,31	0,58	0,27	0,33	0,30	0,07	0,14	0,32	0,13	0,20	0,38	0,03	-0,27	-0,35	-0,04	-0,03
Cond. Elétrica	0,10	0,41	0,41	1	0,99	0,93	-0,30	0,99	-0,10	0,42	-0,16	-0,36	0,96	0,95	0,98	0,97	0,35	0,58	0,23	0,37	0,73	0,92	0,43	0,74	0,89	0,10	0,63	0,65	0,44	0,34	0,44	0,23	-0,25	-0,04	0,10	0,08
Resíduo Seco	0,41	0,40	0,40	0,99	1	0,91	-0,68	1,00	-0,08	0,42	-0,20	-0,35	0,98	0,95	0,99	0,98	0,35	0,63	0,26	0,39	0,69	0,97	0,40	0,84	0,90	0,06	0,63	0,74	0,52	0,38	0,31	0,35	-0,42	-0,03	0,05	0,28
Dureza Total	0,07	0,43	0,43	0,93	0,91	1	-0,27	0,90	-0,08	0,42	-0,17	-0,35	0,87	0,86	0,88	0,89	0,37	0,60	0,21	0,40	0,72	0,88	0,20	0,69	0,84	0,12	0,58	0,67	0,04	0,36	0,55	0,26	-0,26	-0,03	0,07	0,10
Radioatividade	-0,32	-0,11	-0,11	-0,30	-0,68	-0,27	1	-0,32	-0,05	-0,08	0,00	-0,16	-0,28	-0,38	-0,33	-0,28	-0,42	-0,44	-0,13	-0,44	0,06	-0,21	-0,14	-0,21	-0,51	-0,30	-0,46	-0,23	-0,20	-0,68	-0,05	-0,27	0,65	0,07	-0,21	-0,23
Bicarbonato	0,10	0,40	0,40	0,99	1,00	0,90	-0,32	1	-0,11	0,42	-0,17	-0,35	0,98	0,96	0,99	0,98	0,33	0,57	0,22	0,34	0,72	0,93	0,43	0,77	0,87	0,08	0,63	0,68	0,59	0,34	0,37	0,36	-0,39	-0,04	0,09	0,07
Cloreto	-0,15	-0,09	-0,09	-0,10	-0,08	-0,08	-0,05	-0,11	1	0,00	0,04	0,72	-0,08	-0,13	-0,07	-0,07	-0,27	0,09	-0,18	-0,15	0,00	-0,09	-0,13	-0,06	-0,10	-0,21	-0,15	0,02	-0,28	-0,30	-0,18	0,04	0,13	0,05	0,00	0,20
Sulfato	-0,04	0,38	0,38	0,42	0,42	0,42	-0,06	0,42	0,00	1	-0,14	-0,22	0,44	0,39	0,42	0,43	0,11	0,31	0,01	0,47	0,70	0,38	0,10	0,32	0,37	-0,02	0,25	0,23	0,31	0,06	0,32	0,16	-0,30	-0,11	-0,01	0,15
Nitrato	-0,09	-0,06	-0,06	-0,16	-0,20	-0,17	0,00	-0,17	0,04	-0,14	1	0,03	-0,19	-0,14	-0,13	-0,11	-0,06	-0,03	-0,01	-0,24	-0,11	-0,24	-0,06	-0,21	-0,15	-0,10	-0,12	-0,35	-0,11	-0,15	-0,14	0,20	0,07	0,09	0,14	-0,03
Nitrato	-0,16	-0,13	-0,13	-0,36	-0,35	-0,35	-0,16	-0,35	0,72	-0,22	0,03	1	-0,32	-0,37	-0,33	-0,34	-0,34	-0,08	-0,18	-0,33	-0,19	-0,36	-0,22	-0,21	-0,29	-0,22	-0,28	-0,16	-0,31	-0,43	-0,25	0,09	0,40	-0,25	-0,06	0,12
Cálcio	0,05	0,39	0,39	0,96	0,98	0,87	-0,28	0,98	-0,08	0,44	-0,19	-0,32	1	0,90	0,95	0,93	0,29	0,55	0,25	0,38	0,67	0,94	0,46	0,82	0,87	0,07	0,58	0,72	0,65	0,34	0,35	0,37	-0,36	-0,04	-0,03	0,08
Magnésio	0,16	0,36	0,36	0,95	0,95	0,86	-0,38	0,96	-0,13	0,39	-0,14	-0,37	0,90	1	0,96	0,94	0,39	0,57	0,14	0,33	0,68	0,88	0,39	0,64	0,79	0,10	0,65	0,57	0,61	0,36	0,38	0,33	-0,41	-0,05	0,26	0,04
Sódio	0,13	0,41	0,41	0,98	0,99	0,88	-0,33	0,99	-0,07	0,42	-0,13	-0,33	0,95	0,96	1	0,99	0,33	0,59	0,21	0,33	0,75	0,90	0,43	0,75	0,86	0,07	0,66	0,64	0,58	0,33	0,35	0,37	-0,39	-0,05	0,14	0,08
Potássio	0,09	0,41	0,41	0,97	0,98	0,89	-0,28	0,98	-0,07	0,43	-0,11	-0,34	0,93	0,94	0,99	1	0,29	0,56	0,19	0,29	0,77	0,90	0,40	0,74	0,87	0,04	0,67	0,61	0,48	0,27	0,35	0,36	-0,36	-0,03	0,14	0,10
Ferro total	0,28	0,24	0,24	0,35	0,35	0,37	-0,42	0,33	-0,27	0,11	-0,06	-0,34	0,29	0,39	0,33	0,29	1	0,65	0,13	0,55	-0,01	0,39	0,12	0,14	0,27	0,63	0,13	0,48	0,06	0,75	0,36	0,04	-0,30	-0,19	0,17	-0,04
Manganês	0,19	0,36	0,36	0,58	0,63	0,60	-0,44	0,57	0,09	0,31	-0,03	-0,06	0,55	0,57	0,59	0,56	0,65	1	0,09	0,35	0,40	0,67	0,19	0,47	0,59	0,32	0,26	0,75	0,15	0,53	0,53	0,21	-0,37	-0,14	0,07	0,00
Alumínio	0,01	0,22	0,22	0,23	0,26	0,21	-0,13	0,22	-0,18	0,01	-0,01	-0,18	0,25	0,14	0,21	0,19	0,13	0,09	1	0,13	0,33	0,31	0,05	0,27	0,32	-0,08	0,25	0,31	0,21	0,09	0,03	0,32	0,06	0,20	-0,33	-0,15
Gás Carbônico	0,13	0,08	0,08	0,37	0,39	0,40	-0,44	0,34	-0,15	0,47	-0,24	-0,33	0,38	0,33	0,33	0,29	0,55	0,35	0,13	1	0,11	0,57	0,17	0,47	0,29	0,49	0,21	0,51	0,00	0,52	-0,13	0,17	-0,24	-0,26	-0,09	0,26
Bário	-0,06	0,31	0,31	0,73	0,69	0,72	0,06	0,72	0,00	0,70	-0,11	-0,19	0,67	0,68	0,75	0,77	-0,01	0,40	0,33	0,11	1	0,74	0,25	0,52	0,49	-0,18	0,67	0,32	0,24	-0,09	0,22	0,44	-0,03	-0,23	0,17	-0,16
Cádmio	-0,12	0,58	0,58	0,92	0,97	0,88	-0,21	0,93	-0,09	0,38	-0,24	-0,36	0,94	0,88	0,90	0,90	0,39	0,67	0,31	0,57	0,74	1	0,40	0,81	0,88	0,23	0,67	0,77	0,44	0,55	0,45	0,29	-0,41	-0,09	-0,09	0,05
Cobre	0,31	0,27	0,27	0,43	0,40	0,20	-0,14	0,43	-0,13	0,10	-0,06	-0,22	0,46	0,39	0,43	0,40	0,12	0,19	0,05	0,17	0,25	0,40	1	0,33	0,37	-0,08	0,15	0,14	0,70	0,12	-0,10	-0,01	-0,18	-0,13	-0,03	0,15
Cromo total	-0,04	0,33	0,33	0,74	0,84	0,69	-0,21	0,77	-0,06	0,32	-0,21	-0,21	0,82	0,64	0,75	0,74	0,14	0,47	0,27	0,47	0,52	0,81	0,33	1	0,77	0,07	0,40	0,59	0,41	0,36	0,34	0,30	-0,11	-0,06	-0,16	0,04
Fluor	0,39	0,30	0,30	0,89	0,90	0,84	-0,51	0,87	-0,10	0,37	-0,15	-0,29	0,87	0,79	0,86	0,87	0,27	0,59	0,32	0,29	0,49	0,88	0,37	0,77	1	0,02	0,49	0,67	0,35	0,31	0,48	0,30	-0,40	0,13	-0,10	0,24
Fosfato	0,04	0,07	0,07	0,10	0,06	0,12	-0,30	0,08	-0,21	-0,02	-0,10	-0,22	0,07	0,10	0,07	0,04	0,63	0,32	-0,08	0,49	-0,18	0,23	-0,08	0,07	0,02	1	-0,03	0,19	-0,05	0,70	0,10	0,16	0,00	-0,16	0,14	-0,15
Lítio	0,20	0,14	0,14	0,63	0,63	0,58	-0,46	0,63	-0,15	0,25	-0,12	-0,28	0,58	0,65	0,66	0,67	0,13	0,26	0,25	0,21	0,67	0,67	0,15	0,40	0,49	-0,03	1	0,30	0,52	0,16	0,16	0,40	-0,31	-0,12	0,17	0,19
Níquel	0,09	0,32	0,32	0,65	0,74	0,67	-0,23	0,68	0,02	0,23	-0,35	-0,16	0,72	0,57	0,64	0,61	0,48	0,75	0,31	0,51	0,32	0,77	0,14	0,59	0,67	0,19	0,30	1	0,26	0,73	0,50	0,06	-0,57	-0,14	-0,26	-0,08
Prata	0,64	0,13	0,13	0,44	0,52	0,04	-0,20	0,59	-0,26	0,31	-0,11	-0,31	0,65	0,61	0,58	0,48	0,06	0,15	0,21	0,00	0,24	0,44	0,70	0,41	0,35	-0,05	0,52	0,26	1	0,20	-0,24	0,43	-0,28	-0,19	-0,22	-0,25
Silica	0,23	0,20	0,20	0,34	0,38	0,36	-0,66	0,34	-0,30	0,06	-0,15	-0,43	0,34	0,36	0,33	0,27	0,75	0,53	0,09	0,52	-0,09	0,55	0,12	0,36	0,31	0,70	0,16	0,73	0,20	1	0,38	-0,02	-0,52	-0,21	-0,02	0,08
Zinco	0,10	0,38	0,38	0,44	0,31	0,55	-0,05	0,37	-0,18	0,32	-0,14	-0,25	0,35	0,38	0,35	0,35	0,36	0,53	0,03	-0,13	0,22	0,45	-0,10	0,34	0,48	0,10	0,16	0,50	-0,24	0,38	1	-0,13	-0,35	-0,05	-0,02	-0,01
Sulfeto	0,28	0,03	0,03	0,23	0,35	0,26	-0,27	0,36	0,04	0,16	0,20	0,09	0,37	0,33	0,37	0,36	0,04	0,21	0,32	0,17	0,44	0,29	-0,01	0,30	0,30	0,16	0,40	0,06	0,43	-0,02	-0,13	1	-0,16	-0,30	-0,06	-0,18
Detergentes	-0,50	-0,27	-0,27	-0,25	-0,42	-0,26	0,65	-0,39	0,13	-0,30	0																									

Parâmetro	Parâmetro Correlacionável
Condutividade Elétrica	R.S.; Dureza; HCO ₃ ; Ca; Mg; Na; K; Ba; Cd; Cr; F.
Resíduo seco	C.E.; Dureza; HCO ₃ ; Ca; Mg; Na; K; Ba; Cd; Cr; F; N.
Dureza	C.E.; R.S.; HCO ₃ ; Ca; Mg; Na; K; Ba; Cd; Cr; F; N.
Bicarbonato	C.E.; Dur.; R.S.; HCO ₃ ; Ca; Mg; Na; K; Ba; Cd; Cr; F.
Cloretos	Nitratos.
Sulfatos	Bário.
Nitratos	Cloretos.
Cálcio	C.E.; R.S.; Dureza; HCO ₃ ; Mg; Na; K; Cd; Cr; F; N.
Magnésio	C.E.; R.S.; Dureza; HCO ₃ ; Ca; Na; K; Cd; F.
Sódio	C.E.; R.S.; Dureza; HCO ₃ ; Ca; Mg; K; Ba; Cd; Cr; F.
Potássio	C.E.; R.S.; Dureza; HCO ₃ ; Ca; Mg; Na; Ba; Cd; Cr; F.
Ferro	Sílica.
Manganês	Níquel.
Bário	C.E.; R.S.; Dureza; HCO ₃ ; SO ₄ ; Na; K; Cd.
Cádmio	C.E.; R.S.; Dureza; HCO ₃ ; Ca; Na; K; Mn; Ba; Cr; F; N.
Cobre	Prata.
Cromo total	C.E.; R.S.; Dur.; HCO ₃ ; Ca; Na; K; Cd; F; N.
Flúor	C.E.; R.S.; Dur.; HCO ₃ ; Ca; Mg; Na; K; Cd; Cr.
Fosfato	Sílica.
Níquel	R.S.; Dureza; Ca; Mn; Cd; Si.
Prata	Cobre.
Sílica	Ferro; Fosfato; Níquel.

Quadro 27 - Principais parâmetros correlacionáveis nas águas minerais do Circuito das Águas (i.c.>0,70).

in Penalva, 1967), de idade Terciária (Paleoceno). "Constituem-se de fragmentos de grandes cristais de ortoclásio e anortoclásio e rochas alcalinas traquitóides ou afaníticas de tonalidades variáveis entre o cinza-claro, cinza-escuro, castanho-avermelhado ou castanho.

A matriz das brechas compõe-se de massa afanítica feldspática, acrescida de percentagens variáveis de clorita, magnetita, calcita, siderita, apatita, biotita e sericita" (Ribeiro Filho, 1967).

O levantamento geológico identificou a presença de brechas alcalinas em Caxambu próximo às fontes e em algumas ocorrências, na forma de pequenos veios, na área do município. Essas ocorrências encontram-se bastante alteradas por ação hidrotermal, o que dificulta a sua caracterização mineralógica original.

O estudo estatístico de correlações estabelece o valor do grau de dependência entre duas variáveis e, quanto mais esse valor aproxime-se de 1 (um), mais direta é a relação entre as variáveis. O quadro 26 indica os índices de correlação entre os diversos parâmetros físico-químicos analisados nas águas. Os parâmetros com melhores índices de correlação estão resumidos no quadro 27 e foram selecionados a partir do índice 0,70.

A análise dos índices de correlação indica que existem muito boas correlações (>0,85) entre os íons alcalinos (Na e K), alcalinos terrosos (Ca e Mg), bicarbonato, dureza, condutividade elétrica, resíduo seco, flúor e cádmio. Correlações moderadas (0,70 - 0,85) são notadas entre alcalinos (Na, K, Ca, e Mg) e bário, cromo, níquel; entre sílica e ferro, fosfato e níquel e nitrato e cloreto.

As melhores correlações ocorrem entre os principais componentes das águas, e os resultados sugerem composições similares das rochas aquíferas para as diferentes ocorrências de água mineral. Sugerem também que, para tempos de residência maiores (interação água-rocha), que implicam maior mineralização, é mantida a proporção da dissolução dos principais íons constituintes.

Outra análise que auxilia na caracterização e agrupamento de águas de mesma natureza química é a das relações iônicas ou índices hidrogeoquímicos. Essas razões podem guardar alguma rela-

LOCALIDADE	FONTE	Cond. Elétrica	RELAÇÕES IÔNICAS					
			rMg / rCa	rK / rNa	rNa / rCa	rNa / r(Ca+Mg)	Kr (1)	
Águas de Contendas	"Ferruginosa"	208,00	0,600	0,259	0,923	0,577	1,170	
	"Gasosa"	345,00	0,570	0,250	1,282	0,465	2,259	
	"Magnesiana"	63,00	0,475	0,326	1,950	1,322	0,260	
Cambuquira	Marimbeiro 1	323,50	0,426	0,469	0,288	0,202	2,701	
	Marimbeiro 2	359,00	0,437	0,440	0,303	0,211	2,928	
	Marimbeiro 3	305,40	0,452	0,449	0,312	0,215	2,308	
	Regina Werneck	80,80	0,732	0,194	1,661	0,959	0,103	
	Fernandes Pinheiro	119,90	0,529	0,183	1,250	0,818	0,968	
	Souza Lima	54,10	0,272	0,427	0,259	0,203	0,556	
	Augusto Ferreira	54,50	0,807	0,356	1,035	0,573	0,118	
	Roxo Rodrigues	45,80	0,810	0,514	1,111	0,614	0,170	
	Caxambu	Leopoldina	650,00	0,239	0,604	0,423	0,342	5,712
Duque de Saxe		1.530,00	0,229	0,689	0,396	0,322	21,888	
Beleza		2.300,00	0,224	0,612	0,345	0,282	21,888	
D. Isabel		1.330,00	0,204	0,715	0,387	0,322	10,283	
D. Pedro II		415,00	0,223	0,685	0,444	0,363	2,563	
Viotti		240,00	0,223	0,594	0,470	0,384	1,614	
Venâncio		1.500,00	0,245	0,711	0,432	0,347	12,673	
Mayrink I		159,00	0,243	0,785	0,343	0,276	1,384	
Mayrink II		146,00	0,269	0,770	0,391	0,308	1,210	
Mayrink III		146,00	0,261	0,774	0,370	0,293	1,083	
Tereza Cristina		1.910,00	0,238	0,693	0,407	0,329	14,904	
Lambari		Magalhães Pinto	53,30	0,648	0,554	0,532	0,323	0,402
		Fonte 02	53,30	0,643	0,493	0,595	0,362	0,398
	Fonte 03	95,90	0,427	0,182	1,229	0,862	0,540	
	Fonte 04	74,60	0,464	0,126	2,446	1,671	0,329	
São Lourenço	Soto Mayor	1.002,50	0,678	0,721	0,931	0,554	6,126	
	Alcalina	1.092,20	0,687	0,665	0,987	0,585	7,347	
	Andrade Figueira	78,10	0,651	0,414	1,809	1,096	0,516	
	Oriente	468,70	0,648	0,578	0,849	0,515	3,186	
	Vichy	1.004,40	0,698	0,735	1,008	0,594	6,300	

$$(1) K_r = \sqrt[3]{rCa \times (rHCO_3)^2}$$

Quadro 28 - Principais relações iônicas das águas das fontes do Circuito das Águas.

ção com os terrenos dos quais a água subterrânea procede, ou indicar a ação de fenômenos modificadores (Custódio, 1983). Os índices obtidos são resultantes de relações entre os miliequivalentes dos principais íons e resumiram-se nas relações entre magnésio e cálcio, sódio e cálcio, potássio e sódio, sódio e cálcio + magnésio e o índice Kr, que é proporcional ao conteúdo de CO_2 de equilíbrio. Os índices resultantes das relações iônicas encontram-se relacionados no quadro 28.

Quando se compara as águas das diversas estâncias, observam-se diferenças nas relações entre os elementos alcalinos. Isso sugere pequenas diferenças nas composições mineralógicas das rochas dos aquíferos sem, no entanto, indicar diversidades litológicas importantes. Nota-se também, em todas as águas, o cálcio sobre magnésio, sódio sobre potássio e alternâncias de predomínio entre sódio e cálcio.

Os feldspatos alcalinos presentes nos gnaisses de composição granítica (ou também nas brechas alcalinas e veios pegmatóides), milonitizados e/ou fraturados, formando agregados de cristais submicroscópicos, talvez sejam a principal fonte do **sódio, potássio, cálcio e magnésio** presentes nas águas minerais. O sódio e cálcio também podem ter sua origem na dissolução do mineral hornblenda, presente em anfibolitos encontrados disseminados pela área na forma de lentes dentro dos gnaisses.

Os teores desses elementos encontram-se anômalos em relação às águas subterrâneas normais, o que distingue as águas minerais do Sul de Minas, além de suas características carbogasosas, ferruginosas e, em parte, radioativas. Certamente o modo de ocorrência dos minerais (possivelmente na forma microcristalina) em uma zona permeável por tectonismo favoreça a dissolução iônica.

O **bicarbonato** é originário da dissolução de carbonatos existentes nas rochas aquíferas pelas águas infiltrantes enriquecidas em ácido carbônico e ácidos húmicos e fúlvicos presentes no solo. A predominância de bicarbonato sobre os outros ânions (cloreto e sulfato) indica que a água não é de circulação regional com longos tempos de residência, pois, de forma genérica, a evolução normal de uma água de circulação regional é que sucessivamente os seguintes íons dominem: (Custódio, 1983, p1023): HCO_3^- @ SO_4^{2-} @ Cl^- .

A origem do **ferro e manganês** nas águas está relacionada à presença de sedimentos argilo-siltosos ricos em matéria orgânica justamente onde ocorrem as fontes hidrominerais. Esse ambiente quimicamente redutor favorece a solubilização desses metais.

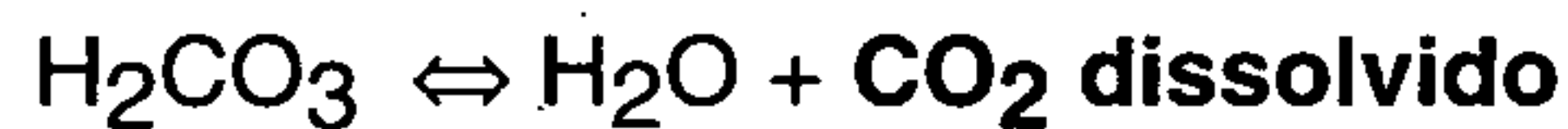
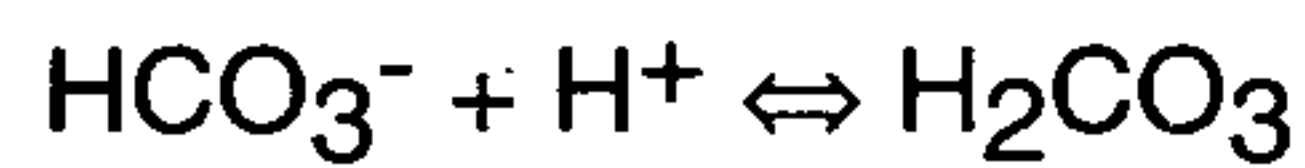
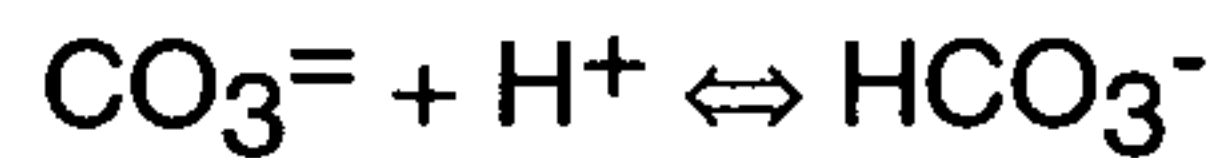
A fonte provável seria o mineral granada, bastante comum nas rochas gnáissicas e xistosas existentes na área.

Os **pH's** ácidos também são decorrentes da decomposição da matéria orgânica vegetal presente nos sedimentos aluvionares, que gera ácidos húmicos e fúlvicos, os quais, por sua vez, em solução, rebaixam o pH.

O **nitrogênio**, principalmente sob a forma amoniacal e orgânico, possivelmente se origina da matéria orgânica vegetal presente nos sedimentos aluvionares.

Segundo Lafuente (1969), as principais fontes de **anidrido carbônico** (CO_2) em um meio aquático são: 1- as águas das chuvas que dissolvem o CO_2 atmosférico; 2- os carbonatos das rochas, ao se dissolverem pela ação dos ácidos do solo; 3- a decomposição anaeróbica dos hidratos de carbono; e 4- a respiração dos microorganismos.

Possivelmente o CO_2 existente nas águas locais seja resultante da solução bicarbonatada, concentrada durante o processo de dissolução dos carbonatos existentes nas rochas. Essa solução, quando em contato com um ambiente ácido e quimicamente redutor, resultante da matéria orgânica vegetal em decomposição, favorece o predomínio do CO_2 , segundo as seguintes reações:



O equilíbrio do CO_2 dissolvido é mantido pelo meio quimicamente ácido ($\text{pH} < 7$), onde ocorrem as fontes. A respiração dos microorganismos existentes nos sedimentos também poderá contribuir com algo de anidrido carbônico para as águas.

O **fluoreto e o fosfato** poderão ter origem na dissolução da fluorita e da apatita, minerais comuns nas brechas alcalinas (Penalva, 1967) e em rochas gnáissicas.

O flúor também poderá ter origem no mineral turmalina, usualmente encontrado nos gnaisses locais, e nas hornblendas dos anfibolitos.

A **sílica** apresenta moderadas correlações com ferro e níquel e provavelmente é originária da dissolução dos minerais ferromagnesianos dos anfibolitos e também pode ser proveniente dos feldspatos.

O **bário e o lítio** também se encontram associados aos feldspatos, onde substituem o potássio na estrutura mineral, sendo provavelmente essa a origem nas águas locais. As águas de Caxambu são as que apresentam os maiores teores de bário, que possivelmente estão relacionados às brechas alcalinas.

Os metais **cádmio, cromo e níquel** apresentam baixos teores, mas ocorrem com bastante frequência. Provavelmente estão associados aos minerais presentes nos corpos anfibolíticos.

A **temperatura** das águas (média de $22,3^\circ\text{C}$) pode ser considerada como bastante próxima às temperaturas médias ambientais ($20,7^\circ\text{C}$). Essa pequena diferença pode estar associada ao grau geotérmico relacionado com a profundidade da percolação das águas (@ 1°C a cada 30,0 m de profundidade). Captações mais profundas como o poço Gasoso, em São Lourenço (150,0 m), e o "Gêiser", em Caxambu (68,0 m), apresentaram temperaturas anormais de $24,5$ e $27,0^\circ\text{C}$, respectivamente. Essas diferenças estão relacionadas a maiores profundidades de percolação, fato comprovado pelos altos teores de mineralização dessas águas.

A **radioatividade**, aparentemente, está associada aos minerais radioativos presentes nas rochas alcalinas, como os encontrados próximo às fontes mais radioativas em Caxambu, onde foram feitas medidas cintilométricas que acusaram valores acima de 3.000 cps.

10.5.3 Qualidade das Águas

A qualidade de uma água é definida pela sua composição físico, química e biológica.

A avaliação desses parâmetros permite classificá-la quanto à potabilidade, indicando a presença de impurezas, substâncias tóxicas e microbiológicas. O conhecimento dos efeitos que pode causar cada um dos elementos nela contidos ou o conjunto de todos eles permite estabelecer as possibilidades de uso (Custódio, 1983). Vale ressaltar que água natural e boa qualidade não são sinônimos.

Os resultados apresentados são decorrentes da análise das amostragens efetuadas durante o projeto, de acordo com a metodologia adotada, e deverão ser considerados com reservas, uma vez que a quantidade de dados obtidos não permite caracterizar, de forma categórica, a qualidade das águas. Isso devido à ausência, nas análises realizadas, de outros parâmetros que possivel-

mente indicassem outros tipos de contaminações e também pela falta de uma série histórica de análises.

O quadro 29 reproduz os valores máximos permitidos para águas destinadas ao consumo humano, segundo a portaria 36/90, do Ministério da Saúde. Também constam desse quadro os valores estabelecidos pela resolução 20/86, do CONAMA, para a classe especial, os padrões utilizados pela Organização Mundial de Saúde e os do Ministério da Saúde para águas minerais e potáveis de mesa.

Os parâmetros que resultaram acima dos limites de potabilidade para as águas minerais encontram-se relacionados no quadro 30, e, nos quadros 31a e 31b resumiram-se as principais características quanto à origem e toxicidade dos parâmetros físico-químicos mais importantes.

O quadro 30 mostra que os principais parâmetros excedentes, em praticamente todas as fontes, foram turbidez, manganês e nitrogênio amoniacal e orgânico. Em Caxambu, ocorreu a presença de contaminantes microbiológicos, bário e flúor, sendo este último também detectado em São Lourenço.

Analisando-se os resultados, é possível separar os parâmetros excedentes em dois grupos: um que se relaciona às características naturais do meio geológico; e o segundo que possivelmente está associado a atividades contaminantes ou deficiências nos sistemas de captação. No primeiro grupo, estão incluídos o manganês, bário, flúor e nitrogênio amoniacal e orgânico. Já o segundo grupo inclui turbidez, cor e microbiológicos.

Os elementos presentes no primeiro grupo são resultantes do processo natural de mineralização das águas e não possuem relação com processos de poluição. Todavia, as conseqüências da ingestão prolongada de determinadas águas deverão ser avaliadas por estudos específicos.

Os parâmetros do segundo grupo são decorrentes das deficientes condições físicas nos sistemas de captação (turbidez e cor) e da infiltração de águas superficiais contaminadas (microorganismos).

As fontes Leopoldina e Duque de Saxe, em Caxambu, foram as que apresentaram persistência nos resultados bacteriológicos nas três campanhas executadas; a fonte Venâncio apresentou resultados positivos em duas, e as fontes D. Isabel, Mayrink I, II e III, Fonte 03 (Lambari) e Vichy (São Lourenço), em uma análise.

Para uma análise mais detalhada das causas da ocorrência dos resultados negativos é necessária uma série de análises químicas e bacteriológicas (a legislação exige análises freqüentes) para a caracterização definitiva de contaminação. Entretanto, em Caxambu, com base nos dados levantados, já é possível sugerir atitudes saneadoras de modo a corrigir possíveis falhas nas captações das fontes Leopoldina e Duque de Saxe.

Provavelmente as causas de contaminação sejam a infiltração das águas utilizadas na limpeza do fontanário, através das juntas do piso com o revestimento do poço.

Vale ressaltar que foram encontrados outros parâmetros excedentes que não constam da portaria sobre águas minerais, mas que se encontram acima dos limites para o consumo humano, segundo a portaria 36/90, do Ministério da Saúde (quadro 29). Dentre os mais freqüentes destaca-se o ferro, fosfato, alumínio e fenóis (analisados somente em Caxambu). Os primeiros estão relacionados às condições naturais dos aquíferos, e os fenóis poderão ter origem em contaminação de águas residuárias ou na decomposição da matéria orgânica vegetal existente nos estratos onde ocorrem as fontes. Todavia, como a maior parte resulta das características hidrogeoquímicas naturais dos aquíferos, o consumo dessas águas deverá ser disciplinado. A possível contaminação deverá ser solucionada com obras de engenharia.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil										
PARÂMETRO	UNIDADE	*	**	***	****	PARÂMETRO	UNIDADE	*	**	***
AGENTES TENSO ATIVOS (DETERGENT)	mg/l LAS	0,2	0,5	0,2	---	ALDRIN e DIELDRIN	ug/l	0,03	0,01 / 0,05	0,03
ALUMÍNIO	mg/l Al	0,2	0,1	0,2	---	BENZENO	ug/l	10	10	10
AMÔNIA NÃO IONIZÁVEL	mg/l NH ₃	---	0,02	0,01	---	BENZENO-A-PIRENO	ug/l	0,01	0,01	0,1
ARSÊNIO	mg/l As	0,05	0,05	0,05	0,05	CLORDANO (total de isômeros)	ug/l	0,3	0,04	0,03
BÁRIO	mg/l Ba	1,0	1,0	1,0	1,0	DDT (P-P/DDT; O-PDDT P-P/DDE; O-P/DDT)	ug/l	1	0,001	1
BERÍLIO	mg/l Be	---	0,1	---	---	ENDRIN	ug/l	0,2	0,004	---
BORO	mg/l B	---	0,75	---	---	HEPTACLORO E HEPTACLORO EPÓXIDO	ug/l	0,1	---	0,1
CÁDMIO	mg/l Cd	0,005	0,001	0,005	0,01	HEXACLOROBENZENO	ug/l	3	---	0,01
CHUMBO	mg/l Pb	0,05	0,03	0,05	0,05	LINDANO (GAMA HCH)	ug/l	3	---	3
CIANETOS	mg/l CN	0,1	0,01	0,1	0,2	METOXICLORO	ug/l	30	---	30
CLORETOS	mg/l Cl	250	250	250	100	PENTACLOROFENOL	ug/l	10	10	10
COBALTO	mg/l Co	---	0,2	---	---	TETRACLOROETO DE CARBONO	ug/l	3	3	3
COBRE	mg/l Cu	1,0	0,02	1,0	1,0	TETRACLOROETENO	ug/l	10	10	10
COLIFORMES TOTAIS	NMP/100 ml	0 (1)	0	10 (2)	0 (3)	TOXAFENO	ug/l	5	---	---
COR APARENTE	UH	5	---	5	5	TRICLOROETENO	ug/l	100	---	---
CROMO TRIVALENTE	mg/l Cr	---	0,5	---	---	TRIHALOMETANOS	ug/l	100	---	---
CROMO HEXAVALENTE	mg/l Cr	---	0,05	---	0,05	1/1 DICLOROETANO	ug/l	0,3	0,3	---
CROMO TOTAL	mg/l Cr	0,05	---	0,05	---	1/2 DICLOROETANO	ug/l	10	10	10
D.B.O	mg/l O ₂	---	3	6	---	2/4 D	ug/l	100	---	100
D.Q.O.	mg/l O ₂	---	---	10	---	2/4/6 TRICLOROFENOL	ug/l	10	10	10
DUREZA TOTAL	mg/l CaCO ₃	500	---	---	---					
ESTANHO	mg/l Sn	---	2,0	---	---					
FENÓIS	mg/l C ₆ H ₅ OH	0,001	0,001	0,001	---					
FERRO TOTAL	mg/l Fe	0,3	0,03	0,3	---					
FLUORETOS	mg/l F	---	1,4	1,5	1,0					
FOSFATO TOTAL	mg/l P	---	0,025	---	---					
LÍTIO	mg/l Li	---	2,5	---	---					
MANGANÊS	mg/l Mn	0,1	0,1	0,1	0,05					
MERCÚRIO	mg/l Hg	0,001	0,0002	0,001	0,001					
NITRATOS	mg/l N	10	10	10	0					
NITRITOS	mg/l N	---	1	---	0					
N-ALBUMINÓIDE	mg/l NH ₃	---	---	---	0,03					
N-AMONICAL	mg/l NH ₃	---	---	---	0,05					
ÓLEOS E GRAXAS	mg/l	---	---	1	---					
OXIGÊNIO CONSUMIDO (melo ácido)	mg/l O ₂	---	---	---	4,5					
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	mg/l O ₂	---	> 6,0	---	---					
pH		6,5 - 8,5	6,0 - 9,0	7,0 - 8,5	4,0 - 9,0					
PRATA	mg/l Ag	0,05	0,01	0,05	---					
RESÍDUO SECO	mg/l (180 oC)	---	---	---	1.500					
SELÊNIO	mg/l Se	0,01	0,01	0,01	0,01					
SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS	mg/l	1000	500	500	---					
SULFATOS	mg/l SO ₄	400	250	400	---					
SULFETOS	mg/l S	0,025	0,002	---	---					
TURBIDEZ	UT	1	---	5	3					
ZINCO	mg/l Zn	5	0,18	5	5					

* MINISTÉRIO DA SAÚDE - Portaria no. 36 (19/01/90)

** CONAMA - Resolução no. 20 (18/06/86)

*** O.M.S. - "International Standards For Drinking Water (1984).
Concentração Máxima Aceitável.

**** MINISTÉRIO DA SAÚDE - Portaria no. 1.003 -
Resolução no. 25 (13/08/1976) - ÁGUAS MINERAIS E NATURAIS DE FONTE

(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 duas análises consecutivas.

(3) - Escherichia Coli ausente em 100 ml

LOCALIDADE	FONTE	PARÂMETROS FORA DOS PADRÕES DE POTABILIDADE (*)				
		1993	1994	1995	1996 (**)	1997
Águas de Contendas	Ferruginosa	NA	T, Cor, Mn, N Org	T, Mn, N Am	NA	T, Mn, N am, N org
	Gasosa	NA	T, Cor, Mn, N Org	T, Mn, N Org	NA	T, Mn, N am, N org
	Magnesiana	NA	NA	N Am	NA	N am
Cambuquira	Marimbeiro 1	NA	NA	T, N Am	NA	NA
	Marimbeiro 2	NA	NA	T, N Am, N Org	NA	T, N am
	Marimbeiro 3	NA	NA	T, N Am	NA	NA
	Regina Werneck	NA	NA		NA	T, N am
	Fernandes Pinheiro	NA	NA	T, Mn, N Org	NA	T, Mn, N am
	Souza Lima	NA	NA	T	NA	T, N am
	Augusto Ferreira	NA	NA		NA	T, N am, N org
	Roxo Rodrigues	NA	NA	N Org	NA	T, N am, N org
	Laranjal	NA	NA	NA	NA	Mn, N org
Caxambu	Leopoldina	N Am, EF	N Am, N Org, CT, CF	NA	CT	NA
	Duque de Saxe	Mn, F, N Am, N Org, EF	T, Cor, Mn, F, N Am, CT	NA	CT	NA
	Beleza	T, Mn, F, N Am, N Org	T, Cor, Mn, F	NA		NA
	D. Isabel	T, Mn, F, N Am, N Org	T, Cor, Mn, F, N Am, N Org, CF, CT	NA		NA
	D. Pedro II	N Am, N Org	Cor	NA		NA
	Viotti	T, N Am, N Org	N Am	NA		NA
	Venâncio	T, Mn, F, N Am, N Org, CT	T, Mn, F	NA	CT	NA
	Mayrink I	Mn, N Am, N Org	Mn, CT, CF, EF	NA		NA
	Mayrink II	N Am, N Org, CT	F	NA		NA
	Mayrink III	N Am, N Org, CT	N Org	NA		NA
	Tereza Cristina	T, Mn, F, N Am, N Org	T, Mn, F, N Org	NA		NA
	"Geysers"	T, Mn, F, N Am, N Org	T, Cor, Mn, Ba, F, N Am, N Org	NA		NA
Lambari	Magalhães Pinto	NA	NA	Mn, N Am	NA	T, N am
	Fonte 02	NA	NA	Mn	NA	T, N am, N org
	Fonte 03	NA	NA	T, Cor, N Am, N Org, CF	NA	T, N am, N org
	Fonte 04	NA	NA	N Am, N Org	NA	N am
	Fonte 05	NA	NA	NA	NA	N am, N org
	Fonte 06	NA	NA	NA	NA	N am, N org
São Lourenço	Soto Mayor	NA	NA	T, Mn, N Am	NA	Mn, F, N am, N org
	Alcalina	NA	NA	T, Mn, N Am, N Org	NA	T, Mn, N am
	Andrade Figueira	NA	NA	N Org	NA	NA
	Oriente	NA	NA	Mn, N Org	NA	N am
	Vichy	NA	NA	T, Mn, N Org, CF, CT	NA	T, F, N am
	Gasosa	NA	NA	NA	NA	Mn, N am, N org
	Primavera	NA	NA	NA	NA	T, Cor, Mn
	Mantiqueira	NA	NA	NA	NA	Mn, N am, N org
	Poço 07	NA	NA	NA	NA	Mn, N am
	Poço 08	NA	NA	NA	NA	Mn, N am, N org
Poço "Gasoso"	NA	NA	NA	NA	Mn, N am	

Legenda: T: Turbidez; Cor: Cor; Mn: Manganês; Ba: Bário; F: Fluoreto; N Am: Nitrogênio Amoniacal; N Org: Nitrogênio Orgânico;

CT: Coliformes Totais; CF: Coliformes Fecais; EF: Estreptococos Fecais; NA: Não Analisado.

* Ministério da Saúde: Portaria 1.003/76 - resolução 25 (para águas minerais e potáveis de mesa).

** Em 1996, foram feitas somente medidas de temperatura, pH, cond. elétrica e análises bacteriológicas nas fontes de Caxambu.

Quadro 30 - Parâmetros fora dos limites de potabilidade para água mineral das fontes do circuito das Águas.

PARÂMETRO	CARACTERÍSTICAS GERAIS	ORIGEM	LIMITES	INCONVENIENTES E TOXICIDADE
Temperatura	Águas subterrâneas apresentam pouca variação. Corresponde aproximadamente à média anual das temperaturas atmosféricas locais.			
Turbidez	Devido à presença de partículas em suspensão.	Matéria em suspensão como: argila, silte, matéria orgânica finamente dividida, plancton e outros microorganismos.	1,0 UT	Aspecto desagradável na água de beber e também indício de problemas construtivos em poços tubulares.
Cor	Resulta da presença de sólidos totais nas suas diversas frações.	Substâncias dissolvidas de origem mineral e orgânica, matéria em suspensão e colóides.	5,0 UH	Aspecto desagradável, e às vezes, indica contam. orgânica.
pH	Utilizado para expressar a concentração de íons hidrônio e reflete o estado de equilíbrio químico da água.		entre 6,5 e 8,5	Águas com pH < 7 se tornam agressivas a materiais metálicos. Interfere na eficiência do processo de desinfecção por cloro. pH > 9,0 cria dificuldades para as plantas.
Condutividade Elétrica	Capacidade da água conduzir energia elétrica. Em águas doces varia entre 100 e 2.000 uS/cm a 25 oC.	A presença de sais torna a água condutora, tanto mais quanto maior for a concentração.		
Resíduo Seco	É o peso dos materiais dissolvidos ao evaporar-se 1 litro de água. É um parâmetro para avaliar o grau de mineralização das águas. Em águas de um mesmo aquífero, é possível estabelecer uma relação com a C.E.		500 mg/l	
Dureza	Representa a capacidade de uma água consumir sabão ou produzir incrustações. Em águas subterrâneas, varia entre 10 e 300 mg/l de CaCO ₃ .	Devido à presença de compostos de cálcio, magnésio, bicarbonato, carbonato e cloreto.	500 mg/l	Águas duras causam incrustações, produzem grande consumo de sabão e dificultam o cozimento de alimentos.
Íons Fundamentais HCO ₃ Cl SO ₄ Ca Mn Na K	A quase totalidade dos íons dissolvidos nas águas é constituída por esses íons, que serão os que determinarão os aspectos químicos e hidrogeológicos das águas. Teores acima do "back ground" regional poderão indicar contaminação.	Bicarbonato: no CO ₂ atmosférico e no CO ₂ em solos ricos em matéria orgânica. Cloro: na dissolução de minerais de rochas ígneas (sodalita), sedimentares de origem marinha (apatita e evaporitos) e efluentes urbanos e industriais. Sulfatos: na oxidação de sulfetos de metais pesados presentes nas rochas e atividades urbanas e industriais. Cálcio: na dissolução de rochas carbonáticas, feldspatos e outros silicatos cálcicos. Magnésio: também da dissolução de rochas carbonáticas, silicatos magnesianos e ferro-magnesianos. Sódio: na lixiviação de rochas ricas em feldspatos e efluentes urbanos e industriais. Potássio: da dissolução de rochas alcalinas e efluentes industriais, minerários e agrícolas. Raramente ocorrem em águas naturais.	Cl: 250 mg/l SO ₄ : 400 mg/l	Cloro: mais de 300 mg/l transmitem sabor salgado, são prejudiciais a muitas plantas e transmitem corrosividade à água. Sulfatos: Quantidades elevadas são prejudiciais às plantas e a resistência do concreto, também transmite sabor amargo. Cálcio e Magnésio: Contribuem para a dureza e na produção de incrustações. Sódio: é prejudicial às plantas ao reduzir a permeabilidade do solo; também criam problemas de espumas em caldeiras.

Quadro 31a - Características dos principais parâmetros físico-químicos analisados.

PARÂMETRO	CARACTERÍSTICAS GERAIS	ORIGEM	LIMITES	INCONVENIENTES E TOXICIDADE
Ferro	De química complexa, poderá ocorrer na forma de colóides, ou precipitar-se em função do pH, Eh e composição da solução. Certos microorganismos (Ferrobactérias), em águas com excesso de O ₂ e abundante CO ₂ , utilizam a energia da passagem de Fe ²⁺ para Fe ³⁺ . Varia entre 0 e 10 mg/l.	Lixiviação de silicatos ferríferos, sulfetos, óxidos de ferro e lixiviação da maioria das rochas sedimentares. Também procede pouca e lentamente dos revestimentos de poços tubulares.	0,3 mg/l	Ao oxidar-se, produz incrustações e manchas. Geralmente inconveniente para processos industriais, e mais de 5 mg/l é tóxico para as plantas.
Manganês	Comportamento químico similar ao íon ferro. Não é encontrado normalmente em águas naturais.	Igual as do ferro, em águas ácidas e em casos de poluição industrial.	0,1 mg/l	Produz sabor desagradável na água de beber e, ao oxidar-se, forma manchas negras. Em quantidades elevadas ataca o sistema nervoso central.
Metais Pesados (Al; As; Cd; Pb; Hg; Cr; Cu; Ni; Se; Zn)	Condições físico-químicas particulares favorecem ou não a solubilidade desses íons, mas geralmente a maior solubilidade ocorre em águas ácidas (pH << 7).	Relacionada a fontes minerais, efluentes industriais, resíduos industriais e de minerações, esgotos domésticos e resíduos de produtos utilizados na agricultura.	.	Em concentrações excessivas, alguns elementos são tóxicos, e outros, como chumbo e mercúrio, são cumulativos até atingir concentrações danosas a saúde ou até mesmo letais.
Flúor	Não é comum nas águas, apesar de mais abundante nas rochas do que o cloro. De solubilidade em geral baixa. Sua conc. varia entre 0,1 e 1,0 mg/l.	Dissolução de minerais fluoretados como fluorita, criolita e fluorapatita.	1,5 mg/l	Concent. elevadas podem causar problemas na conservação dos dentes. Sua ausência também causa o mesmo problema.
Fosfato	De solubilidade baixa. Sua concentração varia entre 0,01 e 1,0 mg/l.	Lixiviação do mineral apatita, resíduos industriais, esgotos domésticos, detergentes e uso de fertilizantes.	0,025 mg/l	Elevadas concentrações criam condições para a reprodução anormal de algas e outros microorganismos.
Silica	É um dos elementos mais abundantes nas rochas da crosta, todavia não mantém a mesma posição na composição das águas por causa de sua química complexa.	Da dissolução dos diversos minerais silicatados.		Altas concentrações causam incrustações em caldeiras e aquecedores.
Detergentes	Agentes tensoativos, surfactantes ou espumantes, são um grupo de compostos que tem a propriedade de diminuir a tensão superficial dos líquidos em que se acham dissolvidos.	Procedentes tanto de indústrias como de efluentes, pela presença de proteínas mais ou menos degradáveis, de sais minerais dissolvidos, temperaturas elevadas e pHs ácidos.	0,2 mg/l LAS	Causam problemas na solubilização do oxigênio do ar, interferência na depuração, nos processos de sedimentação primária e floculação, além de transmitir gosto e sabor desagradáveis às águas.
Fenóis	São compostos orgânicos não encontrados naturalmente nas águas. Tem a propriedade de resistir à oxidação, passar através de materiais filtrantes e ser pouco absorvíveis.	Lavagens de gases de coqueria, corantes, revestimentos e pinturas betuminosas, pesticidas, produtos para o gado, detergentes, etc. Também da decomposição da matéria orgânica.	0,001 mg/l	Transmitem gosto e sabor desagradáveis às águas de beber.
Óleos e Graxas	Em parte não são muito tóxicos, mas produzem inconvenientes e doenças.	Efluentes de oficinas e postos de gasolina, acidentes de transportes, arrasto pela chuva em áreas urbanas, estradas e aeroportos.	1,0 mg/l	Interferem no tratamento e depuração das águas e produzem dermatose.
Nitrogênio	Existe na biosfera em todos os seres vivos, compondo proteínas. A amônia albuminóide representa a substância orgânica ainda não decomposta. O nitrito indica que a decomposição está em processo, e o final do estágio, o nitrato, indica que a água passou por camadas que continham material protéico em decomposição.	É o elemento que fornece os melhores indícios de contaminação, denunciando quase sempre poluição de origem animal. Também associado a resíduos urbanos e industriais, pecuários e adubos agrícolas.	N. Album. 0,03 N. Amon. 0,05 Nitrito 1,0 Nitrato 10,0 (mg/l)	Produz cianose em crianças, transmite corrosividade à água e interfere em processos de fermentação.
Coliformes	Bactérias utilizadas como principal indicador no controle sanitário da água destinada ao consumo humano. Residem no intestino do homem e de outros animais e estão presentes, em grandes quantidades, nas fezes.	Originam-se de descargas fecais de pessoas e animais. Bactérias e vírus patogênicos também se originam da mesma fonte.	ausência	Doenças veiculadas por bactérias, ou outros seres patogênicos.

* Al = 0,2 mg/l; As = 0,05 mg/l; Cd = 0,005 mg/l; Pb = 0,05 mg/l; Cu = 1,0 mg/l; Cr total = 0,05 mg/l; Hg = 0,001 mg/l; Se = 0,01 mg/l; Zn = 5,0 mg/l

Quadro 31b - Características dos principais parâmetros físico-químicos analisados.

10.6 - Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos à Contaminação

O termo vulnerabilidade do aquífero à contaminação é utilizado para representar as características intrínsecas que determinam a susceptibilidade de um aquífero ser adversamente afetado por uma carga contaminante (Foster, 1993).

A vulnerabilidade é função da inacessibilidade hidráulica, da zona saturada, da penetração de contaminantes e da capacidade de retenção física e reações químicas com contaminantes nos estratos da zona não saturada.

Partindo-se desse princípio a vulnerabilidade pode ser classificada com base nos seguintes parâmetros:

1. profundidade do nível freático;
2. tipo de ocorrência da água subterrânea (confinado, semiconfinado, livre e surgente);
3. características litológicas e graus de consolidação dos estratos acima da zona não saturada.

Para cada um desses fatores é definido um valor na escala de 0 a 1, e o produto entre eles é o índice de vulnerabilidade do aquífero. O índice obtido está associado às vulnerabilidades que vão de nenhuma a extrema (figura 49).

Vale ressaltar que essa classificação é em nível de reconhecimento e deverá ser considerada com cautela quando se tratar de contaminantes móveis e persistentes no solo. Na verdade, a vulnerabilidade deverá ser avaliada para cada tipo de contaminante (bacteriológicos, metais, químicos orgânicos, etc) ou cada grupo de atividades contaminantes (saneamento, efluentes industriais, atividades agrícolas, etc), pois o conceito de "vulnerabilidade ampla a um contaminante universal em um cenário típico de contaminação" não tem validade.

Outra consideração são as áreas onde predominam aquíferos fraturados, naturalmente heterogêneos e anisotrópicos, o que dificulta o estabelecimento de superfícies de níveis d'água quando não se dispõe de uma densidade e fiabilidade de dados adequada, como é o caso da área estudada.

Todavia, se procurou, a partir dos dados levantados, delinear mapas de referência em um nível de reconhecimento e tecnicamente válidos, desde que não se trate de contaminantes móveis e persistentes, que não sofram transformações ou retenções no solo. Também pequenas obras de engenharia como tubulões de edificações, poços tubulares mal construídos e abandonados, loteamentos, ruas e estradas, ou melhor, quaisquer obras de engenharia alterarão as condições naturais do solo e dos níveis freáticos, que ocasionarão modificações, às vezes extremas, na vulnerabilidade.

Os mapas das figuras 50 a 54 indicam que, na área predominam classes de vulnerabilidades, que vão de negligenciável a alta, segundo as seguintes considerações:

Vulnerabilidade Negligenciável: ocorre em aquíferos surgentes a confinados (0,1 a 0,2), com o substrato de argilas e areias aluvionares (0,5 a 0,6), com o nível freático > 5 m (0,5 a 0,7).

Vulnerabilidade Baixa: aquíferos não confinados ou livres cobertos por solos (0,6), em sedimentos aluvionares ou formações metamórficas fissuradas (0,5 a 0,6) e com níveis freáticos < 5,0 m (0,9).

Vulnerabilidade Moderada: aquíferos não confinados com pouca espessura de solo (0,8), em formações ígneas ou metamórficas fissuradas (0,7) e com níveis freáticos < 5,0 m (0,9).

Vulnerabilidade Alta: aquíferos não confinados ou livres sem cobertura de solo (0,9), em formações ígneas ou metamórficas fissuradas (0,7) e níveis freáticos < 5,0 m (0,9).

10.7 - Conclusões

- Os principais aquíferos são do tipo fraturados descontínuos e intergranulares livres ou semiconfinados. A litologia predominante dos aquíferos fraturados são gnaisses, xistos e quartzitos, e as áreas mais propícias para a ocorrência de água subterrânea são as interseções das fraturas de direções N35-40E com as N40-50W. Os aquíferos intergranulares são rasos, sem muita importância como recurso hídrico, mas de extrema influência na recarga dos aquíferos fraturados. São aquíferos de produtividade limitada, e, portanto, as demandas deverão adequar-se às limitações existentes.
- As ocorrências hidrominerais estão relacionadas ao aquífero fraturado em rochas gnáissicas em zonas de cisalhamento. O aquífero é do tipo semiconfinado, recoberto por sedimentos cenozóicos de composição areno-silte-argilosa com níveis ricos em matéria orgânica de até 9,0 m de espessura.
- Estruturalmente, as ocorrências hidrominerais também apresentam condicionantes comuns, como é o caso de sistema de fraturamento N-S com NE (Águas de Contendas, São Lourenço, Caxambu, Marimbeiro e Fazenda Laranjal), e N-S com NW (Cambuquira) e N-NW com NE (Lambari).
- A recarga se dá através da infiltração de águas pluviais nos horizontes intemperizados das rochas gnáissicas, em áreas de morros topograficamente mais elevados próximos às fontes, percolação através de zonas milonitizadas e fraturas, parcialmente preenchidas ou não, por diques pegmatóides ou brechas alcalinas, circulação a distintas profundidades, descarga nas áreas topograficamente mais baixas, onde se encontram sedimentos cenozóicos formadores de aquíferos livres e semiconfinados e, finalmente, lagos e cursos d'água.
- A mineralização das águas resulta da dissolução, pelas águas pluviais infiltrantes que percolam através das fraturas, dos minerais presentes nas zonas milonitizadas e nos veios de brechas alcalinas situados nas proximidades das fontes. Outro fator provável de mineralização são os sedimentos ricos em argila orgânica situados nas zonas de descarga, responsáveis pela solubilidade do ferro e manganês e das condições físico-químicas para a geração do anidrido carbônico. Dessa forma, as águas minerais seriam resultado de uma mistura de águas do aquífero fraturado com águas do aquífero aluvionar ou intergranular.
- O grau de mineralização das águas é bastante variado, inclusive para uma mesma estância, com o resíduo seco variando entre 20,0 (Cambuquira) e 1.480,50 mg/l (Caxambu). As águas minerais são do tipo bicarbonatadas cálcicas, sódicas ou mistas, frias, carbogasosas, não-radioativas a radioativas, algumas ferruginosas e/ou sulfurosas com pH ácido a ligeiramente ácido.
- A diversidade de tipos de água existentes está relacionada aos diferentes tempos de residência das águas das diferentes fontes. O tempo de interação água-rocha, e a profundidade de percolação definirão o grau de mineralização.
- Os resultados físico-químicos mostraram que algumas águas minerais apresentam teores elevados, às vezes acima do padrão de potabilidade de águas para consumo humano, de turbidez, ferro, manganês, alumínio, bário, flúor e fosfato. E também, às vezes acima dos limites estabelecidos para águas minerais, de turbidez, manganês, bário, flúor e nitrogênio amoniacal e orgânico.
- Algumas análises apresentaram indícios de contaminantes bacteriológicos que possivelmente estão associados a águas residuárias infiltrantes, consequência dos deficientes

sistemas de captação, uma vez que alguns deles datam do início do século e são feitos de materiais cerâmicos sujeitos a rompimentos, principalmente nos pisos dos fontanários.

- Os aquíferos existentes apresentam graus de vulnerabilidade natural variando de negligenciável a alta, sendo que as áreas de maior preocupação são as zonas de fraturamento recobertas por manto de intemperismo pouco espesso. As obras de engenharia e atividades agrícolas deverão ser avaliadas quanto ao grau de alteração das condições naturais dos solos e de acessibilidade hidráulica às zonas saturadas, de maneira a evitar a penetração intencional e acidental de contaminantes nos aquíferos.
- As fontes situam-se em áreas de risco de contaminação, sobretudo pela proximidade às redes de esgotamento precárias e sem monitoramento dentro dos parques e nas áreas urbanas.
- Os estudos comparativos de qualidade química e vazão das medidas realizadas no início do século com as executadas para este estudo indicaram que houve uma diminuição da mineralização das águas e, localmente, reduções de vazão, às vezes acentuadas (fontes Vichy e Alcalina em São Lourenço). Possivelmente esse fenômeno esteja associado a ações antrópicas como desmatamento em áreas de recarga e à superexploração dos aquíferos através dos poços em exploração e dos novos poços perfurados.

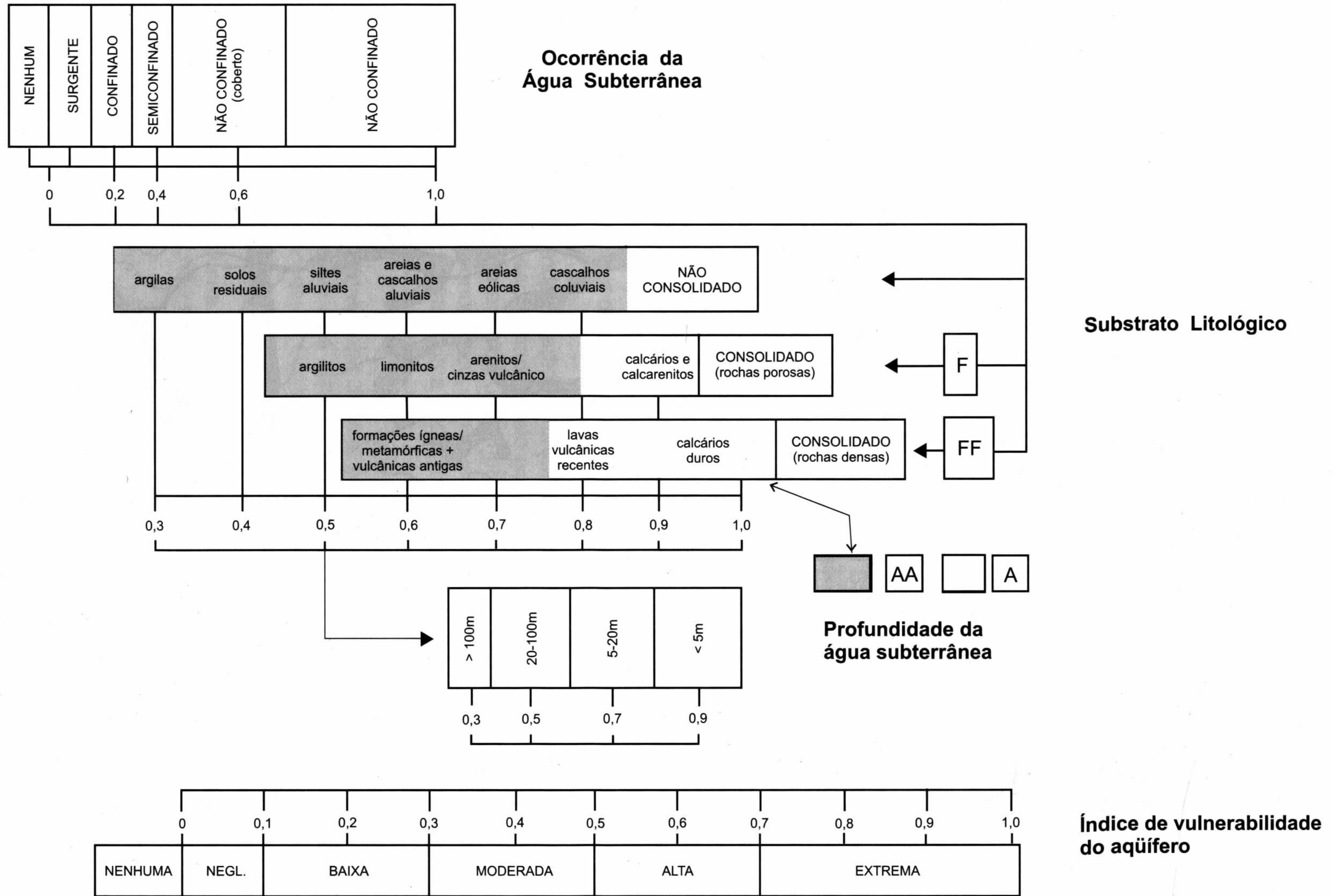
10.8 - Recomendações

O conhecimento da dinâmica dos aquíferos provedores das águas minerais, apesar dos estudos já realizados, não se mostra completo, sendo necessário o desenvolvimento de atividades complementares que possam acrescentar dados para a elaboração de um modelo hidrogeológico consistente e mais próximo do real. São as seguintes as propostas de estudos a ser desenvolvidos.

- **Cadastramento permanente dos pontos de água**, tais como poços tubulares profundos, poços escavados e nascentes situados próximo às ocorrências hidrominerais ou relativamente distantes, mas de alguma forma relacionados aos aquíferos provedores das águas minerais. Esses dados são de grande importância para a obtenção de dados relativos à caracterização litológica, parâmetros hidrodinâmicos (K, T e S), níveis estáticos e dinâmicos, produtividade dos aquíferos, relações com os fraturamentos e qualidade química das águas.
- **Estudos geofísicos que delimitem, em extensão e profundidade, os sedimentos cenozóicos relacionados às ocorrências de águas minerais.** O método recomendado é a sísmica de refração rasa, que apresenta uma boa resposta para delimitação da profundidade do material inconsolidado que recobre a rocha sã. Outro método que poderá ser utilizado, em conjunto com o método sísmico, é o de eletrorresistividade, particularmente na definição das profundidades das camadas argilosas e arenosas, de grande importância para a elaboração do modelo hidrogeológico.
- **Sondagens feitas a trado ou, se possível, a percussão, em locais a ser definidos nos Parques das Águas.** Os resultados obtidos caracterizarão litoestratigraficamente os sedimentos aluvionares e auxiliarão na calibragem dos métodos geofísicos a ser aplicados. Os furos de sondagem poderão ser revestidos de tubos de PVC para servirem de piezômetros ou até de pontos de amostragem química.
- **Perfilagens químicas em poços tubulares desativados/ não instalados ou mesmo nos furos de sondagens** que estejam revestidos e apresentem entradas de água em níveis determinados. Será utilizado um equipamento específico, de maneira que os resultados estabeleçam possíveis estratificações químicas.
- **Controle das fontes potencialmente contaminantes** através de uma detalhada pesquisa de campo, onde serão identificadas e mapeadas as principais atividades potencialmente poluentes (matadouros, postos de gasolina, redes de esgoto, oficinas mecânicas, agricultura, etc.), as condições de disposição das matérias-primas utilizadas nos proces-

tos industriais e o destino dos efluentes líquidos gerados pelas indústrias ou pelas comunidades. A partir de então, serão estabelecidas normas restritivas, principalmente nas áreas a montante dos parques.

- **Datação das águas minerais** através dos isótopos Deutério, Trítio e O_{18} ou até Carbono 14, que possibilitarão estabelecer os tempos de trânsito e os possíveis trajetos de percolação das águas de recarga.
- **Determinação das reservas** através de ensaios de bombeamento planejados, onde serão definidos os parâmetros hidrodinâmicos (transmissibilidade e permeabilidade) para os cálculos de volume de água disponível, estabelecendo, assim, um regime de exploração racional dos aquíferos.
- **Monitoramento químico** das águas seguindo a legislação do Ministério da Saúde sobre águas minerais e potáveis de mesa (Resolução 25/76), que estabelece uma frequência mínima de 4 vezes/ano de análises químicas e físico-químicas, coliformes, escherichia coli e contagem padrão em placas. As águas subterrâneas naturais próximas às fontes também deverão ser analisadas periodicamente.
- **Elaboração de legislação** que regulamente o uso de águas subterrâneas nas proximidades dos parques das águas, evitando, desta forma, a superexploração dos aquíferos. Também deverá ser contemplado o destino dos poços desativados, que deverão ser cimentados para se evitar a introdução intencional ou acidental de contaminantes nos aquíferos.



(A-Capacidade de atenuação relativa, F- grau de fissuração)

Figura 49 - Sistema DIOS para avaliação do índice de vulnerabilidade do aquífero (Foster, 1987).

45°02'04"
21°53'12"

44°53'12"
21°53'12"

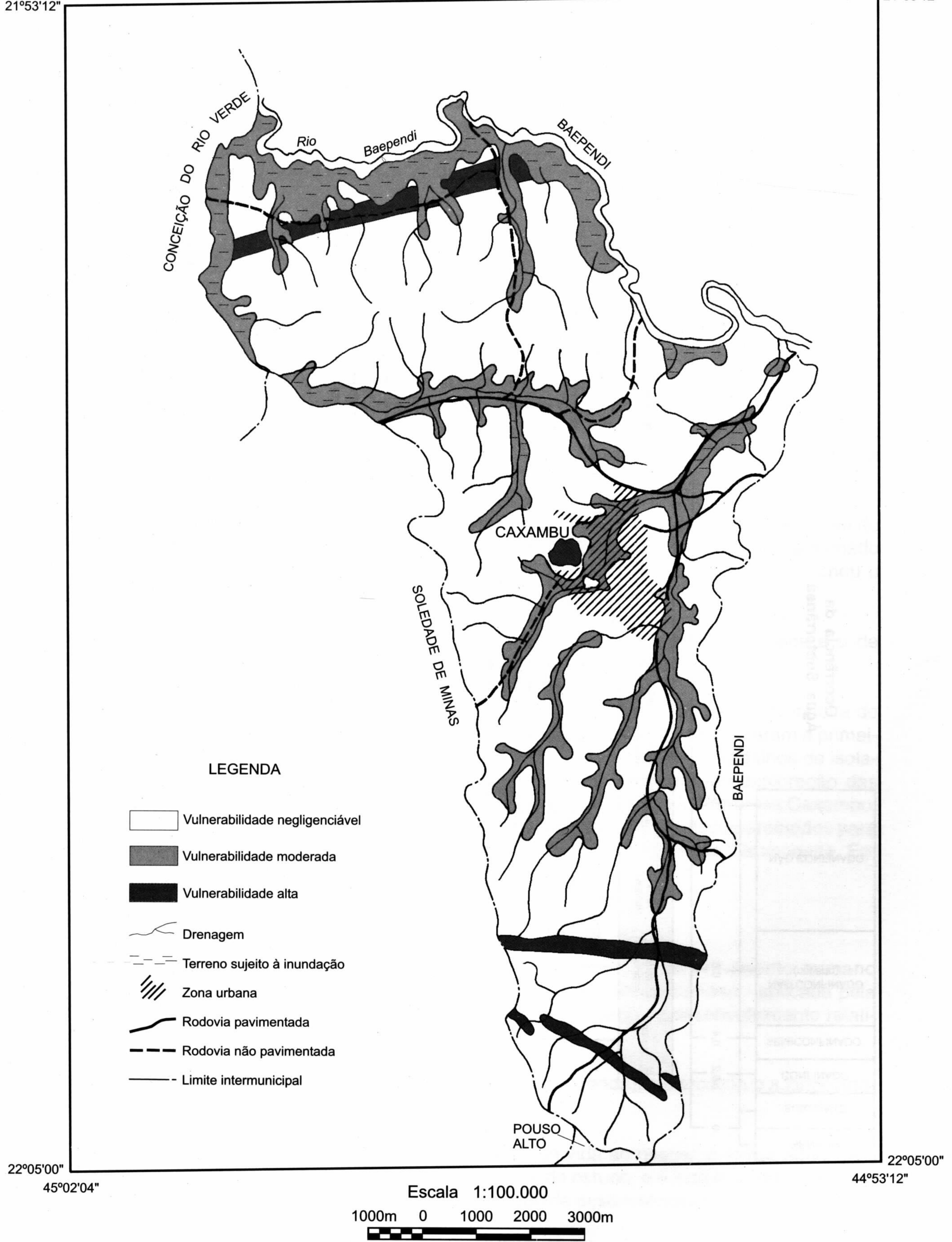
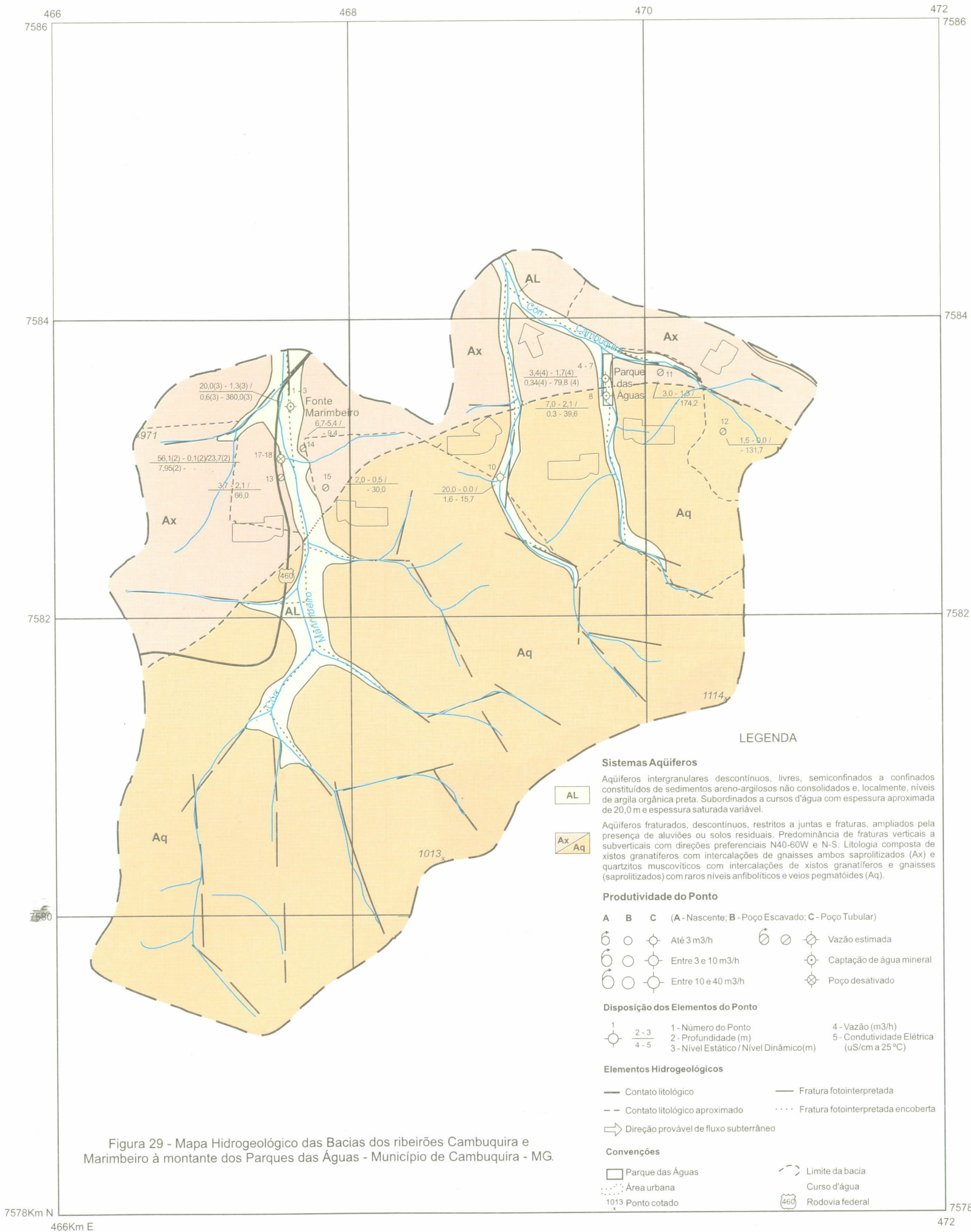


Figura 52 - Mapa de Vulnerabilidade Natural dos Aqüíferos à Poluição.



Programa GATE- Informações para Gestão e Administração Territorial, executado pela CPRM- Serviço Geológico do Brasil, no DEGET- Departamento de Gestão Territorial, coordenado por Cássio Roberto da Silva, na gestão do Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT, Antônio Juarez Milmann Martins. Projeto Circuito das Águas, executado pela Superintendência Regional de Belo Horizonte - SUREG/BH, em convênio com a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, na Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial, geólogo Fernando Antônio de Oliveira.
Supervisão Técnica: Jayme Álvaro de Lima Cabral
Coordenação: Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira
Execução: Décio A. Chaves Beato e Flávia Maria de F. Nascimento



Base plani-altimétrica gerada a partir da digitalização da base cartográfica da folha Lambari, SF.23-V-D-VI-3 do IBGE, escala 1:50.000, ampliada para escala 1:25.000. Edição cartográfica executada na GERIDE/ CPRM/ BH, sob a supervisão geral do Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento, geólogo Nelson Baptista de O. Resende Costa, com a coordenação da geógrafa Rosângela G. Bastos de Souza. Edição e arte-final: Valdiva de Oliveira e Márcio Ferreira Augusto.

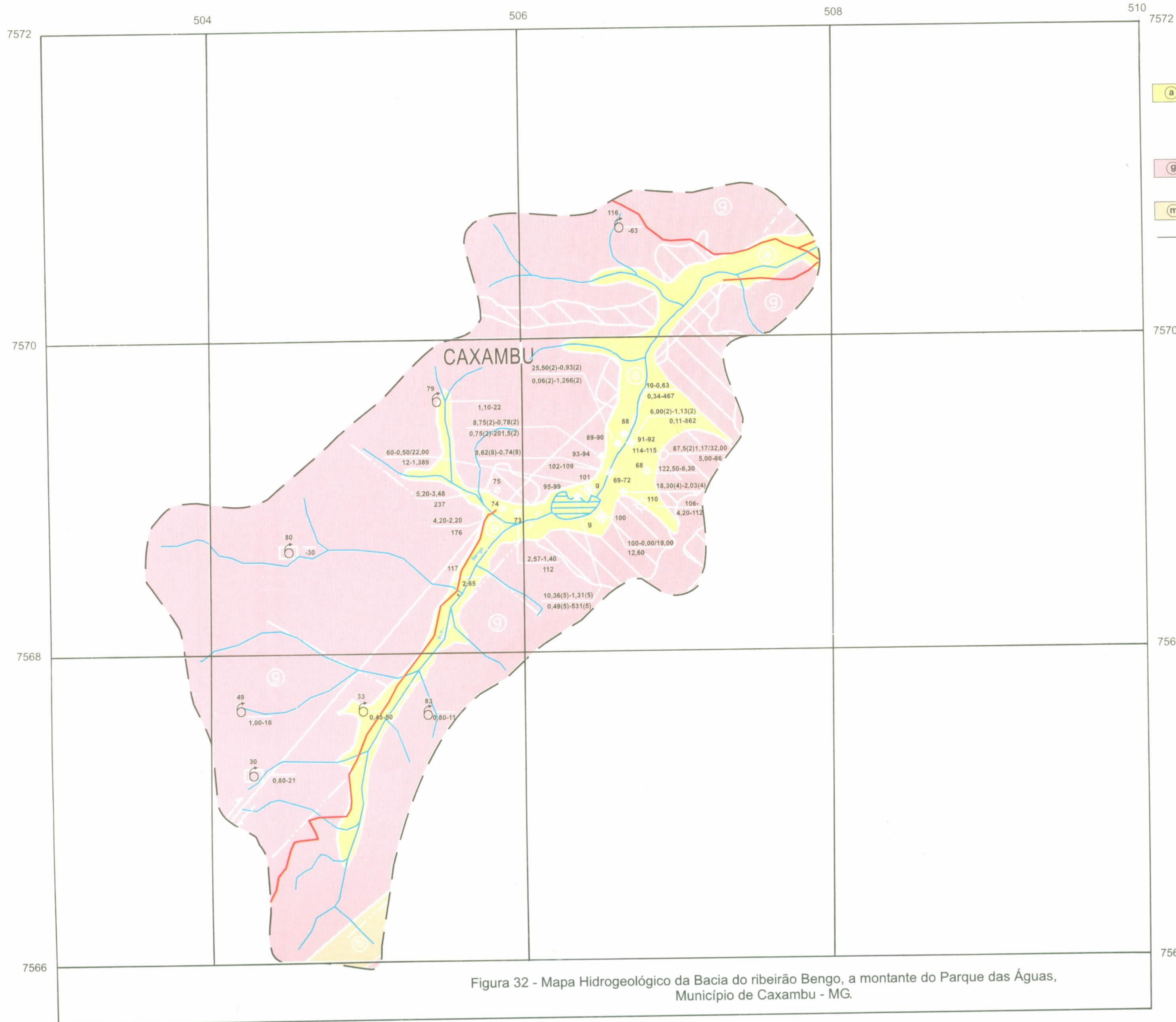


Figura 32 - Mapa Hidrogeológico da Bacia do ribeirão Bengo, a montante do Parque das Águas, Município de Caxambu - MG.

LEGENDA

Sistemas Aqüíferos

- (a)** Aqüíferos intergranulares descontínuos, locais, livres, semiconfinados e/ou confinados subordinados a cursos d'água. Constituídos de cascalho, areia, silte e argila em proporções diversas. Espessura máxima de 20 metros. Permeabilidade alta a média, ocasionalmente baixa dependendo da proporção de silte e argila. Alimentação direta através dos rios e chuvas. Aproveitamento por poços escavados de grande diâmetro ou tubulares rasos.
- (g)** Aqüíferos descontínuos fraturados livres. Litologia representada por gnaisses, quartzitos e rocha intrusiva alcalina. Permeabilidade média a baixa. Aproveitamento por poços tubulares de até 100 metros.
- (m)** Aqüíferos praticamente ausentes, caracterizando áreas onde predominam xistos. Ocorrências de água subterrânea de pequena expressão restritas a níveis quartzílicos.

— Limite de sistemas aqüíferos

Produtividade do Poço

(Vazões para poços tubulares, definidas para rebaixamento de nível d'água de 25 m)

A B C (A - Nascente; B - Poço Escavado; C - Poço Tubular; D - Sondagem)

- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---------------------------|
| ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | Vazão estimada |
| ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | Captação água mineral |
| ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | Poço tubular água mineral |
| ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | Sondagem |

Disposição dos Elementos

- | | | |
|---|---|--|
| 1 | 1 | 1 - Número do poço |
| 2 | 2 | 2 - Aqüífero captado |
| 3 | 3 | 3 - Profundidade (m) |
| 4 | 4 | 4 - Nível estático (m)/Nível dinâmico(m) |
| 5 | 5 | 5 - Vazão (m ³ /h) |
| 6 | 6 | 6 - Totais de sais dissolvidos (mg/l) (entre parênteses o número de dados usados para obter as médias) |

Elementos Estruturais

- ≡ Limite de zona de cisalhamento
- Fratura definida e encoberta

Convenções Cartográficas

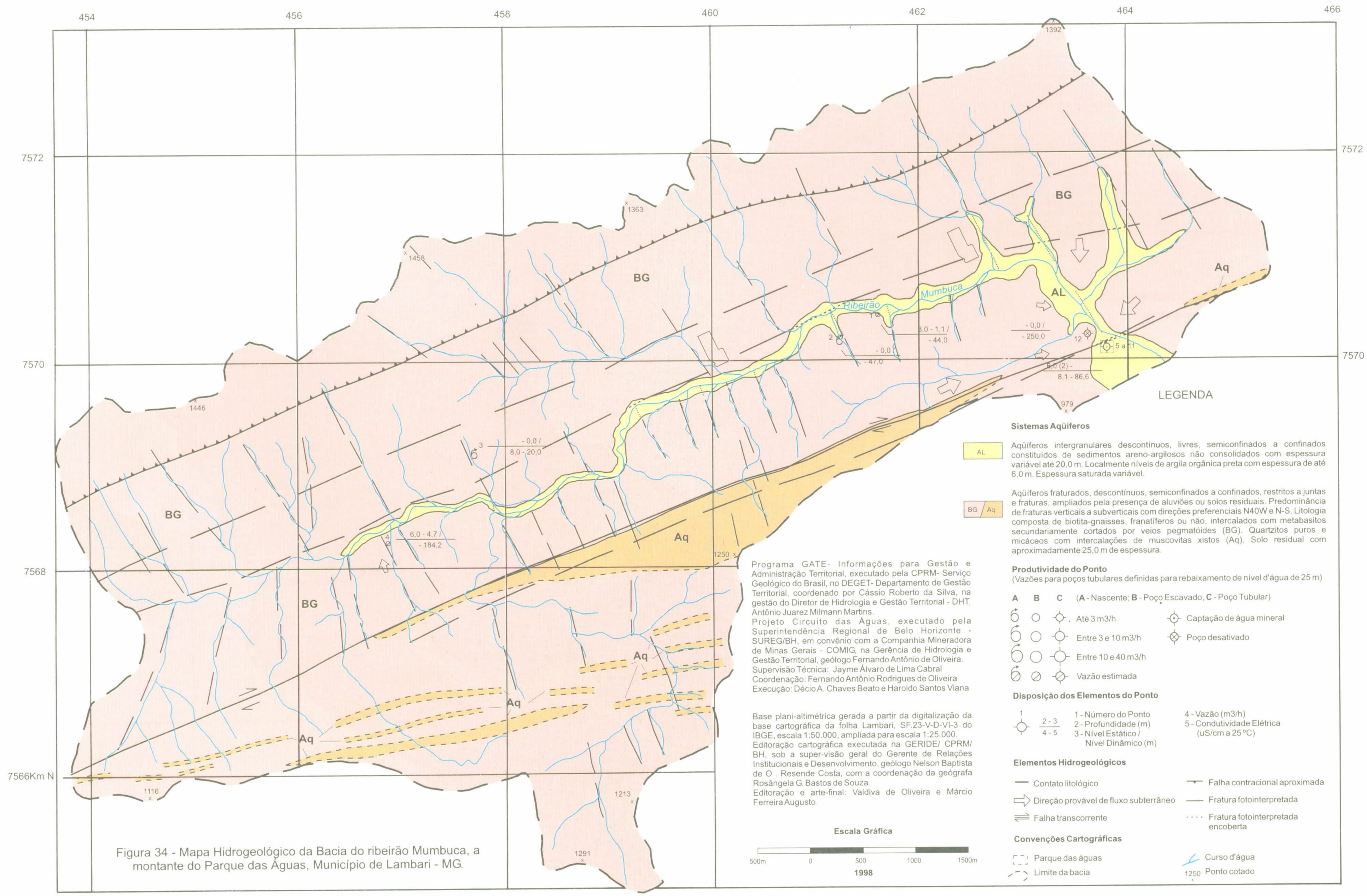
- Estrada pavimentada
- ▨ Área urbana
- Curso d'água
- Captação de nascente
- Limite de bacia hidrográfica
- Lago

Escala Gráfica



Programa GATE- Informações para Gestão e Administração Territorial, executado pela CPRM- Serviço Geológico do Brasil, no DEGET- Departamento de Gestão Territorial, coordenado por Cássio Roberto da Silva, na gestão do Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT, Antônio Juarez Milmann Martins. Projeto Circuito das Águas, executado pela Superintendência Regional de Belo Horizonte - SUREG/BH, em convênio com a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, na Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial, geólogo Fernando Antônio de Oliveira. Supervisão Técnica: Jayme Álvaro de Lima Cabral. Coordenação: Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira. Adaptado do Mapa Hidrogeológico do Município de Caxambu. Executado por José do Espírito Santo Lima.

Base plani-altimétrica gerada a partir da digitalização da base cartográfica das folhas Caxambu, SF.23-X-C-IV-3; Pouso Alto, SF.23-Z-A-I-1 e Conceição do Rio Verde, SF.23-V-D-VI-4, do IBGE, escala 1:50.000, ampliada para escala 1:25.000. Editoração cartográfica executada na GERIDE/ CPRM/ BH, sob a super-visão geral do Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento, geólogo Nelson Baptista de O. Resende Costa, com a coordenação da geógrafa Rosângela G. Bastos de Souza. Editoração e arte-final: Valdiva de Oliveira e Márcio Ferreira Augusto.





122

LEGENDA

Sistemas Aquíferos

- AL** Aquíferos intergranulares descontínuos, livres, semiconfinados a confinados constituídos de sedimentos areno-argilosos não consolidados com espessura de até 14m e presença de níveis de argila orgânica preta com espessura de até 8,0 m. Espessura saturada variável.
- BG** Aquíferos fraturados, descontínuos, semiconfinados a confinados, restritos a juntas e fraturas, ampliados pela presença de aluviões ou solos residuais. Predominância de fraturas verticais a subverticais com direções preferenciais N40W e N-S. Litologia composta de biotita-gnaisses, granatíferos ou não, intercalados com metabasitos secundariamente cortados por veios pegmatóides. Solo residual com aproximadamente 25,0 m de espessura.

Produtividade do Ponto
(Vazões para poços tubulares definidas para rebaixamento de nível d'água de 25 m)

- | A | B | C | (A - Nascente; B - Poço Escavado; C - Poço Tubular) |
|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---|
| Até 3 m ³ /h | Entre 3 e 10 m ³ /h | Entre 10 e 40 m ³ /h | Vazão estimada |
- Captação de água mineral
 - Poço desativado

Disposição dos Elementos do Ponto

- | | | | | |
|---------------------|----------------------|--|-------------------------------|--|
| 1 - Número do Ponto | 2 - Profundidade (m) | 3 - Nível Estático / Nível Dinâmico(m) | 4 - Vazão (m ³ /h) | 5 - Condutividade Elétrica (uS/cm a 25 °C) |
|---------------------|----------------------|--|-------------------------------|--|

Elementos Hidrogeológicos

- Contato litológico
- Direção provável de fluxo subterrâneo
- Falha transcorrente
- Falha contraccional aproximada
- Fratura fotointerpretada
- Fratura fotointerpretada encoberta

Convenções Cartográficas

- Área urbana
- Estrada pavimentada federal
- Limite da bacia
- Curso d'água
- Ponto cotado

Escala Gráfica



Programa GATE- Informações para Gestão e Administração Territorial, executado pela CPRM- Serviço Geológico do Brasil, no DEGET- Departamento de Gestão Territorial, coordenado por Cássio Roberto da Silva, na gestão do Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT, Antônio Juarez Milmann Martins. Projeto Circuito das Águas, executado pela Superintendência Regional de Belo Horizonte - SUREG/BH, em convênio com a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, na Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial, geólogo Fernando Antônio de Oliveira. Supervisão Técnica: Jayme Álvaro de Lima Cabral. Coordenação: Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira. Execução: Décio A. Chaves Beato e Flávia Maria de F. Nascimento

Base plani-altimétrica gerada a partir da digitalização da base cartográfica da folha São Lourenço, SF.23-Y-B-III-2 do IBGE, escala 1:50.000, ampliada para escala 1:25.000. Editoração cartográfica executada na GERIDE/ CPRM/ BH, sob a super-visão geral do Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento, geólogo Nelson Baptista de O. Resende Costa, com a coordenação da geógrafa Rosângela G. Bastos de Souza. Editoração e arte-final: Valdiva de Oliveira e Márcio Ferreira Augusto.

Figura 36 - Mapa Hidrogeológico da Bacia do ribeirão São Lourenço, a montante do Parque das Águas, Município de São Lourenço - MG.

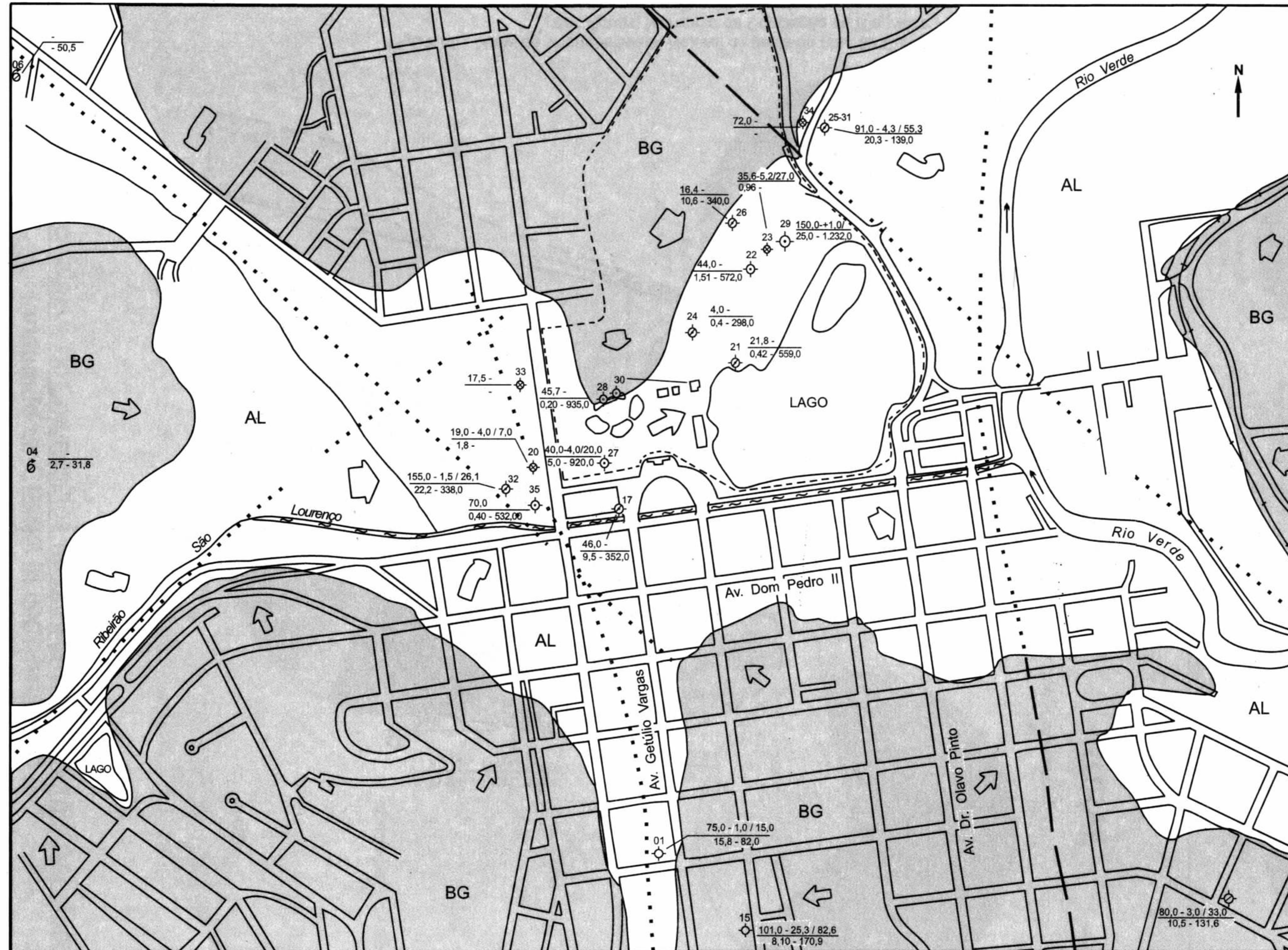


Figura 37 - Mapa Hidrogeológico do Parque das Águas e seu entorno - Município de São Lourenço - MG.

LEGENDA

Sistemas Aquíferos

AL Aquíferos intergranulares descontínuos, livres, semiconfinados a confinados constituídos de sedimentos areno-argilosos não consolidados com espessura variável de até 14,0 m e presença de níveis de argila orgânica preta com espessura de até 8,0 m. Espessura saturada variável.

BG Aquíferos fraturados, descontínuos, semiconfinados a confinados, restritos a juntas e fraturas, ampliados pela presença de aluviões ou solos residuais. Predominância de fraturas verticais a subverticais com direções preferenciais N40W e N-S. Litologia composta de biotita gnaisses, granatíferos ou não, intercalados com metabasitos secundariante cortados por veios pegmatóides. Solo residual com aproximadamente 25,0 m de espessura.

Produtividade do Ponto

(Vazões para poços tubulares definidas para rebaixamento de nível d'água de 25 m)

A	B	C	(A - Nascente; B - Poço Escavado, C - Poço Tubular)	
⊙	⊙	⊙	Até 3 m ³ /h	⊙ - Captação de água mineral
⊙	⊙	⊙	Entre 3 e 10 m ³ /h	⊙ - Captação de água mineral com vazão estimada.
⊙	⊙	⊙	Entre 10 e 40 m ³ /h	⊙ - Poço desativado
⊙	⊙	⊙	Vazão estimada	

Disposição dos Elementos do Ponto

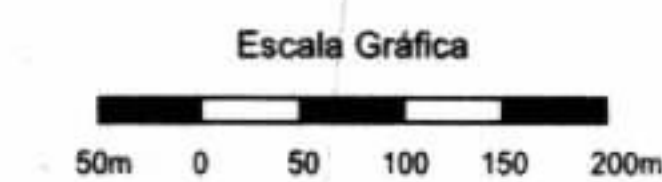
1	1 - Número do Ponto	4 - Vazão (m ³ /h)
2-3	2 - Profundidade (m)	5 - Condutividade Elétrica
4-5	3 - Nível Estático / Nível Dinâmico (m)	(uS/cm a 25 °C)

Elementos Hidrogeológicos

—	Contato litológico	- - -	Fratura fotointerpretada
⇒	Direção provável de fluxo subterrâneo	⋯⋯	Fratura fotointerpretada encoberta

Convenções

↗	Curso d'água	⋯⋯	Área aproximada de manifesto de lavra
⊞	Curso d'água canalizado	—	Ruas e vias de acesso



Base
 Planta Reduzida da Rede de Esgoto-SESP; escala 1:10.000; 1992. Mapa de Distribuição de São Lourenço-CEMIG; escala 1:5.000; folha 442-554(3).

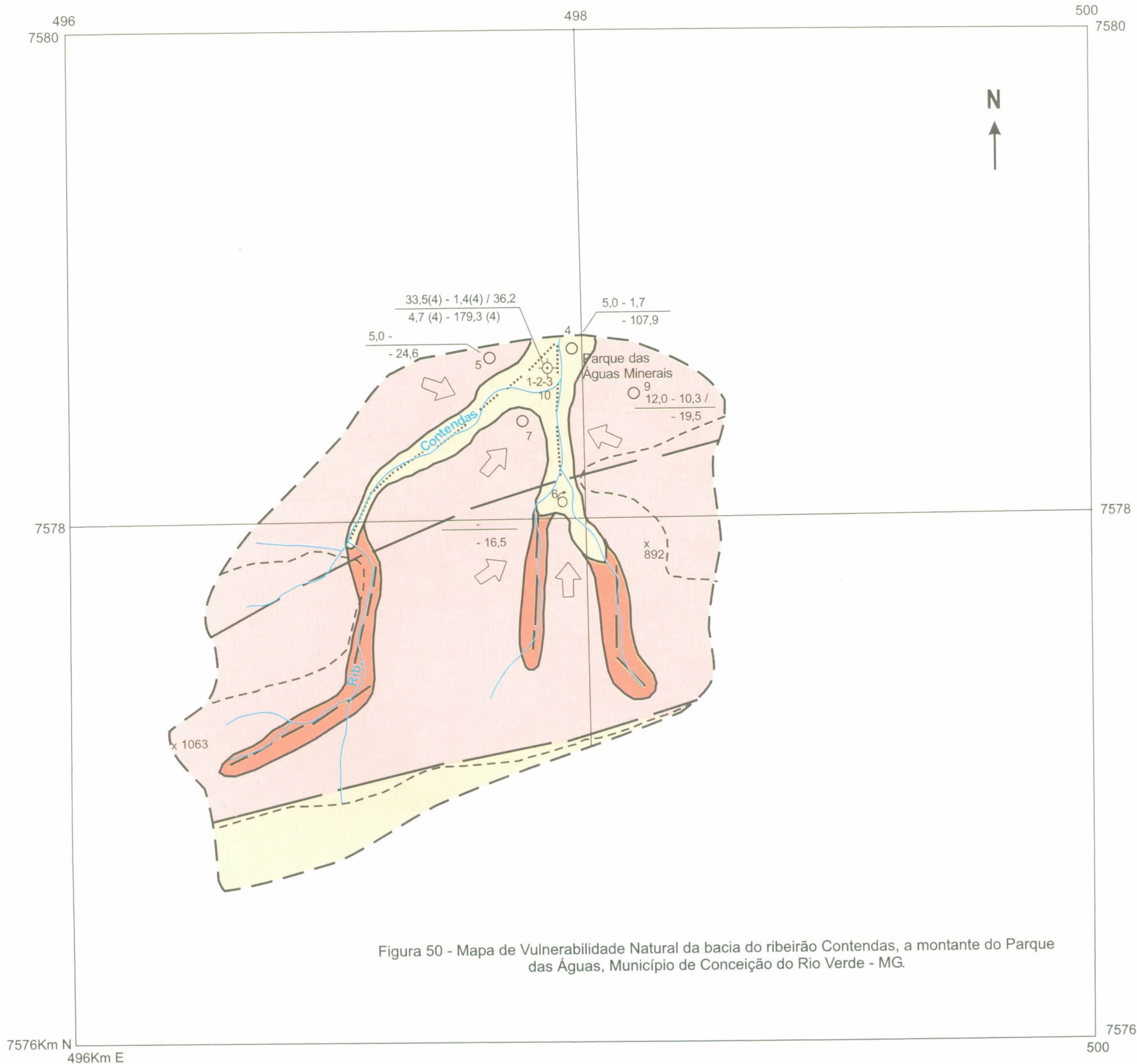


Figura 50 - Mapa de Vulnerabilidade Natural da bacia do ribeirão Contendas, a montante do Parque das Águas, Município de Conceição do Rio Verde - MG.

LEGENDA

Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos

- VB** Vulnerabilidade Baixa - Aquíferos não confinados ou livres, cobertos por solos em sedimentos aluvionares ou formações metamórficas fissuradas e níveis freáticos menores que 5,0 metros.
- VM** Vulnerabilidade Moderada - Aquíferos não confinados ou livres com pouca espessura de solo em formações ígneas ou metamórficas fissuradas ou sedimentos aluvionares e níveis freáticos menores que 5,0 metros.
- VA** Vulnerabilidade Alta - Aquíferos não confinados ou livres sem cobertura de solo em formações ígneas ou metamórficas fissuradas com níveis freáticos menores que 5,0 metros.

Produtividade do Ponto

(Vazões para poços tubulares definidas para rebaixamento de nível d'água de 25 m)

A B C (A - Nascente; B - Poço Escavado, C - Poço Tubular)

- Até 3 m³/h
- Entre 3 e 10 m³/h
- Entre 10 e 40 m³/h
- Vazão estimada
- Captação de água mineral
- Poço desativado

Disposição dos Elementos do Ponto

- 1 - Número do Ponto
- 2 - Profundidade (m)
- 3 - Nível Estático / Nível Dinâmico (m)
- 4 - Vazão (m³/h)
- 5 - Condutividade Elétrica (uS/cm a 25 °C)

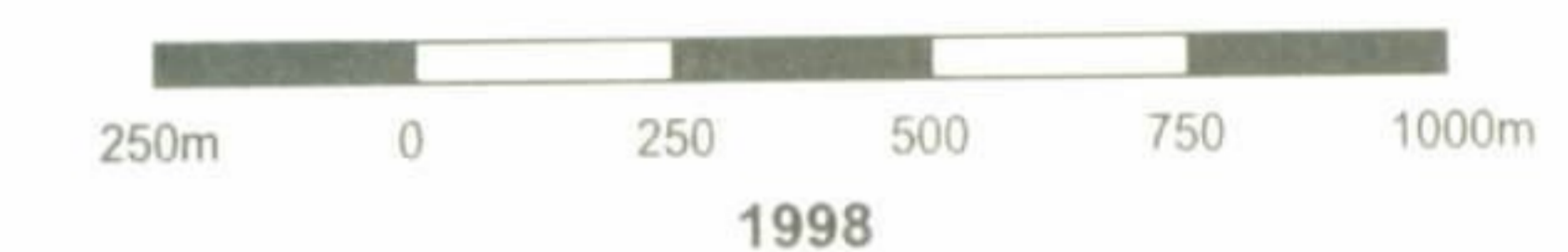
Elementos Hidrogeológicos

- Contato litológico
- Contato litológico aproximado
- Direção provável de fluxo subterrâneo
- Fatura fotointerpretada
- Fatura fotointerpretada encoberta

Convenções

- Limite da Bacia
- Curso d'água
- 892 Ponto cotado

Escala Gráfica



Programa GATE- Informações para Gestão e Administração Territorial, executado pela CPRM- Serviço Geológico do Brasil, no DEGET- Departamento de Gestão Territorial, coordenado por Cássio Roberto da Silva, na gestão do Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial- DHT, Antônio Juarez Milmann Martins.
 Projeto Circuito das Águas, executado pela Superintendência Regional de Belo Horizonte - SUREG/BH, em convênio com a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, na Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial, geólogo Fernando Antônio de Oliveira.
 Supervisão Técnica: Jayme Álvaro de Lima Cabral
 Coordenação: Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira
 Execução: Décio Antônio Chaves Beato e Haroldo Santos Viana

Base plani-altimétrica gerada a partir da digitalização da base cartográfica da folha Conceição do Rio Verde, SF.23-V-D-VI-4 do IBGE, escala 1:50.000, ampliada para escala 1:25.000.
 Editoração cartográfica executada na GERIDE/ CPRM/ BH, sob a super-visão geral do Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento, geólogo Nelson Baptista de O. Resende Costa, com a coordenação da geógrafa Rosângela G. Bastos de Souza.
 Editoração e arte-final: Valdiva de Oliveira e Márcio Ferreira Augusto.

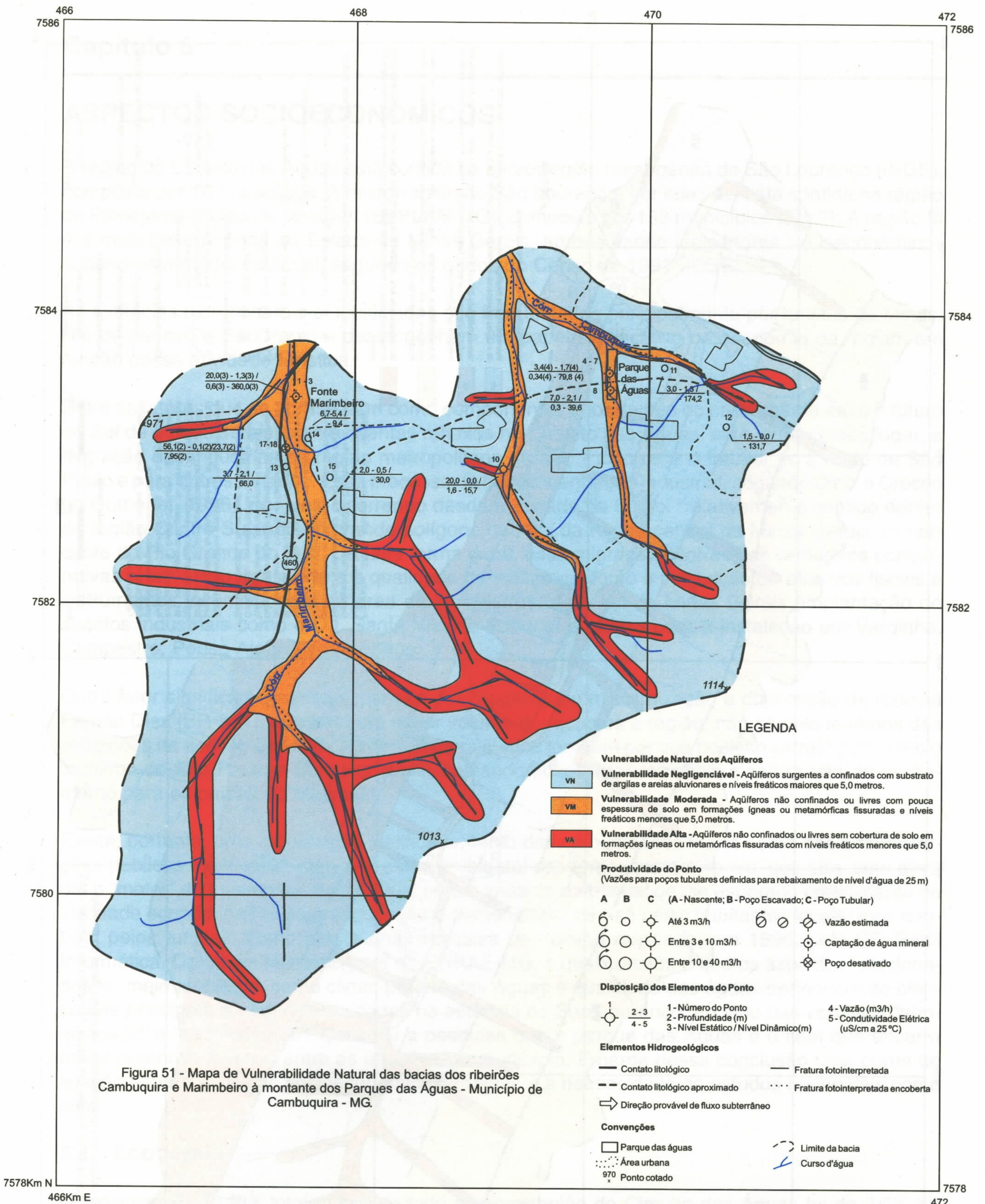
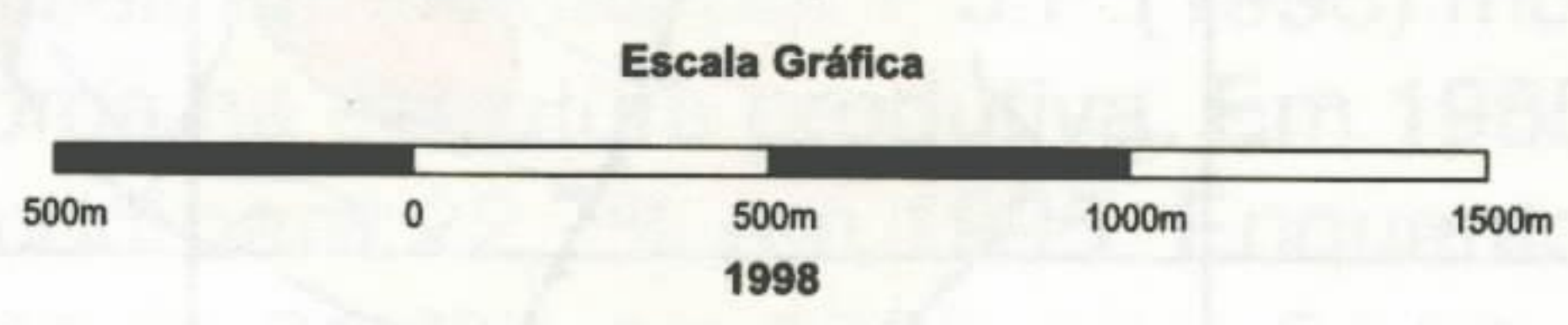


Figura 51 - Mapa de Vulnerabilidade Natural das bacias dos ribeirões Cambuquira e Marimbeiro à montante dos Parques das Águas - Município de Cambuquira - MG.

Programa GATE- Informações para Gestão e Administração Territorial, executado pela CPRM- Serviço Geológico do Brasil, no DEGET- Departamento de Gestão Territorial, coordenado por Cássio Roberto da Silva, na gestão do Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT, Antônio Juarez Milmann Martins. Projeto Circuito das Águas, executado pela Superintendência Regional de Belo Horizonte - SUREG/BH, em convênio com a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, na Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial, geólogo Fernando Antônio de Oliveira. Supervisão Técnica: Jayme Álvaro de Lima Cabral Coordenação: Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira Execução: Décio A. Chaves Beato e Haroldo Santos Viana



Base plani-altimétrica gerada a partir da digitalização da base cartográfica da folha Lambari, SF.23-V-D-VI-3 do IBGE, escala 1:50.000, ampliada para escala 1:25.000. Edição cartográfica executada na GERIDE/ CPRM/ BH, sob a supervisão geral do Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento, geólogo Nelson Baptista de O. Resende Costa, com a coordenação da geógrafa Rosângela G. Bastos de Souza. Edição e arte-final: Valdiva de Oliveira e Márcio Ferreira Augusto.

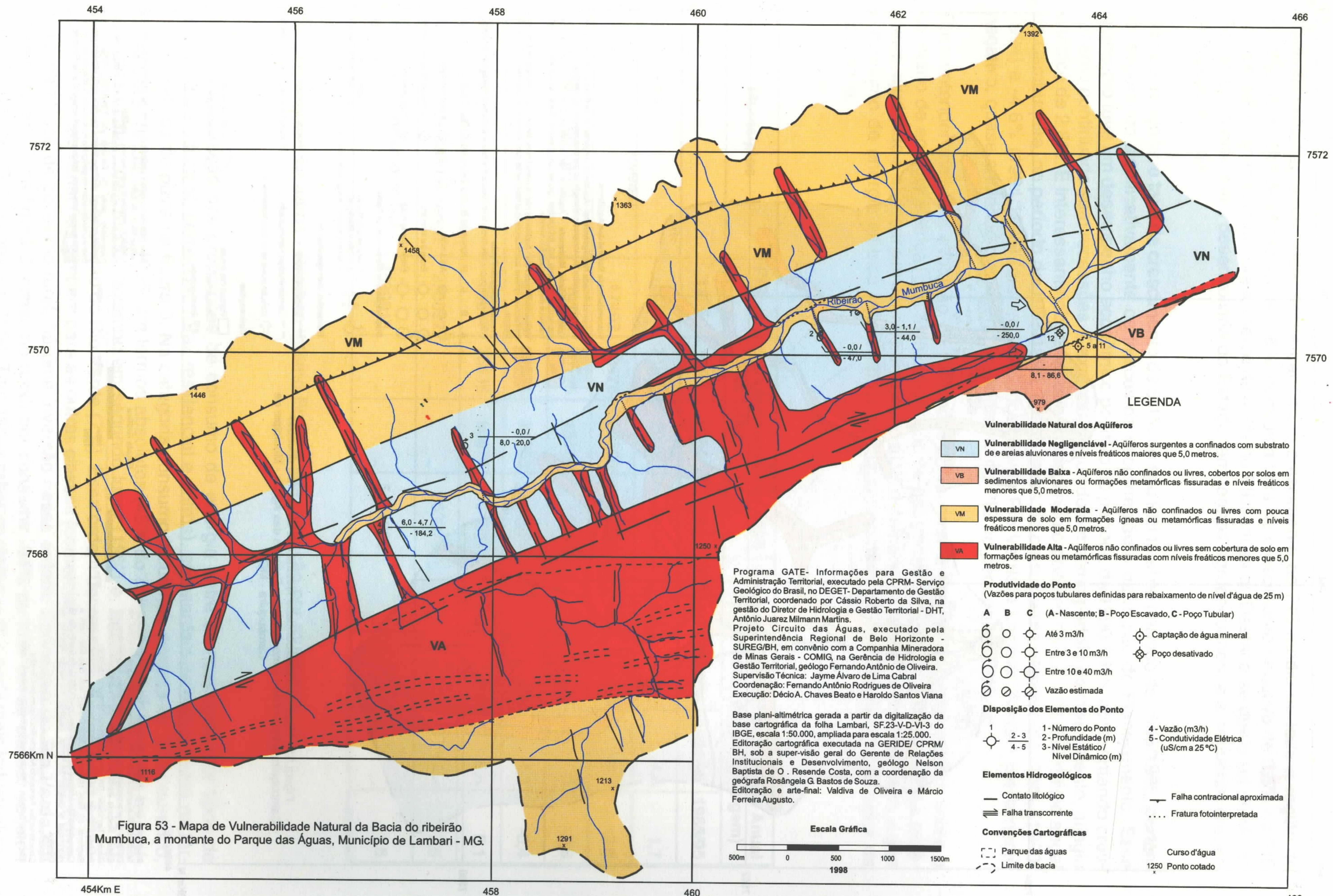
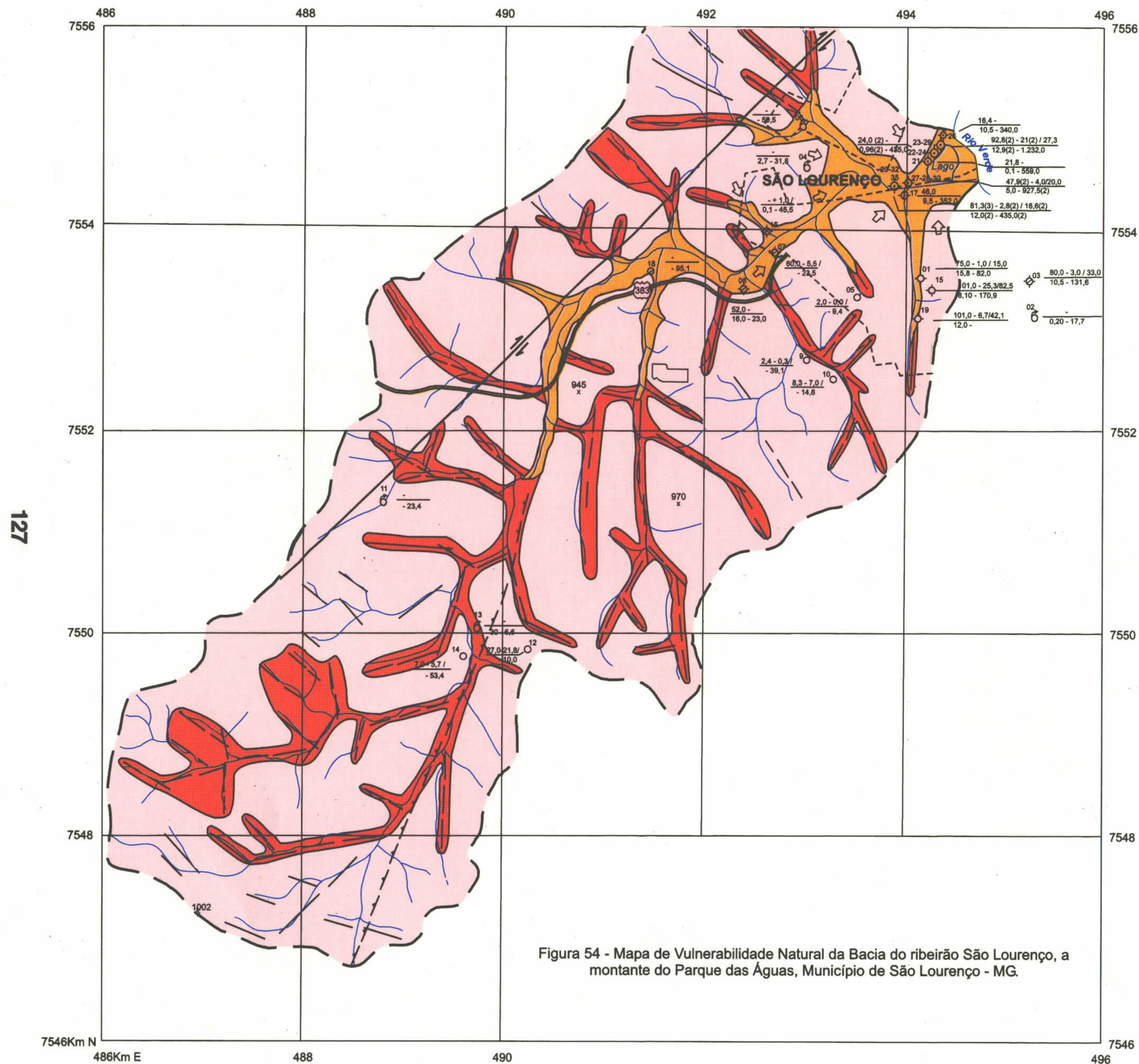


Figura 53 - Mapa de Vulnerabilidade Natural da Bacia do ribeirão Mumbuca, a montante do Parque das Águas, Município de Lambari - MG.



LEGENDA

Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos

- VB** Vulnerabilidade Baixa - Aquíferos não confinados ou livres, cobertos por solos em sedimentos aluvionares ou formações metamórficas fissuradas e níveis freáticos menores que 5,0 metros.
- VM** Vulnerabilidade Moderada - Aquíferos não confinados ou livres com pouca espessura de solo em formações ígneas ou metamórficas fissuradas ou sedimentos aluvionares e níveis freáticos menores que 5,0 metros.
- VA** Vulnerabilidade Alta - Aquíferos não confinados ou livres sem cobertura de solo em formações ígneas ou metamórficas fissuradas com níveis freáticos menores que 5,0 metros.

Produtividade do Ponto
(Vazões para poços tubulares definidas para rebaixamento de nível d'água de 25 m)

A	B	C	(A - Nascente; B - Poço Escavado; C - Poço Tubular)
○	○	○	Até 3 m ³ /h
○	○	○	Entre 3 e 10 m ³ /h
○	○	○	Entre 10 e 40 m ³ /h
○	○	○	Vazão estimada

Disposição dos Elementos do Ponto

1	2 - 3	1 - Número do Ponto	4 - Vazão (m ³ /h)
2	4 - 5	2 - Profundidade (m)	5 - Condutividade Elétrica (uS/cm a 25 °C)
3		3 - Nível Estático / Nível Dinâmico(m)	

Elementos Hidrogeológicos

- Contato litológico
- Direção provável de fluxo subterrâneo
- ≡ Falha transcorrente
- Falha contraccional aproximada
- Fratura fotointerpretada
- ... Fratura fotointerpretada encoberta

Convenções Cartográficas

- Área urbana
- 383 Estrada pavimentada federal
- - - Limite da bacia
- Curso d'água
- 970 Ponto cotado

Escala Gráfica

500m 0 500 1000 1500m
1998

Figura 54 - Mapa de Vulnerabilidade Natural da Bacia do ribeirão São Lourenço, a montante do Parque das Águas, Município de São Lourenço - MG.

Programa GATE- Informações para Gestão e Administração Territorial, executado pela CPRM- Serviço Geológico do Brasil, no DEGET- Departamento de Gestão Territorial, coordenado por Cássio Roberto da Silva, na gestão do Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT, Antônio Juarez Milmann Martins. Projeto Circuito das Águas, executado pela Superintendência Regional de Belo Horizonte - SUREG/BH, em convênio com a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, na Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial, geólogo Fernando Antônio de Oliveira. Supervisão Técnica: Jayme Álvaro de Lima Cabral. Coordenação: Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira. Execução: Décio Antônio Chaves Beato e Haroldo Santos Viana.

Base plani-altimétrica gerada a partir da digitalização da base cartográfica da folha São Lourenço, SF.23-Y-B-III-2 do IBGE, escala 1:50.000, ampliada para escala 1:25.000. Editoração cartográfica executada na GERIDE/ CPRM/ BH, sob a supervisão geral do Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento, geólogo Nelson Baptista de O. Resende Costa, com a coordenação da geógrafa Rosângela G. Bastos de Souza. Editoração e arte-final: Valdiva de Oliveira e Márcio Ferreira Augusto.

Capítulo 11

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES GERAIS

Além das conclusões específicas de cada tema desenvolvido neste relatório, a exemplo daquelas apresentadas no capítulo 10, que consistem em observações extremamente relevantes em face do escopo da investigação realizada, há também outras vertentes que devem ser mostradas para que o espírito multidisciplinar que motivou estes estudos geoambientais atinja realmente os seus objetivos, sem se perder numa visão fragmentada da realidade. Corresponde esse espírito ao enfoque abrangente do estudo ambiental, que extrapola os limites formais das disciplinas aqui abordadas. Estas, em concurso, podem apresentar um panorama resultante da análise integrada dos problemas, aproximando-se, como se quer, da **proteção e exploração sustentável** das fontes hidrominerais.

Duas são as vertentes importantes: o meio físico e biótico e a socioeconômica.

As informações obtidas sobre a situação socioeconômica demonstraram que o crescimento das populações urbanas estudadas tem superado a taxa média de crescimento estadual, como é o caso de São Lourenço, tanto em função do crescimento vegetativo da própria microrregião, como também em função de fatores adicionais externos como a migração industrial para o sul de Minas Gerais, gerada por políticas públicas de incentivo ao desenvolvimento da economia regional e pela implantação de vias de acesso cada vez mais modernas. Com o aumento das zonas urbanas e o incremento do fluxo turístico e da atividade econômica em geral, as agressões ao meio ambiente devem aumentar, a menos que se estabeleçam controles ambientais.

A necessidade desses controles ambientais é mais premente nas áreas adjacentes às fontes hidrominerais, que são o centro de gravidade do turismo e bens naturais de inestimável valor e raridade (valor esse de que as comunidades, pouco a pouco, vão-se conscientizando), mas o disciplinamento do uso e ocupação do solo deve abranger toda a área dos municípios estudados.

Desde a implantação das primeiras áreas de proteção estabelecidas pelo DNPM no limite das concessões minerárias dessas fontes, a paisagem dos vales dos ribeirões Mumbuca, Bengo e outros vem sofrendo transformações que culminaram hoje com a ocupação por edificações, em várias bacias, de áreas adjacentes aos parques das águas. Esses parques das águas, em alguns casos, tornaram-se ilhas em meio à zona urbana e, portanto, estão sujeitos cada vez mais a riscos de contaminação, embora, e felizmente, a situação geológica-hidrogeológica deles é avaliada como de baixa vulnerabilidade.

Excetuando-se Conceição do Rio Verde, os municípios estudados têm uma densidade demográfica mais elevada, chegando até 524 hab/km², em São Lourenço, e 194 hab/km², em Caxambu, o que leva à necessidade do gerenciamento e manejo das áreas de ocupação com grande cautela, devido às limitações territoriais municipais. Por outro lado, o desenvolvimento da indústria diversificada e de atividades como, por exemplo, postos de gasolina, poderão gerar problemas quando sua localização ocorrer em áreas de maior risco como são as bacias a montante dos parques, devido à possibilidade de acidentes ambientais com rejeitos e efluentes poluidores. Dessa forma, é recomendável pensar a preservação das fontes através do gerenciamento integrado de todo o território municipal, com prioridade na preservação imediata dessas bacias.

Especificamente em relação às bacias dos parques das águas, pode-se dizer que, embora tenham sido obtidos de maneira não sistemática, durante o projeto, os dados de qualidade de águas superficiais forneceram evidências, na época de sua coleta, de cargas poluidoras relacionadas a efluentes urbanos. Os dados sobre a abrangência de atendimento dos serviços de saneamento básico mostram que nem toda a população é atendida por esses serviços nos municípios. Esses fatores sugerem que há necessidade de especial atenção ao saneamento ambiental dos corpos

d'água a montante das fontes, pois a recarga dos aquíferos deve ocorrer, principalmente, no interior dessas bacias hidrográficas, e, dado que o nobre destino final de parte dessas águas é o consumo "in natura", convém exigir que o padrão de qualidade ou pureza desses corpos d'água seja o melhor possível, o que significa, em outras palavras, situá-los idealmente nas categorias de águas doces: Especial ou Classe 1 (Resolução nº20 CONAMA).

Outras medidas relativas às bacias devem ser consideradas: o aumento das áreas de proteção dos parques, que poderão, em certos casos, abranger integralmente a própria bacia a montante, a recomposição de matas ciliares e coberturas vegetais, o tratamento de efluentes antes do lançamento nos corpos d'água superficiais, a utilização de fossas sépticas onde não haja rede de esgoto, restrições ao parcelamento excessivo do solo e a expansão urbana nessas bacias.

Ressalta-se, finalmente, que essas medidas estão de pleno acordo com as ações propostas no Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado - PMDI (Lei nº12501, de 29/dez/1995), no item de Política de Desenvolvimento de Infra-Estrutura para "promoção do uso racional dos recursos hídricos do Estado".

Referências Bibliográficas

Capítulo 6

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS-CETEC. **Diagnóstico Ambiental do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CETEC, 1983.

EPAMIG. **Atlas Climatológico do Estado de Minas Gerais**. Viçosa: Univ. Fed. de Viçosa, 1982.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Produto Interno Bruto de Minas Gerais. 1985-1995**. Belo Horizonte: F.J.P., 1995

_____. **Condições de Vida dos Municípios de Minas Gerais 1970-1980-1991**. Belo Horizonte: IPEA, 1991.

GUTBERLET, J. **Produção Industrial e Política Ambiental - Experiências de São Paulo e Minas Gerais**. Pesquisas nº 7. São Paulo: KONRAD ADENAUER STIFTUNG, 1996.

IBGE. **VIII Recenseamento Geral do Brasil, 1970**. Rio de Janeiro, 1971. [Sinopse Preliminar do Censo Demográfico, Minas Gerais].

_____. Minas Gerais. **IX Recenseamento Geral do Brasil, 1980**. Rio de Janeiro, v.1, t.1, n.15, 1981. [Sinopse Preliminar do Censo Demográfico].

_____. **Sinopse Preliminar do Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: v.6, 1255 pg; 1991. Anexo 01 [Sinopse Preliminar do Censo Demográfico, 1991, Minas Gerais].

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS-IGA. **Mapa Topográfico de Cambuquira-MG, escala 1 : 50.000**. Belo Horizonte: 1980.

_____. **Mapa Topográfico de Carmo de Minas-MG, escala 1 : 50.000**. Belo Horizonte: IGA, 1982.

_____. **Mapa Topográfico de Jesuânia-MG, escala 1 : 50.000**. Belo Horizonte: IGA, 1982.

_____. **Mapa Topográfico de Lambari-MG, escala 1:50.000**. Belo Horizonte: IGA, 1982.

_____. **Mapa Topográfico de Olímpio Noronha-MG, escala 1 : 35.000**. Belo Horizonte: IGA, 1982.

_____. **Mapa Topográfico de Soledade de Minas-MG, escala 1 : 50.000**. Belo Horizonte: IGA, 1982.

_____. **Mapa Topográfico de Caxambu-MG, escala 1 : 40.000**. Belo Horizonte: IGA, 1983.

_____. **Mapa Topográfico de Conceição do Rio Verde-MG, escala 1 : 50.000**. Belo Horizonte: IGA, 1983.

_____. **Mapa Topográfico de São Lourenço-MG, escala 1 : 30.000**. Belo Horizonte: IGA, 1983.

MINAS GERAIS. **Estudos Micro-regionais do Circuito das Águas**. SUPAM/Superintendência de Articulação com os Municípios. Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação. Belo Horizonte, 1978.

_____. **Perfil Socio-Econômico da Macrorregião de Planejamento III-Sul de Minas.** Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. Superintendência de Planejamento Econômico e Social. Belo Horizonte: v. III 1994.

GD - PERFIL INFORMÁTICA, OPINIÃO E MERCADO. **Pesquisa de Opinião.** Belo Horizonte: SEBRAE-MG, s.n.t. [Relatório].

TORRES, H. G. **Industrialização em Minas Gerais: Forte Concentração de Industrias Sujas e Intensivas em Recursos Naturais.** In: **SEMINÁRIO SOBRE A ECONOMIA MINEIRA, 6, 1992, Anais.** Belo Horizonte: UFMG/ CEDEPLAR, 1992.

Capítulo 7

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS - IGA. **Atlas Geoeconômico da Microrregião do Circuito das Águas.** Belo Horizonte: IGA, 1982

LUMBRERAS, J. F., SHINZATO, E. M. **Levantamento de solos do município de Caxambu.** Belo Horizonte: CPRM, 1993a [Relatório interno].

_____. **Levantamento de uso do solo do município de Caxambu.** Belo Horizonte: CPRM, 1993b. [Relatório interno].

RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais.** Folha SF23/24 - Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro: IBGE, 1983 780p. v.34.

PENNA, F. M. **Bacia do Alto Rio Verde-Avaliação das Disponibilidades Hídricas de Superfície.** Belo Horizonte: CPRM, 1996a [Relatório interno].

_____. **Hidrologia de Superfície e Qualidade das Águas-Município de Caxambu.** Belo Horizonte: 1996b [Relatório interno].

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - IEF. **Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo do Estado de Minas Gerais. Folha SF-23-Y-B-III. Escala 1:100.000.** Belo Horizonte: 1994.

_____. **Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo do Estado de Minas Gerais. Folha SF-23-X-C-IV. Escala 1:100.000.** Belo Horizonte: 1994.

_____. **Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo do Estado de Minas Gerais. Folha SF-23-V-D-VI. Escala 1:100.000.** Belo Horizonte: 1994.

Capítulo 8

ALMEIDA, F. F. M., HASUI, Y. **O Precambriano do Brasil.** São Paulo: Edgard Blucher, 1984, 542 p.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. **The Upper Precambrian of South America.** Bol. IG. Inst. Geoc. USP. São Paulo: n.7, p. 45-80, 1976.

PROJETO Sapucaí, estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. **Relatório Final de Geologia.** Brasília: DNPM/CPRM, 1979, 229 p. [Série Geologia, 5].

CAMPOS NETO, M. C.; PERROTA, M. M.; PELOGIA, A. V. G., et al. **Porção Ocidental da Faixa Alto Rio Grande (SP-MG).** In: **XXXVI Cong. Bras. de Geol. Anais.** Natal: SBG, v.6, p. 2615-2630, 1990.

EBERT, H. D.; HASUI, Y.; SARTORATO, G.; et al. **Arcabouço estrutural e tectônica transpressiva das faixas móveis das bordas sul e sudeste do Craton do São Francisco e a Sintaxe de Guaxupé.** In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS**, 6, bol. 12 Anais. Belo Horizonte: SBG, 1993, p. 166-171.

EBERT, H. **Baustil und regionalmetamorphose in Prakambriischen Grundbirge Brasilies.** *Tschermaks Mineral. Petrogr. Mitt*, 8: 49-81, 1962. In: Nascimento, F.M.A.; **Contribuição à hidrogeologia da porção oeste do circuito das águas, sul de Minas Gerais, com o emprego de técnicas de sensoriamento remoto.** São José dos Campos: INPE, 1995.

_____. **Beitrag zur giederung des Prakambrium in Minas Gerais.** *Geol.Rundsch.*, 45 (3): 471-521, 1971. In: Nascimento, F.M.A. **Contribuição à hidrogeologia da porção oeste do circuito das águas, sul de Minas Gerais, com o emprego de técnicas de sensoriamento remoto.** São José dos Campos: INPE 1995.

HASUI, Y., **The Mantiqueira Province: Archean structure and proterozoic evolution.** In: *Ver. Bras. Geoc.*, 12 167-172, 1982.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; COIMBRA, A. M. 1975 **The ribeira Folded Belt.** *Rev. Bras. Geoc.*, 5: 257-266, 1975.

HASUI, Y.; OLIVEIRA, M. A. F. **Província Mantiqueira setor central.** In: Almeida, F.F.M. e Hasui.Y. coord. **O pré-Cambriano do Brasil.** São Paulo: Blücher, 1984, p. 308-344.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS - IGA **Atlas geoeconômico da microrregião do Circuito das Águas.** Belo Horizonte: IBGE, 1982, 79 p.

MACHADO, R.; ENDO, I. **Superposição cinemática Brasileira no Cinturão de Cisalhamento Atlântico e na Cunha de Guaxupé.** In: **CONG. BRAS. GEOL.**, 38, Balneário Camboriú, 1994. **Anais.** Balneário Camboriú: SBG, 1994. P. 269-270.

MACHADO, R.; ENDO, I. **Cinturão de Cisalhamento Atlântico; um exemplo de tectônica Transpressional Neoproterozóica.** In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS**, 6., bol. 12, Belo Horizonte, 1993. **Anais.** Belo Horizonte: SBG, 1993. P. 189-191.

NASCIMENTO, F. M. A. **Contribuição à hidrogeologia da porção oeste do circuito das águas, sul de Minas Gerais, com o emprego de técnicas de sensoriamento remoto.** Dissertação de Mestrado. São Paulo: INPE. (São José dos Campos), 1995.

TROUW, R. A. J., PACIULLO, RIBEIRO, A. **A Faixa Alto Rio Grande reinterpretada como zona de interferência entre a faixa Brasília e a faixa Ribeira.** In: **CONG. BRAS. GEOL.**, 38., Balneário Camboriú, 1994. **Anais.** Balneário Camboriú-SC: SBG, 1994. p. 234-235.

Capítulo 10

ANDRADE JÚNIOR, J., F. **Captação das Fontes de São Lourenço.** Boletim 4. Rio de Janeiro: DNPM, 1942. 40p.

_____. **Notas Sobre as Fontes Hidrominerais Brasileiras e sua Relação com a Estrutura Geológica do País.** **CONG. BRAS. DE HIDROCLIMATOLOGIA**, s. n. t., São Paulo. 1935. 28 p.

BRANDÃO, T. **Cambuquira Estancia Hydro-mineral.** Belo Horizonte: IMPRENSA OFICIAL, 1922. 146 p.

- COPASA MG. **Cadastro de Poços Tubulares do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Relatório Interno, 1988.
- CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. **Hidrologia Subterránea**, Barcelona: Ed. Omega, 1983. 2350 p.
- LIMA, J. E., BEATO, D. A. C., OLIVEIRA, F. A. R. **Hidrogeologia de Caxambu**. Belo Horizonte: CPRM/COMIG, 1996.
- DAVIS, S. , DeWIEST, R. **Hydrogeology**. N. York: Ed. John Wiley & Sons ,1966. 463 p.
- FALCÃO, H. **Perfil Analítico das Águas Minerais: boletim 49**. Rio de Janeiro: DNPM 1978 160 p.
- FOSTER, S., HIRATA, R. **Determinação do Risco de Contaminação das Águas Subterrâneas: um método baseado em dados existentes**. São Paulo: Instituto Geológico - SMA ,1993 90 p. [Bol. 10].
- HEM, J. **Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water**, Washington: USGS, paper 1473, 1962. 269 p.
- HIRATA, R., FERNANDES, A., YOSHINAGA, S., ALMODOVAR, M., BERNARDES JUNIOR, C. **Estudo para Localização de Fontes de Águas não Carbo-Gasosas**. São Lourenço: Emp. de Água São Lourenço 1994. 107 p. [Relatório].
- Instituto de Desenvolvimento Industrial - INDI. **Dados Geoeconômicos dos Municípios de Minas Gerais**. Belo Horizonte.1996.
- INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS - IGA. **Atlas Geoeconômico da Microrregião do Circuito das Águas**. Belo Horizonte: IGA, 1982, 79 p.
- LAFUENTE, J. **Química del Agua**. Madrid: Ed. Blume,1969, 355 p.
- MOURÃO, B. M. **Medicina Hidrológica**. Poços de Caldas: Sec. Municipal de Educação, 1990, 731 p.
- NASCIMENTO, F. **Contribuição à Hidrogeologia da Porção Oeste do Circuito das Águas, Sul de Minas Gerais, com o Emprego de Técnicas de Sensoriamento Remoto**. Apud Dissertação Mestrado, INPE, São José dos Campos. 1995, 111 p.
- PENALVA, F. , RIBEIRO FILHO, E. **Geologia e Petrologia dos Maciços Alcalinos do Itatiaia e Passa-Quatro**. Bol. 302, Geol. 22, São Paulo: USP, 1967, 196 p.

Documentação Fotográfica



Foto 1 - Vista do Parque de Águas de Lambari.



Foto 2 - Fontes do Parque de Águas de Lambari.



Foto 3 - Vista da cidade de Lambari e a geomorfologia da área.



Foto 4 - Pedreira Vista Alegre.



Foto 5 - Parque das Águas de Cambuquira.



Foto 6 - Parque das Águas - Marimbeiro.



Foto 7 - Vista do Parque de Águas de São Lourenço.



Foto 8 - Vista dos dois compartimentos geomorfológicos da área.



Foto 9 - Parque de Águas de Contendas.



Foto 10 - Fontanários da estância de Águas de Contendas.



Foto 11 - Parque das Águas de Cambuquira.

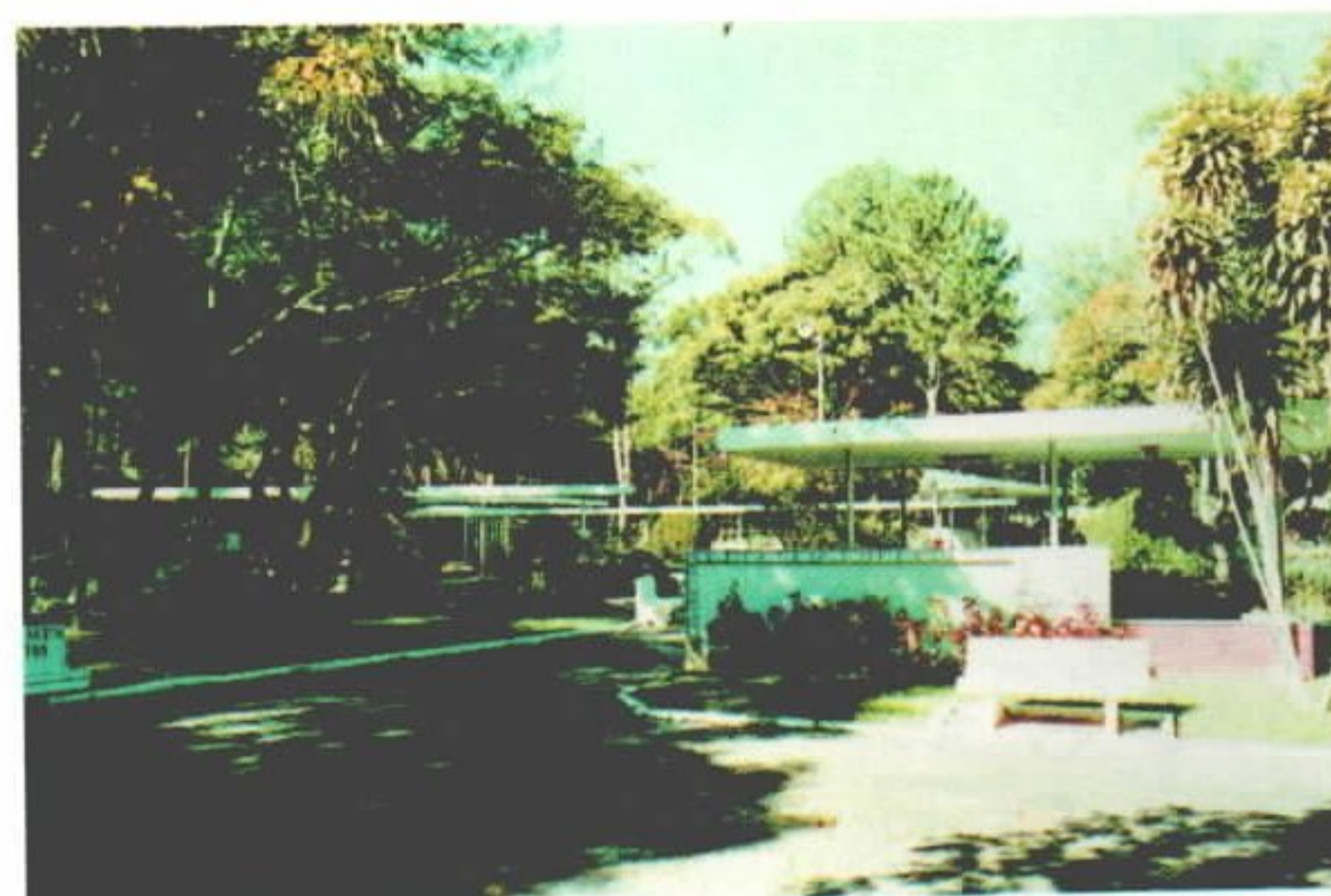


Foto 12 - Fontanários do parque de Cambuquira.



Foto 13 - Fontanário de Marimbeiro.



Foto 14 - Vale da fonte da Fazenda Laranjal, vizinho ao parque de Cambuquira.



Foto 15 - Panorâmica da cidade e do "morro" de Caxambu.



Foto 16 - Vista panorâmica com o parque das águas de Caxambu ao centro.



Foto 17 - Lago e fonte Ernestina Guedes (ex-Teresa Cristina).



Foto 18 - Detalhe do piso e do entorno do revestimento da captação da fonte Leopoldina.

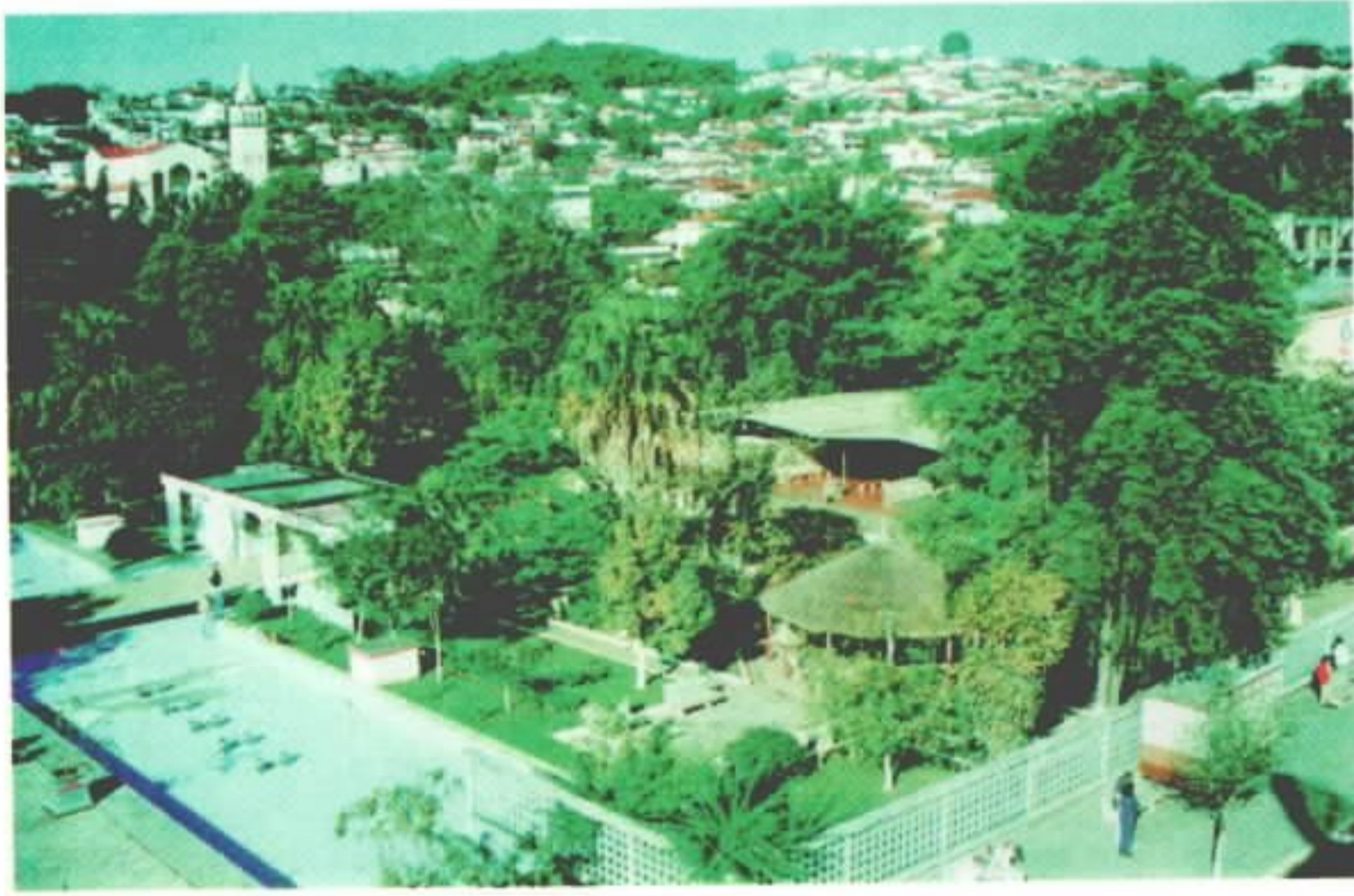


Foto 19 - Parque das Águas de Lambari.

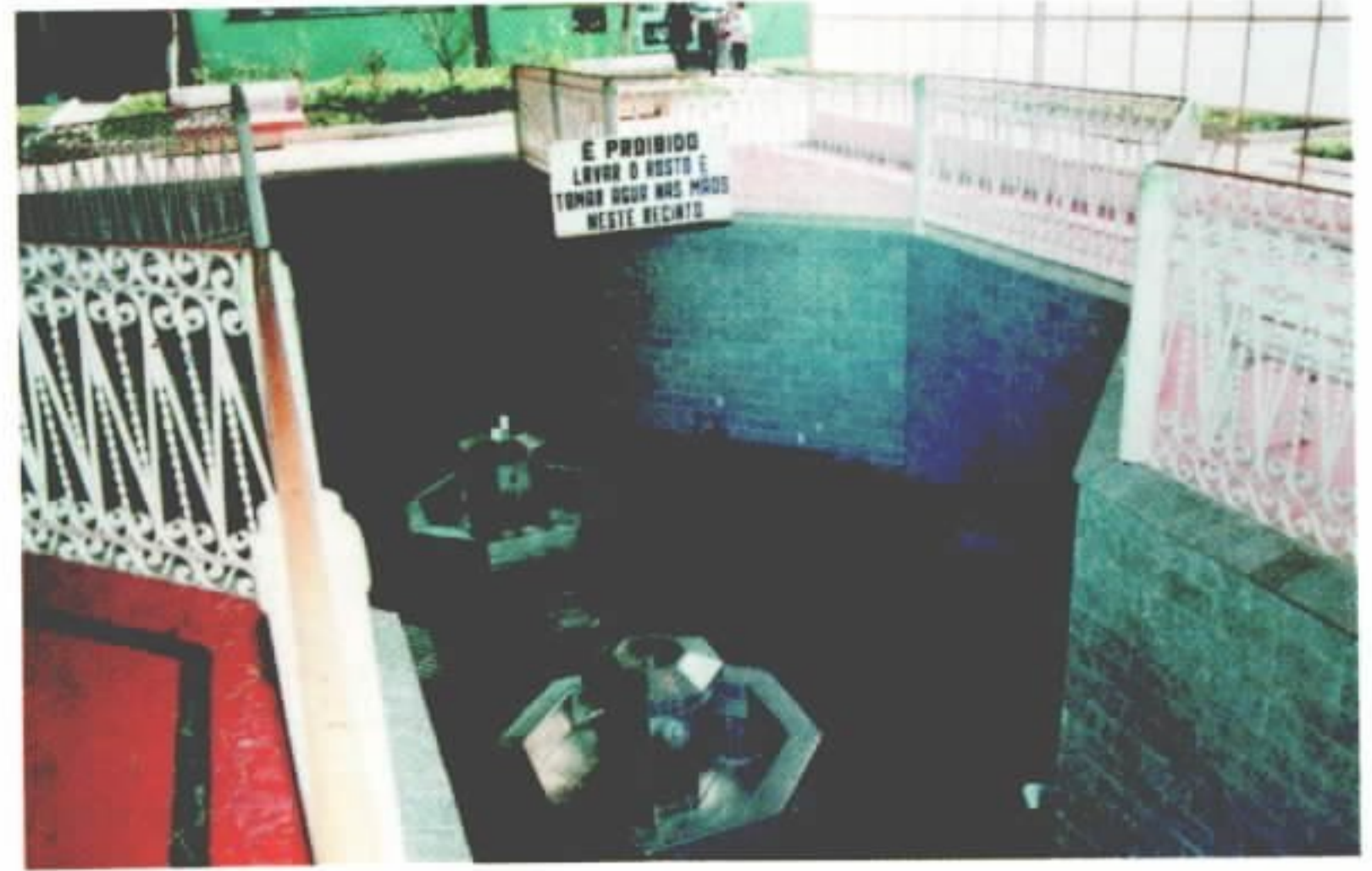


Foto 20 - Fontes do parque de Lambari.

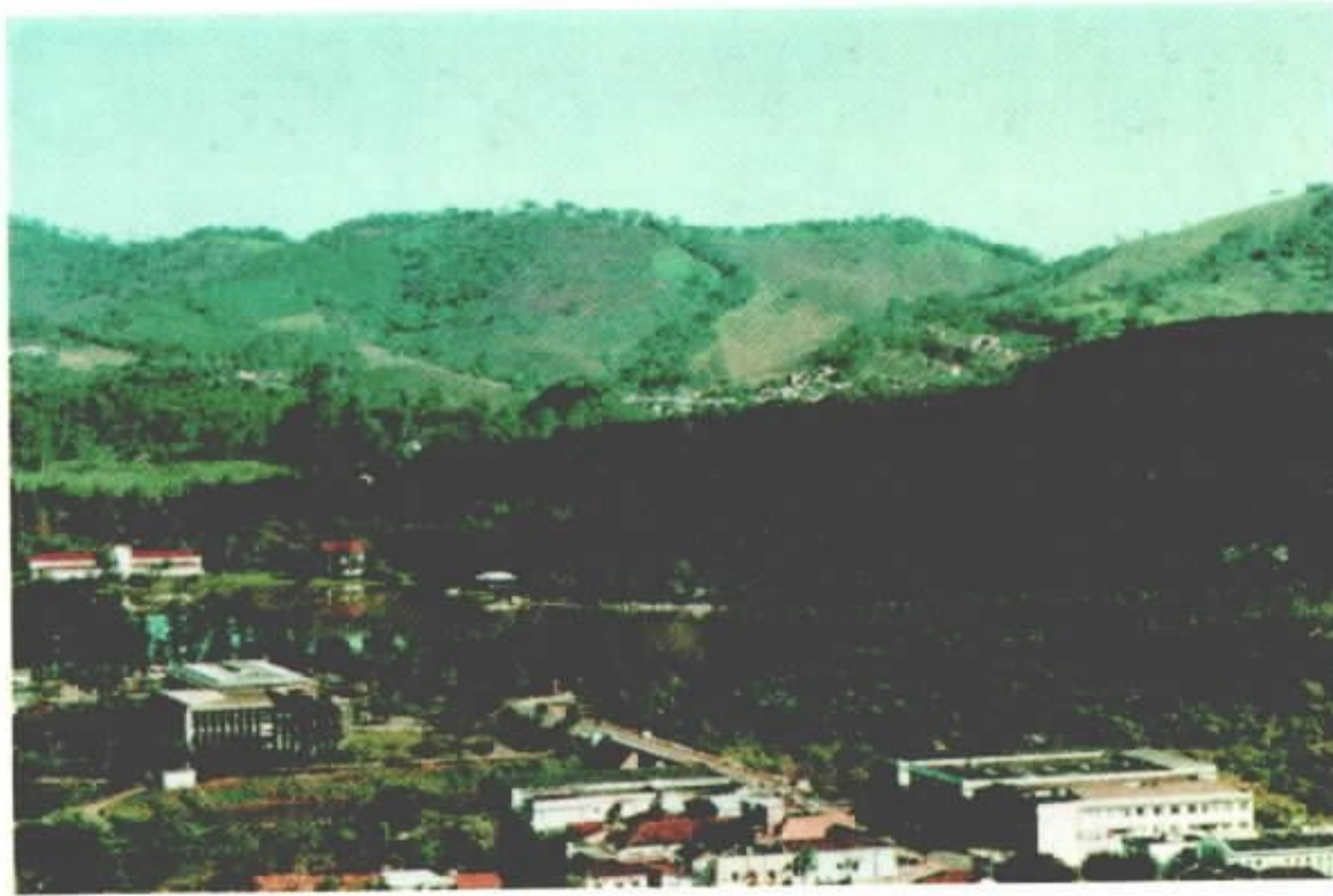


foto 21 - Parque das Águas de São Lourenço.



Foto 22 - Fontanário da fonte Oriente.

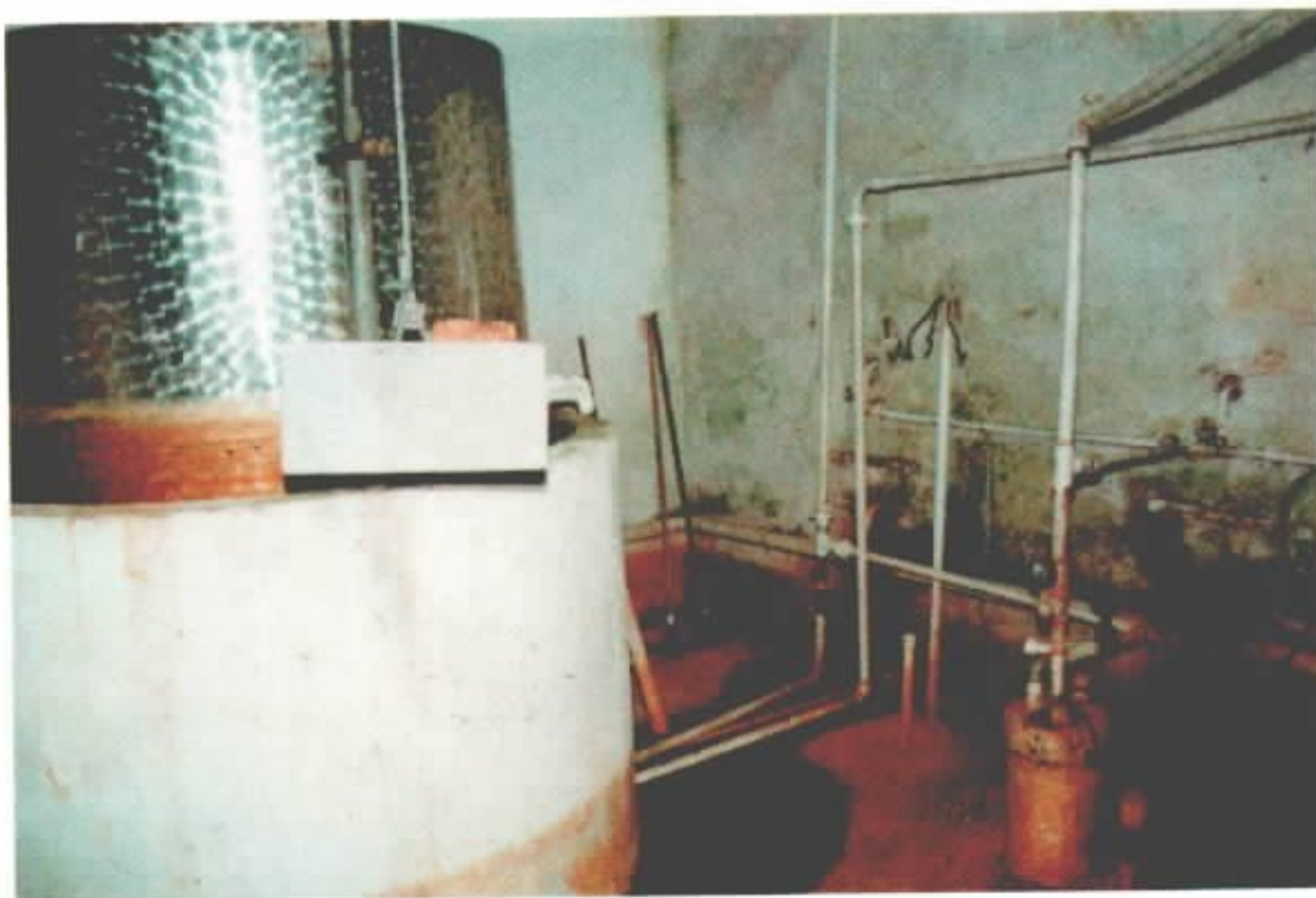


Foto 23 - Captação da fonte gasosa e separador de gás.



Foto 24 - Poço tubular jorrante em fase de testes (água gasosa).

CATÁLOGO GERAL DE PONTOS D'ÁGUA

NÚMERO DO PONTO	LOCALIZAÇÃO				CARACTERÍSTICAS DO PONTO											C. E. uS/cm (25 oC)	
	LOCAL	PROPRIETÁRIO	COORDENADAS		NAT.	UNID. AQUÍF.	DATA	DIÂM. mm	PROF. m	N.E. (m)		N.D. m	VAZÃO m3/h	DATA	TEMP. oC		pH
			UTM N	UTM E						Cota	Prof.						
AC - 01	Parque das Águas - Fte. Ferruginosa	COMIG	7578595	497910	PT	Cob./Frat.	11/07/97		12,00				0,18(*)	11/07/97	21,2	4,87	215,0
AC - 02	Parque das Águas - Fonte Gasosa	COMIG	7578585	497925	PT	Cob./Frat.	11/07/97		12,00				0,27(*)	11/07/97	21,4	4,92	340,0
AC - 03	Parque das Águas - Ft. Magnésiana	COMIG	7578600	497935	PT	Cob./Frat.	11/07/97		8,00				0,28(*)	11/07/97	21,7	4,74	48,2
AC - 04	Posto de Saúde	Prefeitura Municipal	7578610	497990	PE	Cobertura	11/07/97	1800	5,00		1,67			11/07/97	19,7	5,33	107,9
AC - 05	Av. José da Costa Barros	Deusdério	7578695	497630	PE	Cobertura	11/07/97	1900	5,00					11/07/97	20,4	5,50	24,6
AC - 06	Faz. Santana	José Alfredo Barros	7578400	497975	NC	Cobertura	11/07/97							11/07/97	21,5	5,14	16,5
AC - 07	Faz. Santana		7578390	497680	PE	Cobertura	11/07/97	1200	7,85		4,87			11/07/97	20,7	5,00	20,3
AC - 08	Sítio Sagrada Família	João Batista	7579165	498150	NC	Cobertura	11/07/97						1,2 (*)	11/07/97	20,8	4,20	134,9
AC - 09	Av. José da Costa Barros	Marcos Fortes	7578505	498175	PE	Cobertura	11/07/97	1800	12,00		10,3			11/07/97	21,0	5,10	19,5
AC - 10	Parque das Águas - Poço 1	Superfonte	7578570	497950	PT	Fraturado	11/10/97	150	102,0		4,05	36,21	18,00	03/10/97	21,0	5,16	114,0
CB - 01	Marimbeiro I	COMIG	7583370	469800	PT	Aluv./Frat.	29/05/97		20,0		1,26		0,64 (*)	29/05/97	21,0	5,54	394,0
CB - 02	Marimbeiro II	COMIG	7583360	469820	PT	Aluv./Frat.	29/05/97		20,0		1,26		0,69(*)	29/05/97	20,8	5,57	394,0
CB - 03	Marimbeiro III	COMIG	7583400	469790	PT	Aluv./Frat.	29/05/97		20,0		1,26		0,33(*)	29/05/97	20,7	5,51	294,0
CB - 04	Parque das Águas-Ft. Regina Werneck	COMIG	7583390	469820	PT	Aluv./Frat.	02/06/97		6,3		1,70		0,51(*)	02/06/97	22,1	4,07	49,2
CB - 05	" - Ft. Augusto Ferreira	COMIG	7583300	469790	PT	Aluv./Frat.	02/06/97		2,7		1,45		0,30(*)	02/06/97	21,9		39,6
CB - 06	" - Ft. Fernandes Pinheiro	COMIG	7583400	467680	PT	Aluv./Frat.	02/06/97		3,9		1,70		0,43(*)	02/06/97	21,5	4,94	150,0
CB - 07	" - Ft. Souza Lima	COMIG	7583400	467680	PT	Aluv./Frat.	02/06/97		0,7		1,75		0,10(*)	02/06/97	21,5	4,50	80,5
CB - 08	" - Ft. Roxo Rodrigues	COMIG	7583400	467680	PT	Aluv./Frat.	02/06/97		7,0		2,10		0,31(*)	02/06/97	21,9	4,50	39,6
CB - 09	Fonte Fazenda Laranjal	Aloisio	7582410	471730	PT	Fraturado	15/07/97	150	90,0		1,00		1,94(*)	15/07/97	20,0	5,40	690,0
CB - 10	Fonte João Cardoso	Reginaldo Felix	7582910	469030	PT(h)	Cob./Frat.	03/06/97		20,0				1,67(*)	03/06/97	20,7		15,7
CB - 11	Figueira	Paulo A. Valin	7583580	470110	PE	Cobertura	03/06/97	1800	3,0		1,30			03/06/97	19,7		174,2
CB - 12	Figueira	Domínio Público	7583205	470530	PE	Cobertura	03/06/97	1800	1,5		0,00			03/06/97	19,0		131,7
CB - 13	Marimbeiro - BR 460 km 93	Avitrans	7582820	467700	PE	Cobertura	15/07/97	1800	3,7		2,15			15/07/97	19,4		66,0
CB - 14	Marimbeiro - Prof. Alice Braga, 198	Renilda	7583185	467806	PE	Cobertura	30/05/97	1500	6,7		5,45			30/05/97	21,7	5,18	9,4
CB - 15	Marimbeiro - Prof. Alice Braga, 650	Francisco Donizeti	7582810	467900	PE	Cobertura	30/05/97	1200	2,0		0,50			30/05/97	19,0	5,59	29,9
CB - 16	Fazenda Laranjal	Fausto	7582410	471700	PT	Fraturado	15/07/97	150	65,0		0,00			Não Instalado			
CB - 17	Marimbeiro - BR 460 km 93	Prefeitura Municipal	7582910	467715	PT	Aluv./Frat.	/ 52	150	52,0		0,00	21,50	6,47	Desativado			
CB - 18	Marimbeiro - BR 460 km 93	Prefeitura Municipal	7582960	467680	PT	Aluv./Frat.	/ 52	150	60,2		0,30	26,00	9,43	Desativado			
CX - 30	Cascatinha - Chacara Santa Maria	Paulo César J. Andrade	7567225	504205	NC	Cobertura	28/09/93						0,80 (*)	28/08/93	18,0	6,80	20,0
CX - 33	Cascatinha - Faz. Santa Marta	Nelson Meireles	7567625	504970	NC	Cobertura	29.09.93						0,47 (*)	29/09/93	20,0	6,30	50,0
CX - 49	Horto Florestal	I.E.F	7567640	505225	NC	Cobertura	30.08.93						1,00 (*)	30/08/93	16,0	7,40	15,0
CX - 68	Sede - Av. Camilo Soares	Hotel Glória	7569140	506800	PT	Quartzito	24/10/91	150	122,5		6,30						

Código da bacia do "parque das águas": AC - Águas de Contendas; CB - Cambuquira; CX - Caxambu; LB - Lambari; SL - São Lourenço

Natureza do ponto: PT - Poço Tubular; PE - Poço Escavado; NC - Nascente

(*) Vazão Livre

Análise físico-química (CPRM)

CATÁLOGO GERAL DE PONTOS D'ÁGUA

NÚMERO DO PONTO	LOCALIZAÇÃO				CARACTERÍSTICAS DO PONTO											C. E. uS/cm (25 oC)	
	LOCAL	PROPRIETÁRIO	COORDENADAS		NAT.	UNID. AQUÍF.	DATA	DIÂM. mm	PROF. m	N.E. (m)		N.D. m	VAZÃO m ³ /h	DATA	TEMP. oC		pH
			UTM N	UTM E						Cota	Prof.						
CX-69	Sede - Av. Camilo Soares - SP1	Edf. Ana Carolina	7569050	506650	SD	Cobertura	15/10/93		17,30		1,10						
CX-70	Sede - Av. Camilo Soares - SP2	Edf. Ana Carolina	7569050	506650	SD	Cobertura	15/10/93		19,30		0,95						
CX-71	Sede - Av. Camilo Soares - SP3	Edf. Ana Carolina	7569050	506650	SD	Cobertura	15/10/93		19,30		5,00						
CX-72	Sede - Av. Camilo Soares - SP4	Edf. Ana Carolina	7569050	506650	SD	Cobertura	15/10/93		17,30		1,10						
CX-73	Sede - Av. Foriano Peixoto, 204	Iracema F. Silva	7568950	505965	PE	Cobertura	29/09/93	1200	2,57		1,40			29/09/93	19,5	6,60	110,0
CX-74	Sede - Av. Floriano Peixoto, 271	José Aguiar Pena	7568990	505860	PE	Cobertura	29/09/93	1480	4,20		2,20			29/09/93	21,0	4,40	230,0
CX-75	Sede - Av. Floriano Peixoto, 322	Antônio de O. Pereira	7569060	505795	PE	Cobertura	29/09/93	940	5,20		3,48			28/08/93	19,0	5,50	230,0
CX-79	Sede - Chácara das Acácias	Antônio Arantes	7569760	505450	NC	Cobertura	27/08/93				0,31			27/08/93	16,0	6,60	20,0
CX-80	Sede - Chácara São Cristovão	Rene Meireles	7568630	504490	NC	Cobertura	30/08/93							30/08/93	20,0	6,10	30,0
CX-83	Sede - Faz São José	Caio Rui Martins	7567625	505385	NC	Cobertura	27/08/93				0,22			27/08/93	16,5	6,10	10,0
CX-88	Sede - P. das Águas - Ft. Leopoldina	COMIG	7569380	506640	PT	Aluv./Frat.	12/08/93	100	10,0	881,9	0,63		0,34 (*)	12/08/93	23,00	5,70	580,0
CX-89	Sede P. Águas - Ft Duque de Saxe	"	7569325	506615	PT	Aluv./Frat.	12/08/93	76	6,0	880,7	1,05		0,08 (*)	16/08/93	22,50	6,10	1.170,0
CX-90	Sede P. Águas - Ft Beleza	"	7569305	506600	PT	Aluv./Frat.	12/08/93	76	45,0	881,4	0,80		0,04 (*)	13/08/93	21,50	6,20	1.630,0
CX-91	Sede P. Águas - Ft D. Isabel	"	7569320	506680	PT	Aluv./Frat.	13/08/93	76	6,0	880,7	1,13		0,11 (*)	13/08/93	22,50	5,90	940,0
CX-92	Sede P. Águas - Ft Cond D eu	"	7569320	506680	PT	Aluv./Frat.	13/08/93	300	6,0	880,7	1,13						
CX-93	Sede P. Águas - Ft Pedro II	"	7569275	506555	PT	Aluv./Frat.	16/08/93	100	11,0	881,2	0,80		0,47 (*)	16/08/93	23,00	5,50	300,0
CX-94	Sede P. Águas - Ft Viotti	"	7569250	506590	PT	Aluv./Frat.	16/08/93	100	8,5	881,5	0,76		1,03 (*)	16/08/93	23,00	5,30	180,0
CX-95	Sede P. Águas - Ft Venâncio	"	75691151	506495	PT	Aluv./Frat.	13/08/93	150	15,0	882,0	0,37		0,85 (*)	13/08/93	24,50	6,10	1.250,0
CX-96	Sede P. Águas - Ft Mayrink I	"	7569055	506410	PT	Aluv./Frat.	22/08/93	150	6,8	881,9	1,40		0,27 (*)	16/08/93	23,90	5,30	130,0
CX-97	Sede P. Águas - Ft Mayrink II	"	7569055	506410	PT	Aluv./Frat.	22/08/93	150	6,0	881,9	1,40		0,47 (*)	16/08/93	24,50	5,30	120,0
CX-98	Sede P. Águas - Ft Mayrink III	"	7569055	506410	PT	Aluv./Frat.	22/08/93	150	6,0	881,9	1,40		0,44 (*)	16/08/93	24,00	5,40	
CX-99	Sede P. Águas - Ft. Tereza Cristina	"	7569010	506405	PT	Aluv./Frat.	13/08/93	150	18,0	880,8	1,97		0,43 (*)	13/08/93	23,00	6,20	1.470,0
CX-100	Sede P. Águas - Poço 9	"	7568855	606495	PT	Faturado	/ /76	150	100,0	886,3	0,00	19,00	12,45 (*)				
CX-101	Sede P. Águas - Poço 10 - "Geiser"	"	7569050	506485	PT	Faturado	/ /81	150	60,0	883,4	0,50	22,00	12,60 (*)	13/08/93	27,50	6,70	1.680,0
CX-102	Sede P. das Águas - Pav. de engarraf. F1	"	7569170	506570	SD	Aluvião	15/10/93		9,2		0,96						
CX-103	Sede P das Águas - Pav. de engarraf. F2	"	7569175	506545	SD	Aluvião	15/10/93		8,1		0,78						
CX-104	Sede P das Águas - Pav de Engarraf. F3	"	7569203	506555	SD	Aluvião	15/10/93		8,1		0,87						
CX-105	Sede P das Águas- Pav de Engarraf. F4	"	7569215	506535	SD	Aluvião	15/10/93		7,1		0,74						
CX-106	Sede P das Águas- Pav de Engarraf. F5	"	7569215	506535	SD	Aluvião	15/10/93		7,2		0,54						
CX-107	Sede P das Águas-Pav de Engarraf. F6	"	7569240	506585	SD	Aluvião	15/10/93		13,1		0,83						
CX-108	Sede P. Águas - Pav de Engarraf. F7	"	7569205	506595	SD	Aluvião	15/10/93		8,3		0,62						
CX-109	Sede P. Águas - Pav de Engarraf. F8	"	7569225	506570	SD	Aluvião	15/10/93		8,1		0,63						

Código da bacia do "parque das águas": AC - Águas de Contendas; CB - Cambuquira; CX - Caxambu; LB - Lambari; SL - São Lourenço

Natureza do ponto: PT - Poço Tubular; PE - Poço Escavado; NC - Nascente; SD - Sondagem

(*) Vazão Livre

Análise físico-química (CPRM)

CATÁLOGO GERAL DE PONTOS D'ÁGUA

NÚMERO DO PONTO	LOCALIZAÇÃO				CARACTERÍSTICAS DO PONTO											C. E. uS/cm (25 oC)	
	LOCAL	PROPRIETÁRIO	COORDENADAS		NAT.	UNID. AQUÍF.	DATA	DIÂM. mm	PROF. m	N.E. (m)		N.D. m	VAZÃO m ³ /h	DATA	TEMP. oC		pH
			UTM N	UTM E						Cota	Prof.						
CX-110	Sede - Pça Getulio Vargas 10	Hotel Gloria	7568975	506820	PT	Fraturado	30/08/93	150	106,00				4,21	30/08/93	22,0	6,10	280,0
CX-114	Sede - R. Dr. Viotti, 567	Palace Hotel	7569400	506915	PT	Fraturado	06/09/91	150	110,00		1,17	32,00	4,97	28/09/93	20,0	7,40	90,0
CX-115	Sede - R. Dr. Viotti, 567	Palace Hotel	7569400	506915	PT	Fraturado	28/08/93	150	65,00								
CX-116	Sede - Sta Rita - Faz. Panorama	Gutemberg Peres	7570730	506630	NC	Cobertura	27/08/93						0,80 (*)	27/08/93	18,0	5,90	60,0
CX-117	Sede - Sitio do Bosque	Roberto	7568520	505565	PE	Cobertura	27/08/93	1200	2,65		1,67			27/08/93	18,0	6,60	35,0
LB - 01	Est. Lambari - Heliadora / Floresta	Joaquim Borges	7570380	461700	PE	Cobertura	26/05/97	1500	3,00		1,05			26/05/97	19,8	6,22	44,0
LB - 02	" /Faz. N. Srª Conceição	Luis Carlos Vital Brasil	7570090	461320	NC	Cobertura								26/05/97	20,5	7,15	47,0
LB - 03	Est. Lambari - Heliadora	Nelson Paganelli	7568990	457780	NC	Cobertura	26/05/97						8,00 (*)	26/05/97	17,5	6,90	20,0
LB - 04	" /Faz. Santo André	Maria Imelda	7568210	456950	PE	Cobertura	27/05/97		6,00		4,70			27/05/97	20,6	6,50	184,2
LB - 05	P. das Águas - Fonte Magalhães Pinto (01) COMIG		7570060	463860	PT	Aluv./Frat.	27/05/97						5,59(*)	27/05/97	21,6	4,57	91,6
LB - 06	" - Fonte 02	"	7570060	463860	PT	Aluv./Frat.	27/05/97						1,34(*)	27/05/97	21,6	4,60	88,4
LB - 07	" - Fonte 03	"	7570060	463860	PT	Aluv./Frat.	27/05/97						0,66(*)	27/05/97	21,5	4,71	108,1
LB - 08	" - Fonte 04	"	7570060	463860	PT	Aluv./Frat.	27/05/97						0,32(*)	27/05/97	21,7	4,82	87,3
LB - 09	" - Fonte 05	"	7570040	463920	PT	Aluv./Frat.	27/05/97		6,00				0,05(*)	27/05/97	20,6	4,73	72,1
LB - 10	" - Fonte 06	"	7570040	463920	PT	Aluv./Frat.	27/05/97		6,00				0,13(*)	27/05/97	21,4	4,59	72,1
LB - 11	" - Fonte 07	"	7570070	463880	PE	Aluv./Frat.	27/05/97										
LB - 12	Metalurgia Brasil		7570180	463680	PT		27/05/97	150			0,00		0,08(*)	27/05/97	21,0		250,0
SL - 01	Sede - R. Américo Werneck, 548	Hotel Platino	7553860	494110	PT	Fraturado	00/09/80	150	75,0		1,00	15,00	15,84	09/06/97	20,5		82,0
SL - 02	Sede - Passagem do Estudante	Colégio Polivalente	7553410	494270	NC	Cobertura	09/06/97						0,20 (*)	09/06/97	14,7	6,13	17,7
SL - 03	Santa Casa	Fund. Casa de Caridade	7553800	495070	PT		/ 81	150	80,0		3,00	33,00	10,50	09/06/97	22,2		131,6
SL - 04	Parque das Águas II	Emp. de Águas S. Lourenço	7554570	493020	NC	Cobertura	09/06/97						2,70 (*)	09/06/97	18,7		31,8
SL - 05	Sede - Solar dos Lagos	Não Identificado	7553410	493550	PE	Cobertura	09/06/97	1200	2,0		0,00			09/06/97	18,4		9,4
SL - 06	Sede - São Lourenço Velho	Lourdes	7555190	493020	NC	Cobertura	02/07/97							02/07/97	19,2		50,5
SL - 07	BR 460 - km 1	Latfcinio Di Biasi	7553760	492730	PT		03/07/97	150	60,0		5,50			03/07/97	23,7	6,0	23,5
SL - 08	BR 460 - km 2	Pousada Montanhas do Sol	7553420	492350	PT		15/06/95		52,0				16,00				
							03/07/97	150			0,00			03/07/97	21,4		23,0
SL - 09	Jardim Nirvana	Não Identificado	7552830	493020	PE	Cobertura	03/07/97		2,4					03/07/97	19,0	5,0	39,1
SL - 10	" "	Agrimélio	7552600	493260	PE	Cobertura	03/07/97		8,3		7,00			03/07/97	22,1	5,0	14,8
SL - 11	Capinzal - Faz. Rizzi	Gilberto Chaves	7550970	488710	NC	Cobertura								03/07/97	17,4	5,5	23,4
SL - 12	Retiro da Carioca - Bar	Casimiro	7549890	490210	PE	Cobertura	03/07/97	900	27,0		21,80			03/07/97	21,8	5,6	10,0
SL - 13	Retiro da Carioca	José Olavo	7550090	489770	NC	Cobertura	03/07/97						3,00 (*)	03/07/97	20,4		6,6
SL - 14	Retiro da Carioca	Ailton Leite	7549830	489630	PE	Cobertura	03/07/97		7,0		5,70			03/07/97	19,2		53,4

Código da bacia do "parque das águas": AC - Águas de Contendas; CB - Cambuquira; CX - Caxambu; LB - Lambari; SL - São Lourenço

Natureza do ponto: PT - Poço Tubular; PE - Poço Escavado; NC - Nascente

(*) Vazão Livre

Análise físico-química (CPRM)

CATÁLOGO GERAL DE PONTOS D'ÁGUA

NÚMERO DO PONTO	LOCALIZAÇÃO				CARACTERÍSTICAS DO PONTO											C. E. uS/cm (25 oC)	
	LOCAL	PROPRIETÁRIO	COORDENADAS		NAT.	UNID. AQUÍF.	DATA	DIÂM. mm	PROF. m	N.E. (m)		N.D. m	VAZÃO m ³ /h	DATA	TEMP. oC		pH
			UTM N	UTM E						Cota	Prof.						
SL - 15	Sede - Rua Américo Werneck, 46	Hotel Sul América	7553740	494270	PT	Fraturado	01/07/96	150	101,0		25,27	82,52	8,10	17/07/97	21,8	8,2	170,9
SL - 16	Vale dos Pinheiros - Pça	Não Identificado	7554020	492610	PT		10/07/97	150			+ 1,0		0,08 (*)	10/07/97	20,8	6,0	45,5
SL - 17	Sede - Alameda João Lage, 87	Hotel Brasil	7554430	494050	PT		/ 80	150	46,0				9,50	11/07/97	23,0	6,4	352,0
SL - 18	BR 460 - km 4	Sul Minas Veículos	7553640	491620	PE	Aluvião								16/07/97	17,6	7,9	95,1
SL - 19	Sede - R. Visconde do Rio Branco, 41	José Elias Simes	7553020	494110	PT	Fraturado	01/07/96	150	101,0		6,70	42,13	12,00	Não Instalado			
SL - 20	Parque da Águas - Poço 7 "bis"	Emp. de Águas S. Lourenço	7554480	493920	PT	Aluv/Frat.	/ 87	150	19,0		4,00	7,00	1,80	Desativado			
SL - 21	Parque da Águas - Fonte Vichy	" " "	7554690	494245	PT	Aluv/Frat.	/ 31	152	21,80		+ 0,6		0,42 (*)				
							10/06/97						0,14	10/06/97	20,5	4,94	559,0
SL - 22	" - Fonte Gasosa (poço 9)	" " "	7554850	494300	PT	Aluv/Frat.	10/06/97	150	44,00				1,51	10/06/97	20,4	4,92	572,0
SL - 23	" - Poço 14	" " "	7554880	494300	PT	Aluv/Frat.	22/12/94	150	35,50		5,18	27,34	0,96	Não Instalado			
SL - 24	" - Fonte Ferruginosa	" " "	7554735	494170	PT	Aluv/Frat.	10/06/97		4,00				0,42	10/06/97	20,1	4,33	298,0
SL - 25	" - Poço 10	" " "	7555080	494355	PT	Fraturado	04/06/88	150	91,00		4,30	55,29	20,31	Desativado			
SL - 26	" - Fonte Oriente	" " "	7554940	494250	PT	Fraturado	08/08/89		16,40				10,56	10/06/97	20,1	5,71	340,0
SL - 27	" - Fonte Sulfurosa (poço 6)	" " "	7554520	494040	PT	Aluv/Frat.	07/07/87	150	40,00		4,00	20,00	5,00				
							10/06/97						0,69	10/06/97	23,4	5,80	920,0
SL - 28	" - Fonte Alcalina	" " "	7554615	494030	PT	Fraturado	/ 31		45,70				0,36 (*)	/ 31	22,0		
							10/06/97						0,20	10/06/97	17,2	3,42	935,0
SL - 29	" - Poço "Gasoso"	" " "	7554900	494330	PT	Fraturado	10/06/97	150	150,00		> +1,0		25,0 (*)	10/06/97	25,3	5,90	1232,0
SL - 30	" - Fonte Magnesiana	" " "	7554620	494055	PT	Fraturado	Dreno Horizontal					Em Manutenção					
SL - 31	" - Fonte Mantiqueira	" " "	7555080	494355	PT			150						10/06/97	20,8	5,75	139,0
SL - 32	Parque da Águas II - Poço 08	" " "	7554470	493870	PT	Fraturado	/ 80	150	155,00		1,50	26,16	22,20	15/07/97	22,9	6,38	338,0
SL - 33	Parque da Águas - Poço 11	" " "	7554630	493890	PT	Aluv/Frat.	/ 90	150	17,5					Desativado			
SL - 34	Parque da Águas - Poço 12	" " "	7555360	494090	PT		/ 91	150	72,0					Desativado			
SL - 35	Parque da Águas II - Poço 07	" " "	7554440	493915	PT	Fraturado		150	70,0								
							10/06/97						0,39	15/07/97	23,1	5,7	532,0
SL -	Poços	Não Identificado			NC	Fraturado								27/07/94	21,0	5,9	654,0

Código da bacia do "parque das águas": AC - Águas de Contendas; CB - Cambuquira; CX - Caxambu; LB - Lambari; SL - São Lourenço

Natureza do ponto: PT - Poço Tubular; PE - Poço Escavado; NC - Nascente

(*) Vazão Livre

Análise físico-química (CPRM)