C P R M
2239-S

Monte Azul

Folha SD.23-Z-D-II

Escala 1:100.000

I-96
C P R M — D I D O T E
ARQUIVO TÉCNICO
Relatório n.º 2239 S
N.º de Volumes: V:
PAL - CD 2+5

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado	Alexis Stepanenko
Secretário de Minas e Metalurgia	Breno Augusto dos Santos

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

Presidente	Carlos Oiti Berbert
Diretor de Geologia e Recursos Hídricos	Hermes Augusto Verner Inda
Diretor de Recursos Minerais	Antonio Juarez Milmann Martins
Diretor de Administração e Finanças	Augusto Wagner Padilha Martins
Diretor de Relações Comerciais	Gil Pereira de Souza Azevedo
Superintendente de Apoio e Desenvolvimento Tecnológico	Giuseppina Giaquinto de Araújo
Superintendente de Planejamento e Informática	Isaac Ber Borensztein

SUPERINTENDÊNCIAS REGIONAIS

Superintendente de Belém	Xafi da Silva Jorge João
Superintendente de Belo Horizonte	Osvaldo Castanheira
Superintendente de Goiânia	Mario de Carvalho
Superintendente de Manaus	Fernando Pereira de Carvalho
Superintendente de Porto Alegre	Cladis Antônio Pressotto
Superintendente de Recife	João de Castro Mascarenhas
Superintendente de Salvador	José Carlos Vieira Gonçalves da Silva
Superintendente de São Paulo	Luíz Sguissardi do Carmo

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

Escalas 1:250.000 – 1:100:000 – 1:50.000

COORDENAÇÃO NACIONAL DO PROGRAMA

Inácio de Medeiros Delgado

COORDENAÇÃO TEMÁTICA

Nacional

Análises Minerais	Vânia N. de Araújo Mello
Bases de Dados	Ernesto von Sperling
Biblioteca	Tânia R.B. de M. Freire
Editoração	Afonso H. de Souza Lobo Jurema Ferreira da Silva
Financeira	Idelmar da Cunha Barbosa
Estratigrafia	Augusto José Pedreira
Geofísica	Mário J. Metello
Geologia Estrutural	Reginaldo Alves dos Santos Atahualpa Valença Padilha
Geologia Econômica	Ódimo Francisconi
Geoprocessamento	Ricardo Moacyr de Vasconcellos
Geoquímica	Carlos Alberto C. Lins
Geotectônica	Atahualpa Valença Padilha
Hidrogeologia	Antônio de Souza Leal
Litogeoquímica	Emiliano Cornélio de Souza
Metalogenia	Inácio de Medeiros Delgado
Petrologia	Luiz Carlos da Silva Emiliano Cornélio dos Santos
Processamento de Dados	Gilberto G. da Vinha
Programa Grande Carajás	Orlando José B. de Araújo
Sensoriamento Remoto	Sérgio M.S. Guerra
Treinamento	Antônio José D. Rocha Eduardo Camozzato

Regional

Superintendência Regional de Belo Horizonte

Regional	Claiton Piva Pinto
Estrutural	Orivaldo Ferreira Baltazar
Petrologia	Frederico Ozanan Raposo
Hidrogeologia	José do Espírito Santo Lima
Metalogenia	Carlos Alberto Heineck
Geoquímica	Cláudio José Marques de Souza
Geofísica	Antonino Juarez Borges
CIEG Ouro Preto	Hélio Antonio de Souza
Treinamento	João Batista Carvalhaes

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

MONTE AZUL
FOLHA SD.23-Z-D-II

Estado de Minas Gerais

Organizado por
José do Espírito Santo Lima

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

O Serviço Geológico do Brasil

BRASÍLIA 1994

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

PROJETO MAPAS HIDROGEOLÓGICOS

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Coordenação editorial a cargo do
Núcleo de Edições Técnicas – NUTEC da
Superintendência de Apoio e Desenvolvimento Tecnológico

LIMA, José do Espírito Santo.

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Monte Azul, Folha SD.23-Z-D-II. Estado de Minas Gerais, Escala 1:100.000. Org. por José do Espírito Santo, Brasília/CPRM 1994.

96 pág., ilustr., 2 mapas.

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM.

1. Hidrogeologia - Minas Gerais - Mapas. I. Brasil, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. II Título.

CDD:588:15
CDV:55(215)

SUMÁRIO

Resumo i

Abstract iii

1 INTRODUÇÃO 1

1.1 Histórico 1
1.2 Localização e Acesso 2
1.3 Aspectos Sócio-Econômicos 2
1.4 Clima, Fisiografia e Geomorfologia 4
1.5 Aspectos Hidrológicos 11
1.6 A Carta Hidrogeológica 14
1.6.1 Os Sistemas Aqüíferos 16
1.6.2 Classes de Produtividade dos Sistemas Aqüíferos 16
1.6.3 Importância Hidrogeológica Relativa Local 16
1.6.4 Fácies Hidroquímicas 16
1.6.5 Condições das Áreas de Exposição dos Aqüíferos 17
1.6.6 Vulnerabilidade dos Aqüíferos à Poluição 17
1.6.7 Informações Cartográficas Adicionais 17

2 GEOLOGIA 19

2.1 Generalidades 19
2.2 Rochas Cristalinas e Cristalofilianas 19
2.2.1 Associação Gnáissico-Migmatítica 20
Granitóides (APlgt)
Gnaisses e Migmatitos Indivisos (APlgn/mi)

2.2.2 Associação Pré-Espinhaço 23
Metatexitos (APlmt)
Micaxistos e Anfibolitos (APlmx)
2.2.3 Supergrupo Espinhaço 24
Metaconglomerados (Pmc)
Metavulcânicas (Pmv)
Quartzitos (Pqt)
Xistos Quartzosos (Pxtqt) e Xistos (Pxt)
2.3 Rochas Sedimentares 26
2.3.1 Grupo Macaúbas 26
Paraconglomerados (PSpc)
Arenitos (PSar)
2.3.2 Coberturas Indiferenciadas do Terciário-Quaternário (TQci) 26
2.3.3 Coluvião (Qco) 27
2.3.4 Aluvião (Qal) 27
2.4 Tectônica 28

3 HIDROGEOLOGIA DA FOLHA 35

3.1 Sistemas Aqüíferos 35
3.1.1 Aqüíferos Intergranulares Descontínuos Locais, Livres 35
Alimentação, Escoamento e Exutórios
Características Dimensionais
3.1.2 Aqüíferos Intergranulares Locais, Livres 38
Alimentação, Escoamento e Exutórios
Características Dimensionais
3.1.3 Aqüíferos Intergranulares Descontínuos de Extensão Variável, Livres 38
Alimentação, Escoamento e Exutórios
Características Dimensionais
3.1.4 Aqüíferos Intergranulares/Fraturados, Extensos, Livres 40
3.1.5 Aqüíferos Locais Restritos às Zonas Fraturadas 40
Alimentação, Escoamento e Exutórios
Características Dimensionais e Hidrodinâmicas
3.1.6 Aqüíferos Praticamente Ausentes 41
3.1.7 Aqüíferos Descontínuos, Fraturados, Livres 43
Alimentação, Escoamento e Exutórios
Características Dimensionais e Hidrodinâmicas
3.2 A Produtividade dos Sistemas e a Importância Hidrogeológica Relativa Local . 45
3.3 Condições das Áreas de Exposição dos Sistemas Aqüíferos 50
3.4 Vulnerabilidade dos Aqüíferos à Poluição 52
3.5 Uso Atual e Condições de Exploração 53
3.6 Qualidade das Águas 55
3.6.1 Generalidades 55

3.6.2 Composição Química 55
3.6.3 Fácies Hidroquímicas 56
Águas Bicarbonatadas
Águas Cloretadas
Águas Sulfatadas
Águas Mistas
3.6.4 Nível e Tipos de Contaminação 58
3.6.5 Qualidade das Águas para Consumo Humano e de Animais, Uso Industrial e Irrigação 59
Qualidade das Águas para Consumo Humano e de Animais
Qualidade das Águas para Uso Industrial
Qualidade das Águas para Irrigação
3.7 Gestão das Águas Subterrâneas 68
3.7.1 Nível de Conhecimento Atual 68
3.7.2 Gerenciamento dos Recursos 69
3.7.3 Facilidades Governamentais 69

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 71

BIBLIOGRAFIA **75**

APÊNDICES

I – Súmula de Dados de Produção
II – Ilustrações Fotográficas

ANEXOS

- Carta Hidrogeológica
- Carta de Qualidade da Água
- Carta de Condições das Áreas de Exposição dos Aqüíferos/ Vulnerabilidade dos Aqüíferos à Poluição

RESUMO

A Folha Monte Azul, com aproximadamente 3.000km^2, está localizada no norte do estado de Minas Gerais. Ocorrem na região os tipos climáticos Aw e Cwa, sendo o primeiro um clima tropical, quente e úmido, com estação seca bem acentuada, e o segundo mesotérmico de altitude, com verões quentes e chuvosos e inverno seco.

O regime pluviométrico é muito irregular, com total anual de 895mm (estação climatológica de Monte Azul) e a temperatura média anual fica em torno de 23,5°C. A umidade relativa média anual é de 62,6% e a evapotranspiração potencial de 1.371,3mm. As rochas cristalinas e cristalofilianas predominam na área com 68%, correspondendo o restante a arenitos do Grupo Macaúbas, coberturas indiferenciadas e depósitos recentes. Os estudos hidrogeológicos se basearam nos dados fornecidos por 168 pontos d'água, 33 análises químicas, 5 ensaios de bombeamento e informações acerca das fraturas fotointerpretadas e estudadas *in loco*. Os sistemas aqüíferos mais importantes são aqueles definidos pelas aluviões, pelas coberturas quaternárias indiferenciadas e pelas rochas fraturadas (gnaisses e migmatitos indivisos, granitóides, metatexitos e quartzitos) que também identificam o sistema aqüífero mais vulnerável à poluição.

As águas, de um modo geral, apresentam salinidade elevada, e aquelas provenientes de rochas da Associação Gnáissico-Migmatítica mostram restrições para o consumo humano quanto à potabilidade. Para os animais praticamente não há restrições, e na irrigação cerca de 52,6% das águas amostradas, requerem determinadas precauções para sua utilização. Para o uso industrial, dependendo do tipo de indústria, ocorrem restrições em relação à alcalinidade total, à dureza total e ao resíduo seco (TSD).

Na gestão das águas subterrâneas, a nível de conhecimento atual, estudos hidrogeológicos na área são escassos, e o gerenciamento dos recursos hídricos é feito por órgãos estaduais e municipais apenas nas sedes municipais e em alguns povoados. As facilidades governamentais são atribuídas a órgãos estaduais e federais que atuam na região.

ABSTRACT

Covering an area of about 3.000km^2, the Monte Azul Sheet is localized in the North of Minas Gerais State. The Climatypes characterizing the region are the Aw and Cwa, the first one being a tropical warm and humid climate with well defined dry season, and the latter a mesothermal of altitude with warm rainy Summer and dry Winter.

The regional rainfall regime, is very irregular and totalizes 895mm annually (Monte Azul Climatologic Resort), the temperature means 23,5°C, the relative humidity 62,6% and the evotranspiration potentiality 1.371,3mm.

Crystalline rocks dominate as much as 68% of the area, the remnants being covered by sandstones of the Macaubas Group, indiferentiated and recent deposits. The hydrogeologic studies carried out in the area have been based on data from 168 water points, 33 chemical analyses, 5 pumping tests and information obtained from fractures photointerpreted and studied *in loco* . The main aquifer systems are defined by alluvia, indiferentiated Quaternary covers and fractured rocks (gneisses, undivided migmatites, granitoids, metatexites and quartzites), which also identify the most susceptible to pollution aquifer system.

The waters are generally of high salinity and those from the Gneissic-Migmatitic Association are subject to potability restrictions concerning human uses. There are pract, cally no restriction for animal uses, although 52,6 of the sampled water require precaution concerning watering. For industrial uses restrictions may be required concerning total salinity, hardness and dry waste depending on the industry pattern.

Carried out only in urban communities and a few settlements, hydrogeologic studies, as far as we know, are scarce and the hydric resources manegement is attributed to the governamental offices acting in the region.

1

Introdução

1.1 Histórico

Este projeto, inicialmente denominado "Mapas de Previsão de Recursos Hídricos Subterrâneos", na escala 1:100.000, e solicitado à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) pelo Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), teve início em fins de 1984, em caráter experimental, com o mapeamento de quatro folhas-teste a ser exe-cutado pelas Superintendências Regionais de Belo Horizonte (Folha Janaúba), Salvador (Folha Euclides da Cunha) e Recife (folhas Jardim do Seridó e Currais Novos), dentro do Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB), desenvolvido pelo Mi-nistério de Minas e Energia.

Em novembro de 1985, foram iniciados os trabalhos da Folha Monte Azul sob a res-ponsabilidade da Superintendência Regional de Belo Horizonte (SUREG/BH), sendo porém interrompidos em agosto de 1986. Nesse período foram desenvolvidas atividades relativas à aquisição de documentação, análise bi-bliográfica, elaboração de mapas-base preliminares e fotointerpretação, sem dedicação exclusiva do responsável pela folha.

A retomada dos trabalhos ocorreu em fevereiro de 1991, e as atividades de campo foram iniciadas em abril deste mesmo ano. A partir de julho/91, após a realização do *workshop* de Hidrogeologia em Aldeia, município de Camaragibe-PE, o projeto passou a ser denominado "Projeto Mapas Hidrogeológicos".

O objetivo principal do projeto é apresentar, em escala de semidetalhe (1:100.000), um conjunto de informações básicas necessárias à orientação de todos aqueles interessados na obtenção e aproveitamento das águas subterrâneas, numa linguagem accessível não só aos

técnicos como também ao usuário não especializado.

Os trabalhos da folha, objeto desta nota explicativa, foram desenvolvidos pelo geólogo José do Espírito Santo Lima, auxiliado pelo motorista João Francisco Ferreira na etapa de campo e sob a coordenação do geológo Antonio de Souza Leal, Coordenador Regional e Nacional de Hidrogeologia. A análise estrutural da folha em apreço contou com a participação do Coordenador Regional de Geologia Estrutural, geólogo Orivaldo Ferreira Baltazar.

1.2 Localização e Acesso

A Folha Monte Azul está localizada entre os meridianos 42°30' e 43°30' de longitude oeste de Greenwich e os paralelos 15°00' e 15°30' de latitude sul, cobrindo uma área aproximada de 3.000km^2 no norte-nordeste mineiro (figura 1.1). Pertencente à região fisiográfica de Itacambira compreende parte das micro-regiões homogêneas Serra Geral de Minas e Alto Rio Pardo, abrangendo parte dos municípios de Monte Azul, Mato Verde, Rio Pardo de Minas, Espinosa e Porteirinha, sendo que apenas as sedes dos dois primeiros estão situadas dentro dos limites da folha.

O acesso à área, partindo-se de Belo Horizonte, é feito através das rodovias pavimentadas federais BR–040, BR–135 e BR–122, e da BR–342, não pavimentada mas de tráfego permanente, além de rodovias não pavimentadas, estaduais e municipais de tráfego permanente ou não, que permitem o trânsito em todo o âmbito da folha, exceto nos trechos mais íngremes da Serra do Espinhaço. É servida também pela ferrovia RFFSA Centro-Norte e por aeródromos homologados pelo DAC nas cidades de Monte Azul e Mato Verde.

1.3 Aspectos Sócio-Econômicos

A área abrangida pela Folha Monte Azul é habitada por cerca de 62.000 pessoas (20,6 hab/km^2), segundo os dados preliminares do Censo Demográfico de 1991 realizado pelo IBGE. Deste contingente humano, aproximadamente 40% vivem na zona urbana, nas cidades de Monte Azul e Mato Verde e nas localidades de Mamonas, Barrinha, São Pedro, Pajéu, Rebentão, Pedreira, Cana-Brava, Landim, Catuti, São João do Bonito e Santo Antônio do Retiro. O restante da população se distribui pela zona rural concentrando-se principalmente ao longo dos vales, das rodovias e da ferrovia, mostrando que a economia na região se baseia principalmente na agricultura e pecuária de leite e corte. No quadro 1.1 estão indicadas as populações da área de cada município abrangida pela folha com as respectivas densidades demográficas, que são apresentadas na figura 1.2.

Em relação ao setor de ensino, as cidades de Monte Azul e Mato Verde, situadas na folha em estudo, possuem escolas de até 2º grau, e no meio rural são encontradas inúmeras escolas primárias.

Na área de saúde, as cidades de Monte Azul e Mato Verde contam com hospitais para atendimento da população.

A energia elétrica é fornecida pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), proveniente da hidrelétrica de Três Marias, sendo que a eletrificação rural também existe em grande escala.

As cidades de Monte Azul e Mato Verde contam com serviços de comunicação prestados pelas agências postais telegráficas da Empresa Brasileira de Correios e Telegráfos (EBCT), e pela Telecomunicações de Minas Gerais (TELEMIG).

No setor bancário, a cidade de Monte Azul

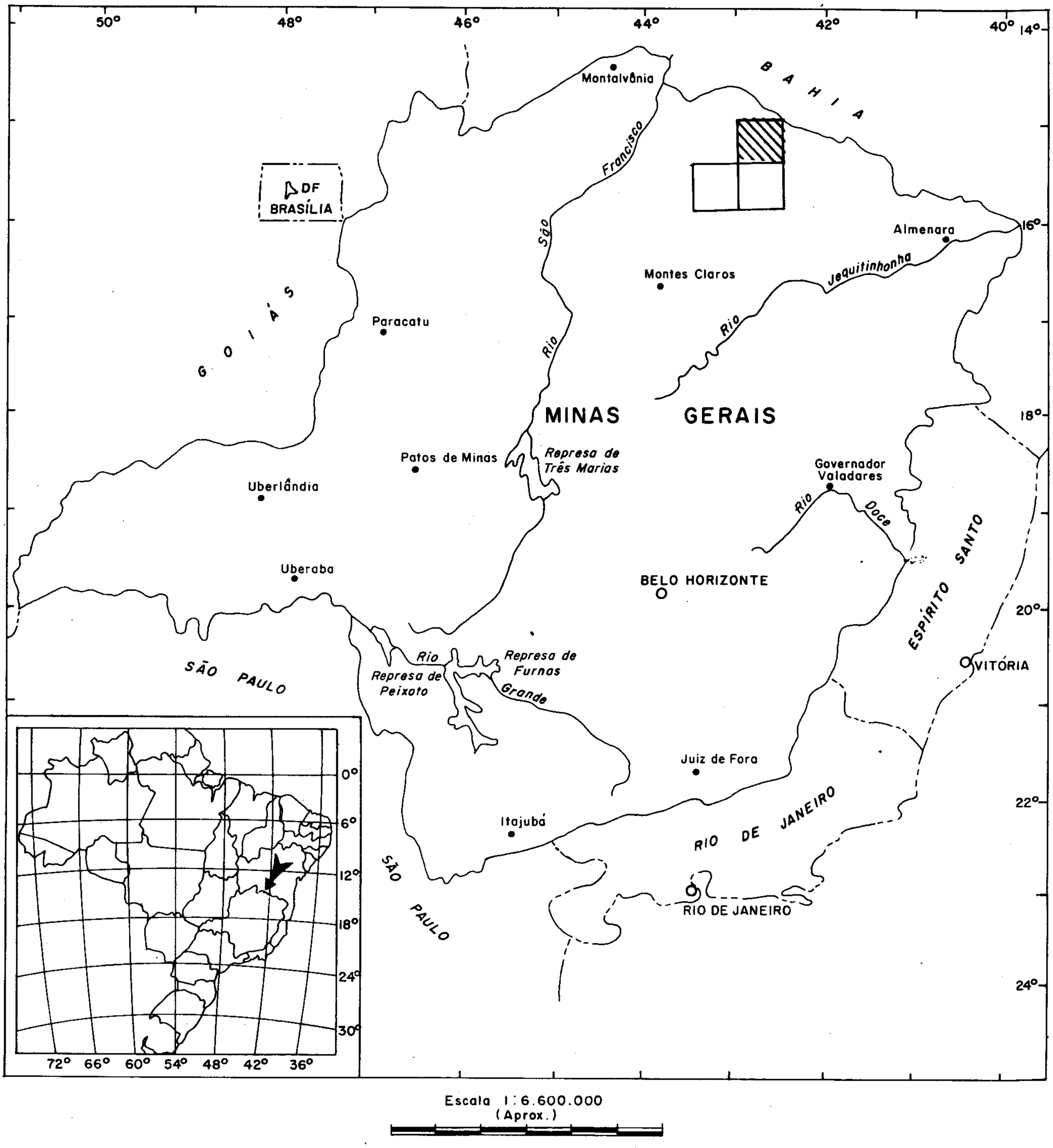


Figura 1.1 – Mapa de localização.

Quadro 1.1 – População área e densidade demográfica dos municípios que compõem a área.

Município	População (hab)	Área (km^2)	Densidade Demográfica (hab/km^2)
Espinosa	10.146	424	23,9
Mato Verde	15.500	443	34,9
Monte Azul	25.300	645	39,2
Porteirinha	1.077	62	17,3
Rio Pardo de Minas	10.045	1.426	7,0
Totais	62.068	3.000	20,6

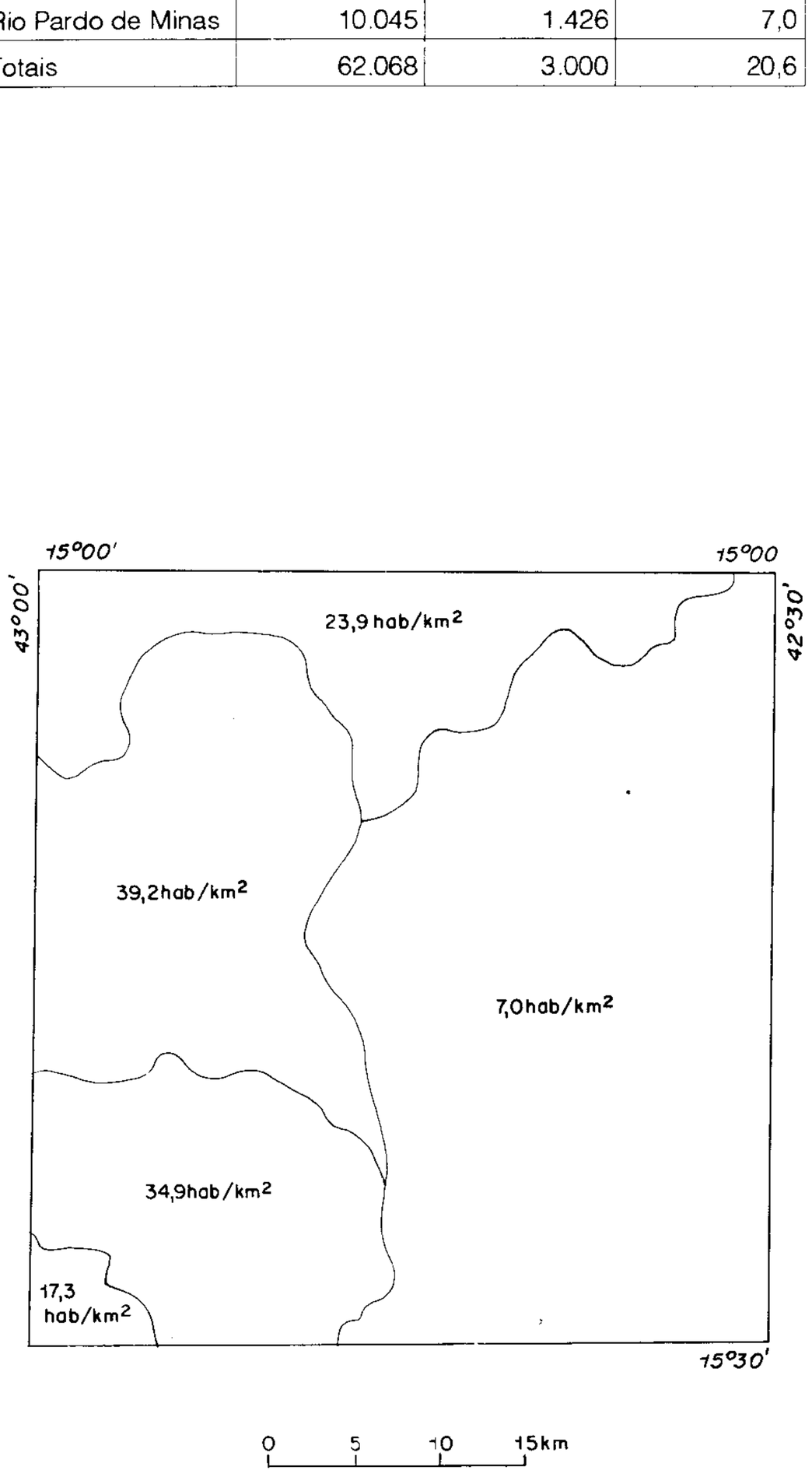


Figura 1.2 – Mapa de densidades demográficas.

possui agências do Banco do Brasil e do Banco do Nordeste do Brasil e em Mato Verde opera apenas o Banco do Brasil.

No setor animal, segundo as informações extraídas dos relatórios anuais da EMATER (1990), nos escritórios de Espinosa, Monte Azul, Mato Verde e Rio Pardo de Minas, predomina o rebanho bovino com 42.000 cabeças onde se destacam as raças Nelore e Indubrasil, além do tipo "pé-duro", vindo a seguir os suínos com 4.550 cabeças, os caprinos/ovinos com 2.100 cabeças, os eqüinos/muares com 1.900 cabeças e as aves em torno de 29.000 cabeças.

A agricultura, segundo as informações obtidas dos relatórios anuais da EMATER (1990), nos escritórios anteriormente citados, se destaca pela produção de cana-de-açúcar (55.000t), algodão (7.000t), milho (3.120t), arroz (2.950t), mandioca (2.600t) e feijão (1.850t), além de frutas cítricas, banana, mamão, coco e verduras.

A principal atividade de trabalho da população na região gira em torno do algodão, que absorve, praticamente, toda a mão-de-obra local, tanto no plantio e colheita quanto nas beneficiadoras situadas em Monte Azul e Mato Verde.

Outra atividade que também se destaca na região, notadamente a leste da Serra do Espinhaço, é a produção de carvão vegetal para o pólo guseiro do estado de Minas Gerais, na região de Sete Lagoas.

1.4 Clima, Fisiografia e Geomorfologia

Segundo Köeppen, na Folha Monte Azul ocorrem os tipos climáticos Aw e Cwa, sendo que a área de ocorrência deste último coincide aproximadamente com a Serra do Espinhaço (figura 1.3). O tipo Aw é um clima tropical,

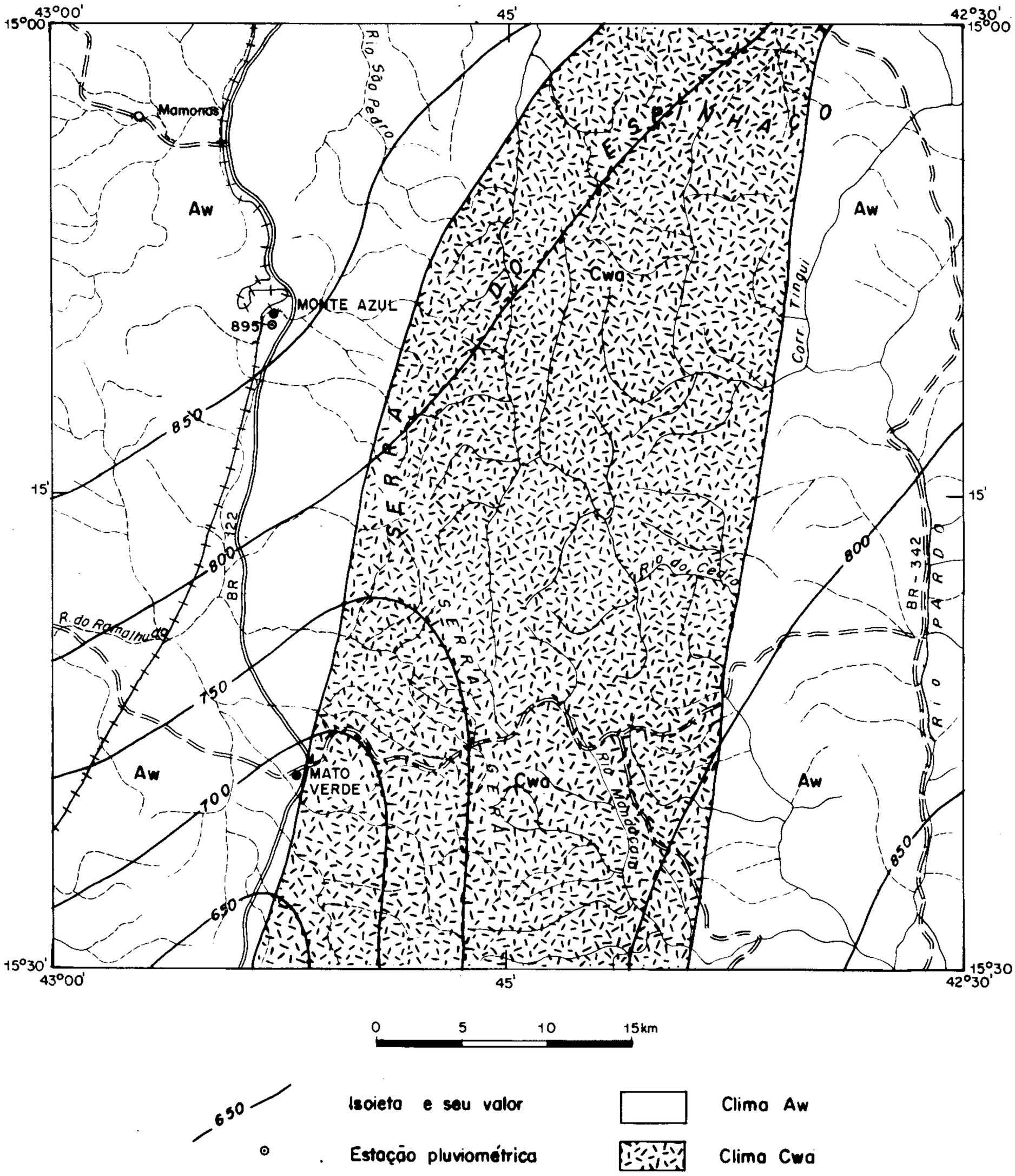


Figura 1.3 – Mapa pluviométrico e tipos de clima.

característico de savanas, quente e úmido, com estação seca bem acentuada, e o tipo Cwa é mesotérmico de altitude, com verões quentes e chuvosos e inverno seco. Localmente, observa-se que a serra funciona como uma barreira natural dividindo a área em duas porções distintas: uma na parte leste onde a intensidade de chuvas é maior, as temperaturas são mais amenas e a vegetação chega a se mostrar exuberante em determinados locais, principalmente nas encostas da serra; a outra na parte oeste onde ocorre exatamente o inverso com chuvas escassas, temperaturas mais elevadas e vegetação pobre.

O total anual de chuvas (895,1mm em Monte Azul) (figura 1.3) é consideravelmente alto, porém o regime pluviométrico é muito concentrado, e cerca de 72% do total precipitado ocorre entre os meses de novembro a janeiro. No restante do ano, as médias mensais estão sempre abaixo de 100mm, sendo que no período entre junho e setembro essas médias não ultrapassam 10mm. A temperatura na região se mantém quase sempre elevada com média anual de 23,5°C e baixa amplitude térmica. As temperaturas mais baixas ocorrem nos meses de junho e julho com médias em torno de 21°C. A umidade relativa média anual é de 62,6%, sendo janeiro o mês mais úmido (73,3%) e agosto o mais seco (47,9%). No quadro 1.2 são apresentados os parâmetros climáticos da estação de Monte Azul para o período de 1975 a 1981, e a figura 1.4 mostra um gráfico comparativo desses mesmosparâmetros.

O balanço hídrico calculado para a estação de Monte Azul utilizando os dados relativos à pluviometria e à temperatura no período de 1975 a 1981, mostrou uma situação de déficit nos meses de maio a outubro, uma reserva útil suficiente nos meses de novembro a abril e ocorrência de excesso d'água em janeiro e fevereiro de, respectivamente, 57,9mm e 30,8mm. No quadro 1.3 são apresentados os cálculos relativos a esse balanço hídrico, e a figura 1.5 mostra graficamente os parâmetros componentes do balanço.

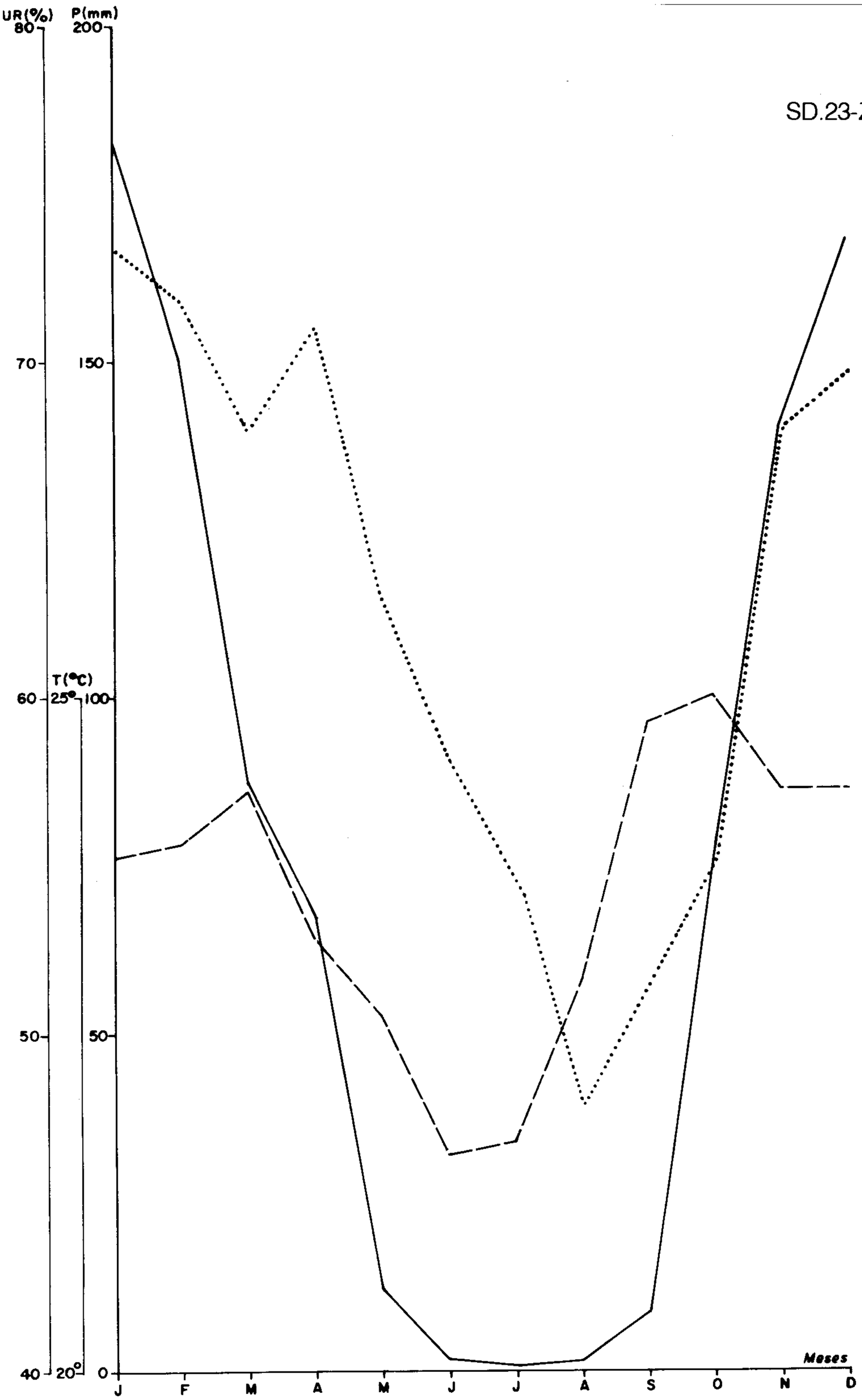
A vegetação, já bastante descaracterizada pela constante atuação antrópica, é representada pelo cerrado na parte oriental e pela caatinga arbórea na parte ocidental. Entretanto, apesar da contínua substituição da cobertura vegetal nativa pelas culturas, pastagens e reflorestamento com espécies estranhas ao meio (como acontece na parte oriental com plantações de eucalipto), ainda são encontrados remanescentes nativos dessas duas formações vegetais.

Quadro 1.2 – Parâmetros climáticos da Estação de Monte Azul (período 1975 a 1981).

Parâmetros	Meses												
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Pluviometria	181,7	150,0	87,6	67,6	12,0	1,9	0,3	1,5	8,2	76,2	139,9	168,2	(total anual) 895,1
Temperatura	23,8	23,9	24,3	23,2	22,6	21,6	21,7	22,9	24,8	25,0	24,3	24,3	(média anual) 23,5
Unidade Relativa	73,3	71,8	67,9	70,9	63,1	58,2	54,5	47,9	51,4	55,0	68,0	69,6	(média anual) 62,6

Fonte: INEMET

SD.23-Z-D-II (Monte Azul)



——— PLUVIOMETRIA

– – – – TEMPERATURA

..... UMIDADE RELATIVA

Figura 1.4 – Gráfico comparativo de parâmetros climáticos.

Quadro 1.3 – Balanço hídrico para a Estação de Monte Azul (período de observações 1975 a 1981).

Parâmetros	Meses												
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
Pluviometria-P	181,7	150,0	87,6	67,6	12,0	1,9	0,3	1,5	8,2	76,2	139,9	168,2	895,1
Evapotranspiração Potencial - ETp	111,8	119,2	112,5	121,5	97,4	96,7	101,7	117,2	149,5	123,7	108,8	111,3	1.371,3
P-ETp	69,9	30,8	-24,9	-53,9	-85,4	-94,8	-101,4	-115,7	-141,3	-47,5	31,1	56,9	-476,2
Evapotranspiração Real - ETr	111,8	119,2	112,5	121,5	33,2	1,9	0,3	1,5	8,2	76,2	108,8	111,3	806,4
Reserva Útil	100,0	100,0	75,1	21,2	0	0	0	0	0	0	31,1	88,0	415,4
Déficit	–	–	–	–	64,2	94,8	101,4	115,7	141,3	47,5	–	–	564,9
Excesso	57,9	30,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	88,7

Na porção oriental, onde ocorre o cerrado, ainda são encontrados pequizeiro, ipê e mangabeira entre outros. Na porção ocidental, onde domina a caatinga arbórea, são encontradas as espécies juazeiro, umbuzeiro, braúna, aroeira, angico, umburana, cagaiteira, mandacaru, etc.

No que diz respeito aos solos, predomina na área a associação de solos relacionados com os cerrados do Brasil Central e Sudeste, cujos principais integrantes são o latossolo vermelho-escuro e o latossolo vermelho-amarelo, ambos com textura argilosa. A outra unidade presente é a associação de solos relacionados com rochas resistentes nas altas superfícies do Espinhaço, representada por litossolo e afloramento de rochas.

Morfologicamente, a área abrangida pela Folha Monte Azul apresenta três unidades distintas (figura 1.6):

– Superfície de Pedimentação Monte Azul-Porteirinha;

– Serra do Espinhaço;

– Platô do Alto Rio Pardo.

A superfície de pedimentação Monte Azul-Porteirinha apresenta um modelado esculpido em rochas da Associação Gnáissico-Migmatítica cujas altitudes médias estão em torno de 500m, já considerada por King (1956,*in* Drummond *et al.*, 1980) como pertencente ao Ciclo de Denudação Velhas. Nessa superfície, atuaram processos de degradação aplainando as formas de relevo, onde foram preservadas pequenas elevações de destaque local (*inselbergs*), os quais acentuam-se em direção à Serra do Espinhaço.

A Serra do Espinhaço, que se constitui no principal acidente geográfico da região, cruza a folha em apreço em toda sua extensão, praticamente dividindo-a ao meio.

Cristas resistentes, posicionadas segundo NNE, com esporádicos dobramentos E-W, cujos eixos tendem para SE, são comumente encontradas nessa unidade morfológica que constitui uma estrutura homoclinal, com mergulhos em geral mais fortes do lado ocidental e uma tendência à horizontalização no bordo oriental.

Ao norte de Mato Verde, essa estrutura adquire características próprias, exibindo grandes cristas quartzosas em cotas elevadas, entre as quais destacam-se pequenas várzeas, encobertas por colúvio arenoso bastante homogêneo.

As cristas que mais se destacam são aquelas representadas pelas serras Montevidéu e Sucuriú, com cotas superiores a 1.800m e 1.700m, respectivamente, mostrando a predo-

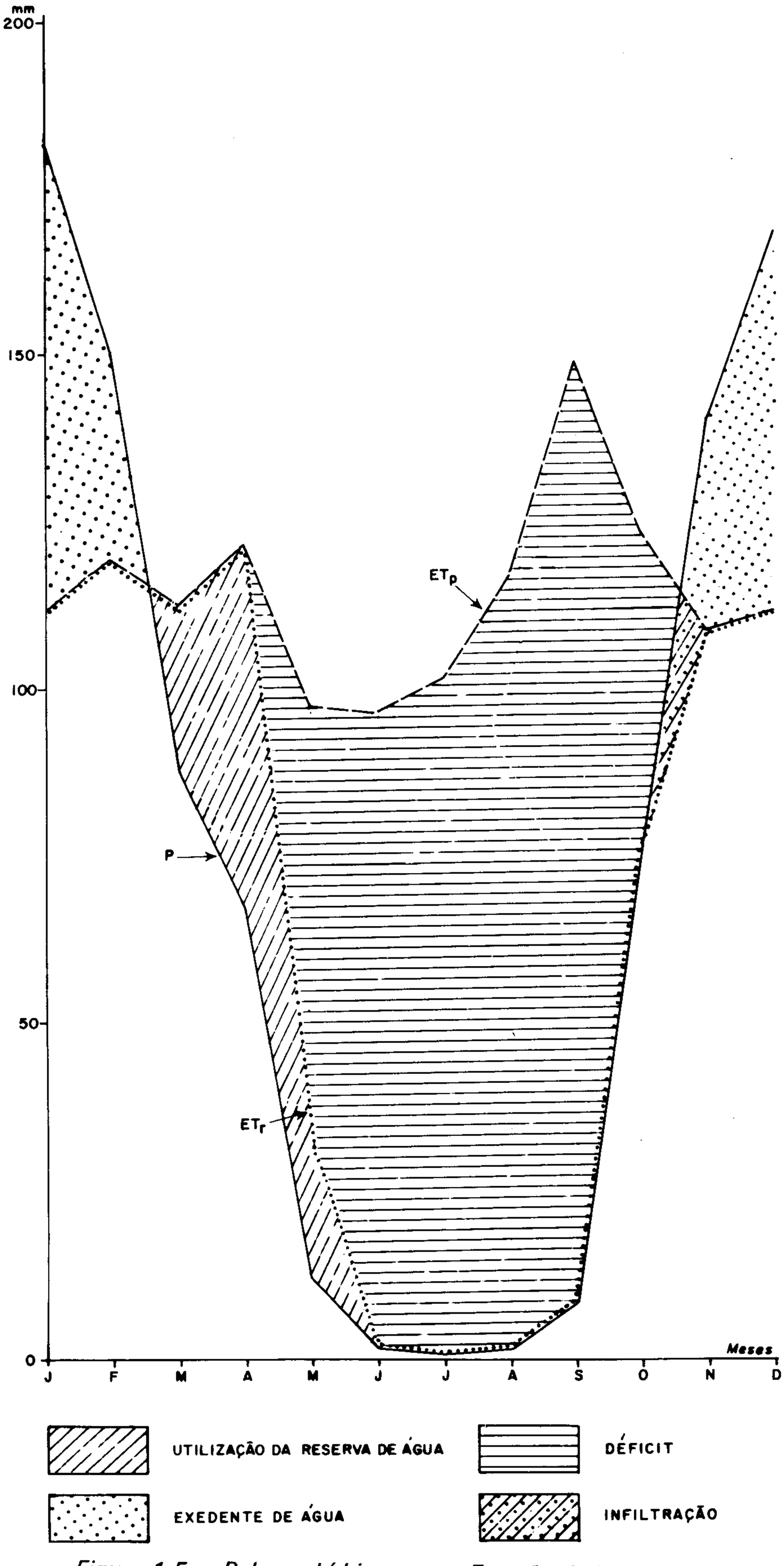


Figura 1.5 – Balanço hídrico para a Estação de Monte Azul.

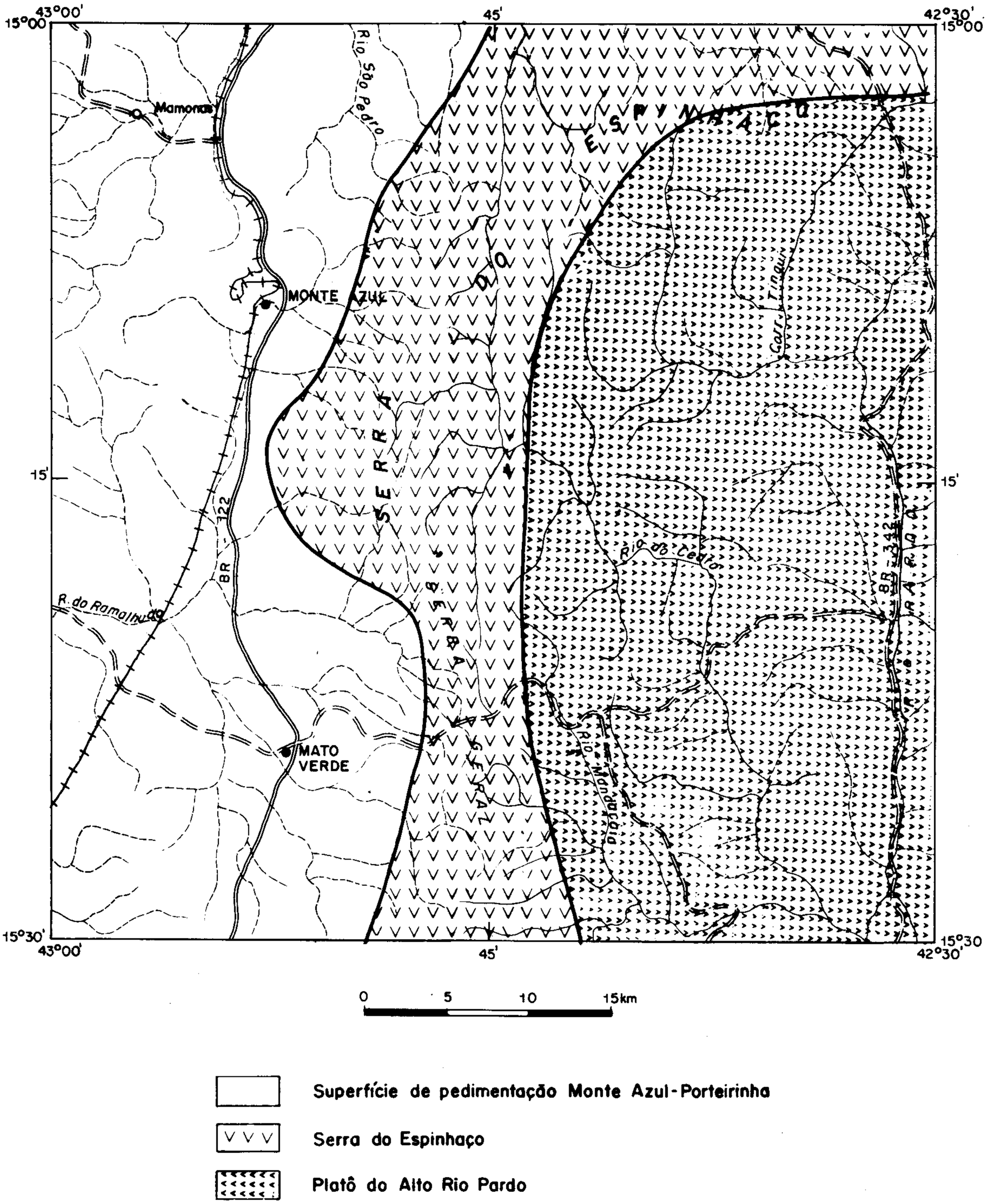


Figura 1.6 – Unidades geomorfológicas.

minância das rochas quartzíticas sobre as de natureza argilosa. Na Serra Montevidéu está localizado o ponto culminante da região com 1.820m de altitude na divisa entre os muncípios de Monte Azul e Rio Pardo de Minas.

O Platô do Alto Rio Pardo, situado na porção oriental da Folha Monte Azul, onde esse rio nasce, destaca-se na topografia com uma extensa chapada com pouca drenagem, em grande parte intermitente.

Segundo Costa *et al.* (1976), na área de domínio dessa unidade morfológica podem ser reconhecidos três ciclos erosivos distintos, dois com resquícios de pediplanização e outro constituindo extensas áreas.

A partir da confluência do rio do Cedro com o rio Pardo, em sua margem direita, ocorre o Ciclo Paraguaçu (King, 1956, *in* Costa *et al.*, *op.cit.*), onde se verifica uma drenagem entalhada em vales com a forma de "U" e o rio torna-se meandriforme, com grande ocorrência de meandros abandonados. Em cotas acima de 1.000m, desenvolve-se a superfície aplainada correspondente ao Ciclo Soledade de Meunier (1961, *in* Costa *et al.*, *op.cit.*) que por sua extensão regional caracteriza a forma de chapadão do platô. Representando restos do nivelamento ligado ao Ciclo Sul-Americano encontram-se várias superfícies remanescentes em cotas médias de 1.300m.

A figura 1.7 apresenta o mapa de declividades que caracteriza bem as várias feições topográficas da área.

1.5 Aspectos Hidrológicos

A Folha Monte Azul compreende parte das bacias dos rios Pardo (porção oriental) e São Francisco (porção ocidental), tendo a Serra do Espinhaço como divisor de águas. A drenagem que constitui essas bacias mostra uma distribuição aproximadamente homogênea e sua densidade (km/km^2) é apresentada na figura 1.8.

A bacia do rio Pardo drena cerca de 1.560 km^2 que correspondem a 52% da área total da folha. Este rio nasce no flanco oriental da Serra do Espinhaço sobre os quartzitos do Supergrupo Espinhaço, à altura do paralelo 15°02', na divisa dos municípios de Espinosa e Rio Pardo de Minas, correndo inicialmente para sul, infletindo para leste à altura do paralelo 15°11' e voltando a correr para sul paralelamente ao limite leste da folha (meridiano 42°30').

Na área drenada por esse rio, em quase sua totalidade a drenagem é permanente, e seus principais afluentes pela margem direita são os rios do Cedro e Traçadal, e pela margem esquerda, o córrego Tinguí.

A Bacia do rio São Francisco abrange uma área de, aproximadamente, 1.440km^2 que representam 48% da área total da folha. Os principais cursos d'água desta bacia, no âmbito da área de estudo, são os rios São Domingos, São Pedro, Bom Sucesso e Ramalhudo.

O rio São Domingos e o seu principal afluente pela margem direita, o rio Grande, são os únicos rios perenes na porção ocidental da folha. Nascem na Serra do Espinhaço, o rio São Do-mingos à altura do paralelo 15°09', nas proximidades da tríplice divisa entre os municípios de Monte Azul, Espinosa e Rio Pardo de Minas, e o rio Grande à altura do paralelo 15°06', ambos correndo para norte. O mesmo acontece com o rio São Pedro que é intermitente, nasce na mesma serra nas proximidades da localidade de Limoeiro, e também corre para norte.

O rio Bom Sucesso, que nasce na borda oriental da Serra Central, fora dos limites da folha, tem um curso inicial de oeste para leste nas proximidades do povoado de Barrinha e a partir desse povoado direciona o seu curso para norte.

Figura 1.7 – Mapa de declividades.

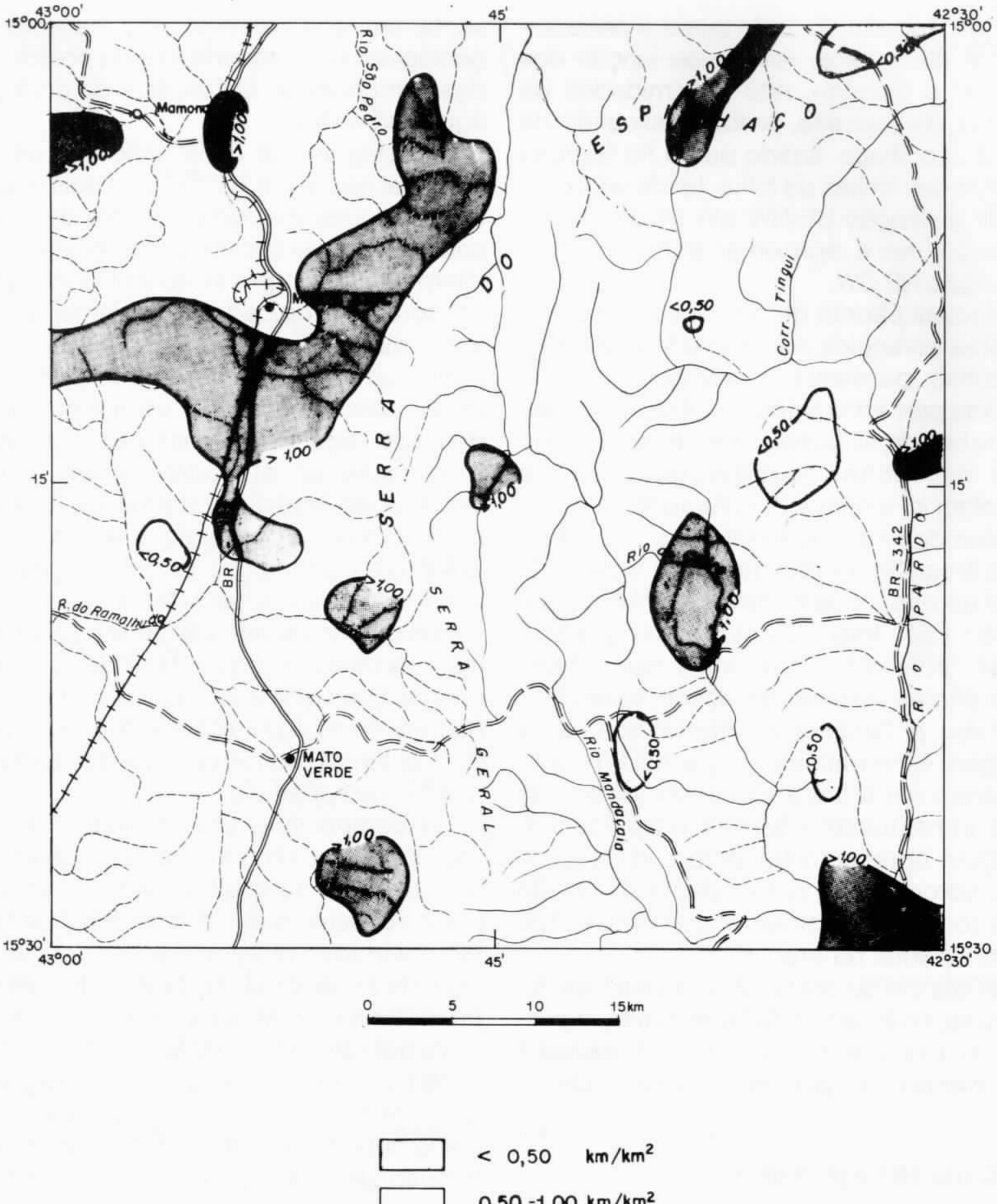


Figura 1.8 – Mapa de densidade de drenagem.

O rio do Ramalhudo, cujo curso é preferencialmente para oeste, resulta da junção dos rios Pajéu e Garipau, nas proximidades da localidade de Pedreira, ambos nascendo na Serra do Espinhaço, sendo que o rio Garipau nasce fora dos limites da folha, tendo um curso segundo a direção SE-NW até se unir ao rio Pajéu cujo curso é, aproximadamente, segundo a direção NE-SW.

O principal padrão de drenagem encontrado na área abrangida pela Folha Monte Azul é o dendrítico, passando a retangular quando controlado pelo fraturamento das rochas, notadamente na porção oriental, nas áreas de ocorrência de rochas quartzíticas que se apresentam intensamente fraturadas.

A perenidade e a intermitência da drenagem na área são apresentadas na figura 1.9, mostrando que, onde ocorrem rochas do Supergrupo Espinhaço, os cursos d'água são perenes, indicando áreas mais permeáveis e, onde afloram rochas das associações Pré-Espinhaço e Gnáissico-Migmatítica, esta dre-nagem é intermitente, o que está de conformidade com a fraca permeabilidade das rochas constituintes dessas associações. Esta figura apresenta também a divisão de bacias hidrográficas, com a Bacia do rio São Francisco na parte ocidental e a do rio Pardo na parte oriental da área.

A inexistência de postos de observações fluviométricas, no âmbito da folha em pauta, impossibilita uma análise dos deflúvios específicos médios mensais dos principais cursos d'água.

1.6 A Carta Hidrogeológica

Na carta hidrogeológica anexa, a título de simplificação, procurou-se representar o estado físico da água subterrânea dentro de sua moldura geológica. Em essência, a carta apresenta um agrupamento das características geológicas mais importantes do ponto de vista das demandas de utilização e de proteção da água subterrânea.

O cartograma é constituído por um mapa principal na escala 1:100.000 e dois mapas de encarte na escala 1:250.000. No de maior escala consta uma síntese dos dados geológicos interpretados do ponto de vista hidrogeológico, acrescida de dados complementares relativos às águas subterrâneas. Obteve-se, assim, uma representação dos principais temas relativos à estrutura, usos e potencialidades dos aqüíferos (sistemas, importância hidrogeológica e produtividade). Constam também do mapa os dados geológicos de base (litologia, estratigrafia e estrutura), hidrográficos e hidrológicos, pontos d'água e sobre a hidrodinâmica dos aqüíferos.

Nos mapas de encarte se fez constar informações relativas à qualidade das águas (salinidade, tipos químicos, etc.), à vulnerabilidade dos aqüíferos à poluição, e o relacionamento dos sistemas aqüíferos com os condicionamentos de superfície.

Na composição dos mapas procurou-se atender não só ao setor técnico especializado, mas também ao usuário, fazendo-se constar um maior número de informações práticas (explotabilidade, profundidades de captação, usos da água, produtividades, etc.) sem comprometer a representação cartográfica.

A metodologia de elaboração consiste, em essência, na caracterização hidrogeológica das várias litologias cartografadas, tendo como suporte de interpretação, além das estruturas geológicas, dados sobre a ocorrência (tipo, extensão, profundidade e permeabilidade, vazões dos poços, tipo de fluxo etc.), qualidade das águas subterrâneas e outras informações influentes na formação, desenvolvimento e conservação dos aqüíferos (declivi-

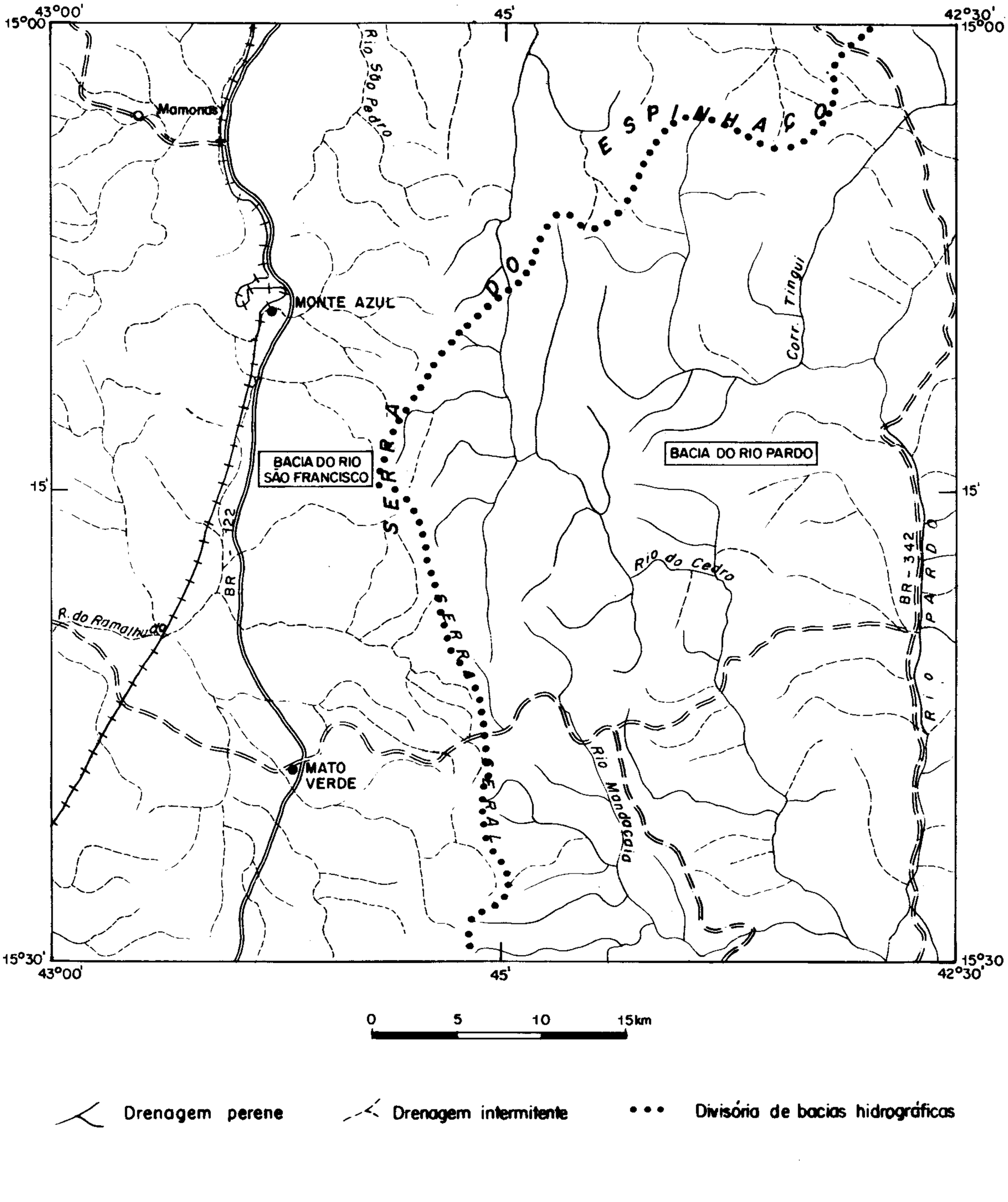


Figura 1.9 – Sistema de drenagem.

dade do terreno, solo, vegetação, clima, grau de aproveitamento do solo, etc.).

O mapa principal apresenta por superposição de símbolos, ornamentos e cores, além de características físicas (níveis de água nos poços, vazões, etc.) e químicas (isolíneas de salinidade) das águas subterrâneas, uma classificação dos aqüíferos segundo três aspectos:

- tipos e características dos sistemas aqüíferos;
- importância hidrogeológica relativa local;
- produtividade dos aqüíferos.

1.6.1 Os Sistemas Aqüíferos

O sistema aqüífero é caracterizado por um conjunto de elementos físicos (transmissividade, permeabilidade, etc.) e geométricos (forma, limites, etc.), via de regra, sujeitos a determinadas ações externas ao sistema (bombeamento, recarga artificial, drenagem, etc.). A definição do sistema foi feita tendo por base os critérios de estrutura, do modo e da ordem de grandeza da permeabilidade, e as condições de superfície passíveis de interferir no comportamento das águas subterrâneas.

Além dos elementos retromencionados, indicam-se também o tipo do aqüífero (livre, confinado ou semiconfinado) e a melhor maneira de aproveitamento do sistema (poço tubular, poço escavado, poço radial, etc.).

A partir da definição da estrutura dos sistemas aqüíferos e seus limites, baseada no comportamento hidrogeológico das litologias predominantes convenientemente agrupadas e do arcabouço estrutural da área, obteve-se uma representação hidrolitológica onde cada unidade é constituída por um sistema mais ou menos complexo, com um ou mais níveis aqüíferos associados a níveis semipermeáveis e/ou impermeáveis.

1.6.2 Classes de Produtividade dos Sistemas Aqüíferos

A produtividade dos aqüíferos é representada em faixas de valores da capacidade específica (l/s/m). Na representação pontual a dimensão do símbolo do poço varia de acordo com a vazão do mesmo, definida para rebaixamento do nível d'água de 25m.

A ordem de grandeza das classes de produtividade dos sistemas aqüíferos foi fixada segundo os limites abaixo:

- inferior a 0,033 l/s/m;
- entre 0,033 e 0,11 l/s/m;
- entre 0,11 e 0,44 l/s/m;
- entre 0,44 e 1,11 l/s/m;
- superior a 1,11 l/s/m.

1.6.3 Importância Hidrogeológica Relativa Local

A importância hidrogeológica relativa local (grande, mediana, pequena, muito pequena e negligenciável) tem conceituação subjetiva, e a definição das áreas foi feita mediante um confronto equilibrado entre a disponibilidade, a necessidade e a qualidade (salinidade, contaminação) da água e explotabilidade (possibilidades técnicas e econômicas de captação) do aqüífero.

1.6.4 Fácies Hidroquímicas

Os tipos químicos das águas subterrâneas da área foram determinados mediante a interpretação de resultados das análises químicas através do diagrama triangular de Piper.

Em mapa na escala 1:250.000, impresso na margem da carta, são individualizadas as áreas de ocorrência de mesmo tipo químico

identificadas por duas letras minúsculas (ex: bc – bicarbonatada de cálcio). No mesmo mapa são apresentados também, além das isolíneas de TSD (totais de sólidos dissolvidos), dados individuais de qualidade de água tais como: dureza total, índice de troca de base (itb), taxa de adsorção de sódio (SAR) e algumas relações iônicas.

1.6.5 Condições das Áreas de Exposição dos Aqüíferos

As relações mais importantes das águas subterrâneas com o meio exterior que possam exercer modificações substanciais no desenvolvimento e conservação dos aqüíferos, estão representados em mapa de encarte na escala 1:250.000. Não se pretendeu explorar o assunto em profundidade, mas sim fornecer informações básicas importantes na elaboração de política de aproveitamento e proteção das águas subterrâneas.

Na distinção dos tipos de relacionamento levaram-se em conta, entre outros, os fatores seguintes: relevo, níveis de urbanização/aproveitamento do solo, cobertura vegetal/desmata- mento, inundações (naturais ou provocadas), graus de consolidação da rocha e de fissuração/carstificação, existência de mineração, nível de industrialização, etc.

Cada uma dessas situações é identificada em mapa através de simbologia própria.

1.6.6 Vulnerabilidade dos aqüíferos à Poluição

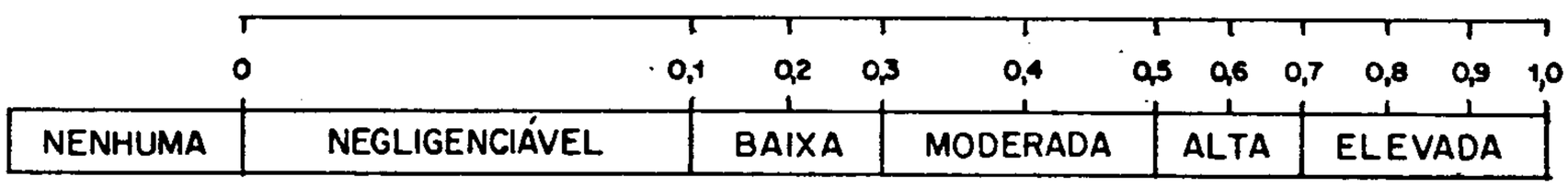
A vulnerabilidade dos aqüíferos à contaminação é a maior ou menor facilidade dos mesmos serem afetados por carga contaminante. Ela é controlada principalmente pela inacessibilidade hidráulica da zona saturada e pela capacidade de atenuação da zona não saturada.

Por falta de informações mais precisas, a avaliação da vulnerabilidade dos aqüíferos na área abrangida pela Folha Monte Azul foi feita, levando-se em conta o tipo de ocorrência das águas subterrâneas (surgentes, confinadas, semiconfinadas e não-confinadas), as características dos estratos da zona não saturada (tamanho dos grãos, grau de consolidação, caráter litológico, grau de fissuração, condutividade hidráulica vertical, etc.) e a profundidade do aqüífero. Cada um desses parâmetros é identificado por um fator numérico que varia de 0-1, conforme estabelecido pelo "Sistema DIOS para Avaliação do Índice de Vulnerabilidade do Aqüífero" (Foster, 1987). O produto dos três índices obtidos fornece um valor que levado à escala indica o grau de vulnerabilidade do aqüífero à contaminação.(Ver abaixo).

Até o índice 0,1 o risco de contaminação é mínimo, o que acontece onde não há fluxo; entre 0,1 e 0,4 o risco de contaminação poderá existir desde que haja uma fonte de poluição persistente durante um tempo relativamente longo. A partir do índice 0,4 a probabilidade do aqüífero ser contaminado está intimamente relacionada ao tipo, tamanho e persistência da carga contaminante, sendo tanto maior quanto maior for o índice.

1.6.7 Informações Cartográficas Adicionais

Os dados adicionais aqui referidos dizem respeito àqueles utilizados para representação de informações relativas à hidrogeologia, à qualidade química e ao uso da água.



VULNERABILIDADE DE CONTAMINAÇÃO DO AQÜÍFERO

Na hidrogeologia, esses dados compreendem a simbologia de pontos d'água, as suas características dimensionais e hidrodinâmicas, a simbologia de fratura com possibilidade de ocorrência de água subterrânea e limite das áreas de importância hidrogeológica relativa local.

A qualidade química mostra as curvas de igual resíduo seco, a simbologia de concentração de sais na água e parâmetros de qualidade de água.

O uso da água está indicado por uma letra maiúscula em vermelho localizada ao lado do símbolo do ponto d'água, sendo *H* para consumo humano, *G* para consumo animal, *I* para irrigação e *F* para abastecimento industrial.

2

Geologia

2.1 Generalidades

Os fundamentos geológicos apresentados neste capítulo foram extraídos dos Relatórios dos Projetos Leste do Tocantins/Oeste do Rio São Francisco-LETOS (DNPM/CPRM – 1976, escala 1:250.000) para a parte oriental, e Porteirinha-Monte Azul (DNPM/CPRM-1980, escala 1:50.000) para a parte ocidental da folha em estudo, além de observações de campo.

A área abrangida por essa folha, com aproximadamente 3.000km^2, é constituída em grande parte (cerca de 67%) por rochas das associações Gnáissico-Migmatítica e Pré-Espinhaço, e do Supergrupo Espinhaço. Os 33% restantes correspondem às áreas ocupadas pelas rochas do Grupo Macaúbas, pelas coberturas indiferenciadas do Terciário-Quaternário, do Quaternário e por depósitos recentes.

2.2 Rochas Cristalinas e Cristalofilianas

As rochas cristalinas e cristalofilianas cobrem cerca de 67% da área em estudo.

Estas rochas são representadas pelas seguintes unidades geológicas:

a) Associação Gnáissico-Migmatítica – constituída por rochas gnáissico-migmatíticas e granitóides;

b) Associação Pré-Espinhaço – representada por metatexitos e micaxistos;

c) Supergrupo Espinhaço – constituído de quartzitos, xistos, metavulcânicas e metaconglomerados.

Por área de ocorrência, em termos de representatividade, destacam-se o Supergrupo Espinhaço e a Associação Gnáissico-Migmatítica, vindo a seguir as demais com áreas pouco significativas.

2.2.1 Associação Gnáissico-Migmatítica

Sob esta denominação foram cartografadas rochas gnáissicas e migmatíticas diversas, granitóides, granitóides porfiroblásticos, corpos básicos e ultrabásicos que constituem o complexo grupamento basal da área.

O termo "Associação", originariamente proposto por Braun (1974), representa o conjunto de unidades litológicas com alguma afinidade genética ou composicional.

Granitóides (APlgt)

Os técnicos do Projeto Porteirinha-Monte Azul (*op.cit.*) individualizaram vários conjuntos de rochas granitóides, dos quais os de Pai Pedro, Cana-Brava, Serrado, Barrinha-Mamonas e Gnaisses Graníticos Cataclásticos, estão situados na Folha Monte Azul. Estes, para atender às necessidades do projeto, foram agrupados sob a denominação e sigla acima citadas.

O Granitóide de Pai Pedro ocorre na parte ocidental da área em estudo entre os paralelos 15°20' e 15°28' e os meridianos 42°57'e 43°00' (limite oeste da folha) quase sempre recoberto por coberturas detríticas pertencentes ao Pediplano Monte Azul-Porteirinha, dificultando a localização de afloramentos, que se restringem a pontos isolados. Reúne rochas de natureza granítica e termos gnáissicos e migmatíticos diversos. Na Fazenda Pitombeira, aflora um granitóide de cor cinza, granulação grosseira, cataclástico, constituído de quartzo, feldspato e biotita. Aproximadamente 8km ao norte desta fazenda, na localidade de Furado do Caititu, ocorrem rochas gnáissicas em grandes blocos isolados, enriquecidas em ferro, resultando numa ocorrência restrita de magnetita.

O Granitóide de Cana-Brava ocorre em torno da localidade homônima, balizado pelos paralelos 15°12'e 15°17' e meridianos 42°56'e 43°00'. Esse litótipo congrega rochas de aspecto granítico, geradas pela ação do metassomatismo imposto aos espécimes originariamente básicos. O tipo dominante é um granitóide de coloração rósea, onde a microclina se concentra em faixas ao longo da foliação. Em alguns locais podem ser observados restos de anfibolitos e migmatitos estromáticos preservados da fase de microclinização generalizada que afetou essas rochas.

O Granitóide de Serrado ocupa pequena porção no extremo-sul da folha, à esquerda da BR–122 indo de Porteirinha para Mato Verde. É representado por rochas de natureza gnáissico-granítica que localmente mostram-se mais isotrópicas, de granulação média a grosseira, cor cinza-claro, evidenciando maior presença de tipos básicos.

Os granitóides de Barrinha-Mamonas ocorrem em parte do quadrante noroeste da folha, a oeste da BR–122 sentido Monte Azul-Espinosa, desde a localidade de Barrinha até o limite norte da área de estudo, e também a leste da mesma rodovia, desde as proximidades da localidade de Valente até a localidade de Lagedão do Charco, além de pequena porção na região de Cabeça de Vaca. Essa unidade é caracterizada pela presença de tipos granitóides, granitóides básicos, rochas básicas e ultrabásicas e por produtos porfiroclásticos. O granitóide é de coloração rósea, granulação fina a média e constituído de quartzo, feldspato, biotita e anfibólio. Os granitóides básicos são identificados pela presença de rochas básicas anfibolitizadas, que ocorrem sob a forma de *rafts* no seio dos granitóides. As rochas básicas encontram-se anfibolitizadas ou localmente preservadas em forma de gabros. Os tipos básicos e ultrabásicos normalmente acham-se recobertos por solos vermelhos, muito comuns na região. Os produtos porfiroclásticos ocorrem em zonas mais tectonizadas,

associados a milonitos e filonitos. Os porfiroclastos são de feldspato e encontram-se dispostos segundo os planos de foliação, em uma matriz de granulação grosseira e abundante.

Os Gnaisses Graníticos Cataclásticos ocorrem a leste de Mato Verde, numa faixa norte-sul, das proximidades de São João do Bonito até o limite sul da folha, bordejando a Serra Geral. Nesse conjunto de rochas verifica-se uma ampla gama de variações litológicas, com nítidas evidências de terem sido submetidas a forte cataclase. São rochas perfeitamente enquadráveis como granitóides, e nas zonas mais afetadas pela cataclase há desenvolvimento de tipos porfiroblásticos. Possuem coloração cinza-rósea e sua matriz é escassa, apresentando uma composição mineralógica à base de quartzo, feldspato, biotita e anfibólio. Em alguns locais, o tipo granitóide torna-se mais homogêneo e isotrópico, assumindo aspecto de granito. Uma caracterísa marcante dessa unidade é a presença constante de faixas miloníticas filiadas aos falhamentos locais.

Gnaisses e Migmatitos Indivisos (APlgn/mi)

Este conjunto de rochas considerado indiviso, congrega uma complexa associação de tipos gnáissicos, migmatíticos e mesmo granitóides que, em termos de predominância litológica, não possibilitaram qualquer subdivisão de ordem física. Na folha em questão essas rochas ocorrem a partir do meridiano 43°49' para oeste.

A equipe do Projeto Porteirinha-Monte Azul (*op.cit.*) em face das dificuldades para individualizar e caracterizar todas as rochas que constituem o citado conjunto optou, para efeito descritivo, em subdividir a área de trabalho em setores básicos dos quais estão no âmbito da Folha Monte Azul, parte do Setor Serra do Angical-Mato Verde e o Setor Monte Azul.

A região abrangida por essas rochas é caracterizada pelo aplainamento das formas de relevo através do intenso processo de degradação, que culminou na instalação da Superfície de Pedimentação Monte Azul-Porteirinha. A altitude média oscila em torno de 600m, correspondendo ao Ciclo de Denudação Velhas (King, 1956, *in* Drumond *et al.*, *op. cit.*).

A partir do limite sul da folha (paralelo 15°30') em direção a Mato Verde, no âmbito da área denominada Setor Serra do Angical-Mato Verde, ocorrem rochas gnáissicas anfibolíticas que podem ser consideradas migmatitos estromáticos, com presença localizada de termos tonalíticos.

Ao longo da BR–122, do limite entre os municípios de Porteirinha e Mato Verde para norte, verificam-se intercalações de anfibólio-biotita gnaisses de granulação fina com níveis de feldspato róseo e biotita gnaisses que dão origem aos solos argilosos vermelhos, muito comuns nas proximidades de Mato Verde. Também ao longo do curso do rio Garipau, próximo à rodovia, ocorrem anfibólio-biotita gnaisses com níveis quartzo- feldspáticos orientados segundo a foliação regional.

O Setor Monte Azul abrange desde as proximidades da cidade homônima até além do paralelo 15°00', limite norte da folha.

Nos arredores de Monte Azul, a área de exposição desse setor é recoberta, em grande parte, pelos sedimentos recentes pertencentes ao Pediplano Monte Azul-Porteirinha. Na área, o relevo apresenta-se ondulado com altitudes variando entre 650m e 750m.

A litologia que constitui esse setor é representada por migmatitos heterogêneos, com estrutura estromática dobrada e ptigmática. São rochas compostas principalmente por termos gnáissicos que podem englobar restos de corpos básicos. A porção félsica desses migmatitos é bastante variável tanto em composição

quanto em freqüência. É constituída ora por níveis quartzo-feldspáticos, ora por venulaçõ-es graníticas localizadas.

Ao longo do percurso Monte Azul – Fazenda Mocozinho, próximo ao leito da ferrovia, ocorre um migmatito bandado cujo melanossoma é representado por uma rocha de filiação básica de cor cinza-escuro, granulação fina e macroscopicamente constituída de quartzo, fel-dspato e biotita. Essa rocha foi submetida a metamorfismo dinâmico de grande porte, cujas evidências foram constatadas em vários locais pela presença de exemplares finamente moídos e triturados a nível de filonitos e também pelos traços tectônicos nordeste desenvolvidos nessa região.

Próximo a Monte Azul, no trecho da estrada para a localidade de São Pedro, os migmatitos foram submetidos a intensa cataclase, cujos planos de foliação apresentam-se segundo N20°E/75°SE. A rocha cataclástica é de coloração cinza-claro e constituída de quartzo, feldspato, biotita e anfibólio. Migmatitos bandados, tal como no trecho Monte Azul – Fazenda Moco-zinho, também ocorrem na localidade Lajedo do Gato, porém com granulação variando de média a grosseira.

Ao longo do trecho da ferrovia da RFFSA, que une Monte Azul a Espinosa, verificam-se inúmeras variações litológicas no conjunto de migmatitos bandados. O componente gnáissico desses migmatitos encontra-se posicionado segundo N40°E/70°SE, apresentando pronunciada foliação local.

Em contato com os migmatitos ocorre também um grupo de rochas individualizado pela equipe do Projeto Porteirinha-Monte Azul (*op.cit.*) denominado "Migmatitos Cataclásticos e Corpos Básicos Associados" que, para efeito de estudos hidrogeológicos, foi considerado como um grupo único em conjunto com as rochas migmatíticas identificadas pela sigla APIgn/mi. Essas rochas ocorrem a leste de Monte Azul bordejando a Serra do Espinhaço desde o paralelo 15°00', limite norte da folha, até a altura do paralelo 15°23', a leste de Mato Verde e também a sudeste de Monte Azul. A principal característica desse grupo de rochas é a presença de milonitos e até mesmo filonitos, resultantes da elevada ação do metamorfismo dinâmico que atuou sobre o mesmo.

A morfologia da área de ocorrência dessas rochas é caracterizada como zona preferencial de topos de pedimentos. Sua litologia é representada por gnaisses e migmatitos bandados, intensamente cataclasados, aos quais se associam rochas básicas e ultrabásicas também com fortes evidências cataclásticas.

Na região de Melancias, ocorre um grande número de rochas extremamente cataclasadas, condicionadas à estruturação local o que define um conjunto particularmente dobrado. Observa-se, de um modo geral, um processo de cataclase progressiva à medida que se aproxima dos metassedimentos do Supergrupo Espinhaço. Na calha do rio Pajéu afloram migmatitos cataclásticos, onde se intercalam níveis quartzo-feldspáticos, com faixas mais ricas em rochas básicas transformadas e ainda, com desenvolvimento localizado de concentrações de hornblenda.

No flanco ocidental da Serra de Montevidéu, essas rochas foram atingidas por metamorfismo dinâmico a nível de filonitos, posicionados segundo N15°E/55°SE. São, de modo geral, primordialmente anfibolitos intimamente associados a rochas básicas e que coexistem com espécimes mais granitóides. Sobrepostas às rochas de natureza básica desenvolvem-se grandes áreas de cobertura de solo avermelhado.

No percurso Monte Azul-Riacho Seco foram verificadas evidências de forte atuação dina-

mometamórfica, manifestada pela marcante foliação local N50°W/50°SW. As rochas são filonitos formados por material micáceo de coloração cinza-claro.

Na área de drenagem do córrego do Angical, observa-se uma seqüência de migmatitos estromáticos, cujas bandas bem distintas evidenciam farta contribuição de rochas de filiação básica. Essas rochas constituem anfibolitos de textura nematoblástica constituídos de anfibólio, plagioclásio, quartzo, titanita, epídoto e sericita. Níveis de ultrabásicas talcificadas são comumente encontrados nessa área.

Próximo ao riacho Bolívia (meridiano 42°46' e paralelo 15°00'), limite setentrional da Folha Monte Azul, há uma maior incidência de faixas ultrabásicas talcificadas com corpos de até 60m de potência, encaixados em migmatitos cataclásticos, localmente filonitizados, posicionados segundo N25°E/70°NW e associados a inúmeras venulações penetrativas de quartzo hidrotermal. A decomposição dessas rochas dá origem a um solo vermelho-escuro com boa fertilidade.

A Serra do Ginete, a sudoeste de Monte Azul, apresenta uma associação de rochas granitóides e xistosas. As primeiras, pouco afetadas pelo metamorfismo dinâmico, possuem foliação, granulação fina a média e composição mineralógica à base de quartzo, feldspato e biotita. As rochas xistosas, mais atingidas pela ação do metamorfismo, estão condicionadas às principais zonas de falha-mentos e os tipos litológicos predominantes são tremolita-clorita-sericita xistos e quartzo-clorita-sericita xistos. Apresentam-se intensamente foliadas e os espécimes mais alterados exibem aleitamentos micáceos subparalelos, originando rochas fortemente laminadas.

2.2.2 Associação Pré-Espinhaço

O Projeto LETOS (*op.cit.*) cartografou na metade oriental da folha em foco, com esta denominação metamorfitos dos fácies xisto-verde e anfibolito de baixo grau, essencialmente constituídos de representantes metamórficos de rochas vulcânicas básicas e intermediárias, vulcano-clásticas e vulcanoquímicas, micaxistos e anfibolitos. No âmbito da Folha Monte Azul, ocorrem metatexitos e um complexo metamórfico onde predominam micaxistos.

Metatexitos (APlmt)

Estas rochas ocorrem na parte oriental da folha em pauta, a leste da Serra do Espinhaço. Afloram em pequenas manchas entre os meridianos 42°30'e 42°40' e paralelos 15°00'e 15°24', e constituem migmatitos heterogêneos freqüentemente apresentando paleossomas máficos, às vezes ultramáficos, e também paleossomas intermediários de composição tonalítica em alguns locais. Sua granulação varia de fina a muito grossa, a textura é granoblástica e comumente mostra bandamento gnáissico regular em alguns locais e irregular em outros. A composição varia bastante e podem ser encontrados espécimes tonalíticos,. granodioríticos, graníticos e aplíticos. As rochas abrangidas pela denominação "migmatitos heterogêneos" são plagioclásio gnaisses, bio-tita-plagioclásio gnaisses, hornblenda-plagioclásio gnaisses, microclina-plagioclásio gnaisses e microclina gnaisses. Freqüentemente apresentam evidências de cataclase.

Micaxistos e Anfibolitos (APlmx)

Ocorre em pequena porção no quadrante nordeste da área em estudo, delimitada aproximadamente pelos meridianos 42°34'e 42°36' e paralelos 15°00'e 15°04'. Neste com-

plexo predominam os micaxistos, onde se distinguem xistos-verdes e xistos magnesianos. Os xistos verdes compreendem sericita xistos, bio-tita xistos, clorita xistos, muscovita-biotita xistos e sericita-clorita xistos e os xistos magnesianos são representados por flogopita xistos, talco-clorita xistos, dolomita-flogopita xistos e actinolita xistos. Evidências de cataclase foram observadas nesses dois conjuntos de rochas.

2.2.3 Supergrupo Espinhaço

As rochas que compõem a seqüência Espinhaço ocorrem, no âmbito da Folha Monte Azul, a partir da grande unidade morfológica denominada Serra Geral ou do Espinhaço para leste. Esta serra praticamente divide a folha em duas regiões bem distintas no que diz respeito a hidrografia, litologia e clima, entre outros fatores.

A litologia desse supergrupo é representada principalmente por metaconglomerados, metavulcânicas, quartzitos e xistos.

Metaconglomerados (Pmc)

Estas rochas foram cartografadas no Projeto Porteirinha-Monte Azul (*op.cit.*) constituindo a parte basal da Seqüência Espinhaço.

Na folha em apreço, ocorrem na borda ocidental da Serra do Espinhaço, em pequena faixa a leste de Mato Verde e também a leste de Monte Azul abrangendo uma área maior, em direção ao limite norte da folha.

Sua litologia é representada por metaconglomerados, xistos e filitos, geralmente cataclásticos.

Na faixa que ocorre na região de Monte Azul, os metaconglomerados predominam sobre os xistos e filitos, ao passo que na região de Mato Verde esta situação se inverte.

Essas rochas apresentam uma coloração que varia de cinza a cinza-esverdeado e normalmente mostram uma foliação cataclástica conspícua, restrita à matriz do metaconglomerado. Ocorre em bolsões ou lentes mostrando seixos quebrados e constituem uma mesóstase de fragmentos extremamente mal selecionados.

Pela classificação de Krumbein & Sloss (*in* Drumond *et al.*, *op.cit.*, pág. 240) esse metaconglomerado é mal selecionado e litologicamente heterogêneo, ou seja, polimíctico. As rochas que contribuíram para sua formação compreendem granitóides, migmatitos estromáticos, gnaisses, rochas básicas transformadas e quartzo de veio, apresentando megaclastos com dimensões superiores a 20cm.

A feição estrutural mais evidente nos metaconglomerados é uma intensa clivagem de fluxo bastante regular. O posicionamento das rochas que constituem a borda ocidental da Serra Geral orientam essa estruturação, cujas direções predominantes se posicionam entre N5°E e N25°E com mergulhos que variam de 30° a 60° para SE, sendo mais comuns no intervalo entre 50° e 55°.

Metavulcânicas (Pmv)

Este conjunto de rochas, cartografado no Projeto Porteirinha-Monte Azul (*op.cit.*) como uma seqüência vulcano-sedimentar, ocorre bordejando a Serra Geral (ou do Espinhaço) em seu flanco ocidental numa faixa de dimensões variáveis que vai desde o limite sul da folha até as proximidades do sítio Limoeiro, parte norte da folha.

A litologia desse conjunto é representada por metaconglomerados comumente cataclásticos, xistos e filitos, quartzitos, vulcanoclásticas (como tufos e aglomerados vulcânicos) e rochas vulcânicas ácidas a intermediárias em leitos maciços.

Quartzitos (Pqt)

Sob esta denominação são descritos os vários conjuntos de rochas quartzíticas individualizadas nos projetos Porteirinha-Monte Azul (*op.cit.*) e LETOS (*op.cit.*), que serão reunidos em dois grupos: um, parte integrante da Serra do Espinhaço (ou Geral) e que agrupa os quartzitos puros, sericíticos e feldspáticos situados a oeste da grande falha de gravidade que cruza toda a extensão da folha na direção N-S, próxima ao meridiano 42°45'; outro, a leste dessa mesma falha, congregando os quartzitos micáceos intercalados com xistos quartzosos, quartzitos diversos com intercalações de filitos e ortoquartzitos.

Os quartzitos puros e os quartzitos a sericita constituem uma subunidade onde, localmente, também ocorrem quartzitos avermelhados a cloritóide em corpos descontínuos dispostos segundo a direção N-S. Raramente são encontradas estruturas primárias preservadas nessas rochas, o que dificulta a caracterização do ambiente de sedimentação. Ocorrem na Serra do Espinhaço (ou Serra Geral) desde as proximidades da localidade de São João do Bonito, a leste, até próximo a Monte Azul, também a leste. Essas rochas mergulham suavemente para leste e apresentam intenso fraturamento subvertical.

Os quartzitos sericíticos e os metapelitos associados definem um conjunto de rochas caracterizado pela alternância de litossomas quartzíticos ou a sericita, com litossomas pelíticos e quartzitos feldspáticos, facilmente perceptíveis em fotos aéreas devido à erosão diferencial. Essas rochas ocorrem sempre em contato com as rochas da seqüência vulcano-sedimentar, exceto na serra Montevidéu, a leste de Mato Verde entre os paralelos 15°22'e 15°30' e meridianos 42°45'e 42°47' e também a leste de Monte Azul entre os paralelos 15°05'e 15°15'. A litologia desse conjunto de rochas é representada por quartzitos sericíticos com raras estruturas primárias preservadas, quartzitos feldspáticos e metassiltitos com intercalações de quartzitos finos.

Sob a denominação "quartzitos feldspáticos" estão reunidos os quartzitos feldspáticos, arenitos feldspáticos, conglomerados intraformacionais, pararenitos, arenitos e siltitos metamórficos ou não, com ampla incidência de estruturas primárias preservadas. Essas rochas ocorrem na Serra do Espinhaço, balizadas pela grande falha de gravidade de direção N-S, a leste de Mato Verde desde o limite sul da folha até o paralelo 15°22' e aparecendo novamente a partir do paralelo 15°17', para norte, numa faixa mais larga que, a partir do paralelo 15°11', passa a constituir uma estreita faixa até o limite norte da folha. São comuns nesse conjunto de rochas as estruturas primárias do tipo estratificação cruzada, marcas de onda, etc., constatadas durante os trabalhos de campo.

O conjunto de rochas quartzíticas que ocorre na metade oriental da Folha Monte Azul foi cartografado no Projeto LETOS (*op.cit.*) e é constituído de quartzitos micáceos, xistos diversos, ortoquartzitos, quartzitos diversos com intercalações de filitos, além de paraconglomerados e metaconglomerados polimíticos que constituem a base da seqüência. Nessas rochas a direção geral do acamamento situa-se entre N5°E e N20°E com mergulhos que variam de 30° a 65° para leste e sudeste. Apresentam-se intensamente fraturadas, sendo a maioria das fraturas quase sempre abertas.

Xistos Quartzosos (Pxtqt) e Xistos (Pxt)

As litologias identificadas pela sigla Pxtqt compreendem xistos quartzosos com intercalações de quartzitos de maturidade variável. Ocorrem numa faixa N-S entre os meridianos

42°43' e 42°45' e os paralelos 15°06' e 15°22', apresentando um número bem reduzido de fraturas.

Sob a sigla Pxt foi reunido um conjunto de rochas cartografado pelos projetos Porteirinha-Monte Azul (*op.cit.*) e LETOS (*op.cit.*), constituido de filitos, xistos, quartzitos, quartzitos finos hematíticos ou não, metassiltitos e, localmente, filitos grafitosos. Ocorrem na Folha Monte Azul, numa faixa N-S, em toda sua extensão e balizadas pela grande falha de gravidade a oeste e pelo falhamento de empurrão que cruza a folha na direção aproximada N-S.

Na estrada que liga a rodovia Mato Verde-Rio Pardo de Minas à localidade de Brejo Grande, ocorre filito grafitoso que dá origem a um solo preto, muito fino, argiloso que na época das chuvas torna praticamente intransitável este trecho da estrada.

2.3 Rochas Sedimentares

No âmbito da Folha Monte Azul, as rochas sedimentares estão representadas por rochas do Grupo Macaúbas, coberturas indiferenciadas e depósitos recentes.

Em termos de superfície, esses sedimentos ocupam cerca de 33% da área, ocorrendo principalmente entre as cidades de Mato Verde e Monte Azul (depósitos coluvionares), a leste da Serra do Espinhaço representados pelas coberturas terciário-quaternárias e constituindo as aluviões dos rios do Cedro, Pardo, Pajeú, Garipau, do Ramalhudo, Cana-Brava, Bom Sucesso e seus principais afluentes.

2.3.1 Grupo Macaúbas

Este grupo está representado por paraconglomerados e arenitos, em uma pequena área no limite oeste da folha, na altura do paralelo 15°15'.

Paraconglomerados (PSpc)

Estas rochas ocorrem em pequena área no limite oeste da folha, entre os paralelos 15°12'40" e 15°15'40" e os meridianos 42°58'40" e 43°00'00". Possuem matriz abundante de granulação fina, micácea, contendo seixos, grânulos e até matacões dispostos segundo os planos de clivagem, cujos componentes minerais são, em essência, quartzo, argilominerais, carbonato, clorita e sericita.

Apresentam-se geralmente alterados mostrando gradação de cores que varia de cinza a amarelo-claro, passando por tons avermelhados. Mostram uma clivagem de acamamento invariavelmente em torno de NNE-ESE.

Arenitos (PSar)

Sob esta denominação, foi descrita no Projeto Porteirinha-Monte Azul (*op.cit.*) a seqüência de rochas sedimentares predominantemente arenosa, que na Folha Monte Azul constitui a Serra da Bocaina situada a SW da cidade homônima, no limite ocidental da folha em questão.

Esta seqüência de rochas sedimentares é constituída de arenitos, arenitos feldspáticos e quartzo-arenitos com finas intercalações de níveis argilo-siltosos e, ainda, ocorrências localizadas de termos conglomeráticos. Os arenitos são finos a grosseiros, coloração cinza-claro, apresentando manchas averme-lhadas resultantes da percolação de cimento ferruginoso. Estruturas primárias preservadas são comumente encontradas nessas rochas, notadamente os estratos cruzados.

2.3.2 Coberturas Indiferenciadas do Terciário-Quaternário (TQci)

As coberturas indiferenciadas estão representadas pelos sedimentos terciário-quaternários, restritos à porção oriental da Folha Monte Azul.

Estes sedimentos ocorrem sobrepostos aos xistos, quartzitos e metatexitos na área situada a leste da Serra do Espinhaço. Constituem uma cobertura detrítico-laterítica predominantemente areno-argilosa, de granulação variável, colo-ração avermelhada, limonitizada, po-dendo incluir níveis de conglomerados e ge-ralmente com parcial lateritização. É característica de áreas extensamente aplainadas, como é o caso do "Platô do Rio Pardo" onde, segundo Costa *et al.* (*op.cit.*), podem ser encontradas espessuras da ordem de 20 a 30m.

Bons exemplos de ocorrências desses sedimentos podem ser observados próximo ao entroncamento da rodovia Mato Verde-Rio Pardo de Minas com a estrada para Montezuma (fora dos limites da folha) passando pela vila de Santo Antônio do Retiro, aproximadamente a 26km de Mato Verde e ainda na mesma estrada depois da vila, em terrenos de propriedade da Italmagnésio S/A.

No primeiro local, numa cota em torno de 1.000m, esses sedimentos ocorrem formando um pequeno platô, onde foi aberta uma cascalheira para retirada de material a ser utilizado em reparos na estrada. Verifica-se a presença de inúmeras concreções limoníticas nesse material que também contém desde pequenos seixos até matacões, principalmente de quartzo. Aproximadamente a 6km de Santo Antônio do Retiro em direção a Montezuma, ocorrem novamente essas coberturas com menor quantidade de cascalho. Grande parte das áreas de ocorrência dessas coberturas é ocupada por plantações de eucalipto, para a produção de carvão vegetal.

2.3.3 Coluvião (Qco)

Sob esta denominação, foram reunidos os sedimentos que constituem os depósitos coluvionares e aqueles resultantes do retraba-lhamento de sedimentos pleistocênicos, e também de formações superficiais que ocorrem no âmbito do Pediplano Monte Azul-Porteirinha, notadamente entre as cidades de Mato Verde e Monte Azul, junto às aluviões dos rios Pajéu, do Ramalhudo, Garipau, Cana-Brava e dos córregos Riacho Quente e Passo Preto.

Esses sedimentos são representados por coberturas detríticas arenosas e areno-argilosas, coloração amarelo- avermelhado, apresentando grãos subarredondados e mal selecionados que evidenciam condições de transporte curto. A espessura desse material é muito variável, podendo em alguns locais, chegar a 20m. Perfis desse pacote de sedimentos podem ser observados em cortes da ferrovia RFFSA, como por exemplo na localidade de Rebentão.

2.3.4 Aluvião (Qal)

No âmbito da Folha Monte Azul, os principais depósitos aluviais dizem respeito aos rios Pajéu, do Ramalhudo, Garipau, Cana-Brava e Bom Sucesso e córregos Riacho Quente e Passo Preto na sua parte ocidental e aos rios Pardo, Traçadal, do Cedro, Mandaçaia e seus principais afluentes na porção oriental.

Esses depósitos aluviais são constituídos de sedimentos inconsolidados, por vezes detríticos, de natureza arenosa, areno-argilosa, argilo-síltica, e localmente podem conter desde seixos até matacões, além de leitos de cascalhos individualizados na massa arenosa.

Em alguns locais, como por exemplo nas pontes sobre os rios Mandaçaia e Traçadal, na estrada Mato Verde-Rio Pardo de Minas e próximo à localidade de Santo Antônio do Retiro, na ponte sobre o rio do Cedro, podem ser observadas espessuras da ordem de 5m a 6m. Também, na ponte sobre o rio Pardo, na estra-

da entre a localidade de Montezuma e a cidade de Rio Pardo de Minas (ambas fora dos limites da folha) podem ser verificadas estas mesmas espessuras.

Perfis de poços tubulares perfurados nesses sedimentos, na cidade de Monte Azul, mostram espessuras de até 22m.

2.4 Tectônica

A Folha Monte Azul está localizada na zona marginal do Cráton do São Francisco (Almeida, 1977), província estrutural que permaneceu estável durante a orogênese brasiliana. Por esse motivo, encontra-se em área fortemente afetada pela tectônica relativa a este ciclo orogênico, marcada por evidente deformação tangencial compressional, dirigida de leste para oeste, que justapõe rochas supracrustais do Grupo Macaúbas e Supergrupo Espinhaço com gnaisses e migmatitos do embasamento, estes predominando em sua porção ocidental. Formações superficiais não-deformadas, de idades terciária e quaternária, recobrem amplamente todas as litologias pré-cambrianas mencionadas.

A análise dos dados estruturais existentes, obtidos dos projetos citados no início do capítulo 2 e da interpretação de aerofotos (1:60.000) e imagens de satélite (1:100.000), além de observações de campo, mostra, em macroescala, a divisão da área em dois domínios bem distintos: o oriental, onde dominam rochas supracrustais, marcado por notáveis lineamentos de direções N-S, NNE-SSW e WNW-ESE; e o ocidental, domínio de gnaisses e migmatitos, onde fraturas de direções muito diversificadas são a estrutura mais marcante. Dos lineamentos assinalados no domínio ocidental alguns foram definidos como falhas transcorrentes e outros como fa-lhas indicriminadas que são maioria. Eixos de grandes dobramentos sinformais e antiformais mapeados (Drumond *et al.*, *op.cit.*), associam-se a esses últimos lineamentos tendo mesmo *trend* estrutural.

Em escala mesoscópica, observa-se que a estrutura mais notável e de distribuição regional é uma foliação de caráter milonítico refletida, em geral, em um bandamento composicional nos gnaisses do embasamento e em uma clivagem nos quartzitos do Supergrupo Espinhaço. Esta foliação tem atitudes médias de direções N-S, com mergulhos moderados a baixos para E.

Os conjuntos de fraturas identificados na área, quando lançados em diagrama de rosetas (figura 2.1), mostram direções bastante variadas, dominando, entretanto, um sistema conjugado de direções N10°-40°W e N10°-40°E. Um outro sistema mais discreto, porém importante, tem direções preferenciais segundo N-S e E-W. Estes dois sistemas de juntas mostraram-se com características extensionais (juntas abertas) em algumas observações de campo.

A interpretação dos dados permitiu destacar, dentre os sistemas de fraturas identificados, dois pares de direções NW-SE/NE-SW e NS/EW.

O primeiro sistema, com conjuntos de fraturas de direções segundo NW-SE e NE-SW, em razão de seu paralelismo com pares de cisalhamentos conjugados, bem representados a oeste de Monte Azul, reforçado pela sua posição diagonal cruzando o *trend* N-S dos eixos de dobramentos da segunda fase de deformação, poderia ser interpretado como um sistema de fraturas de cisalhamento (Hancock, 1985).

Entretanto, observações de campo, embora esparsas, mostram que algumas destas juntas são abertas, portanto extensionais, o que permite a interpretação da coexistência de pares de juntas de idades distintas, as extensionais

sendo as mais recentes, ou ainda uma simples reativação em regime extensional de juntas de cisalhamento relacionadas ao par de cisa-lha-mento conjugado retromencionado.

O outro sistema, composto pelo par N-S e E-W, mostrou-se também, em algumas observações de campo, com características extensionais, sendo facilmente classificáveis como juntas longitudinais e normais em relação aos eixos de dobramentos regionais N-S, justificando-se portanto seu caráter extensional.

A análise e interpretação dos dados estruturais apresentados permite concluir que as fraturas abertas na área da Folha Monte Azul estão relacionadas à última fase de deformação por ela sofrida, estando associadas aos amplos dobramentos N-S e às reativações posteriores em regime extensional subseqüente. Portanto, os melhores sítios de localização desta classe de fraturas devem ser as zonas axiais das grandes antiformais de *trend* N-S, onde também as fraturas longitudinais são abertas.

Complementando a análise estrutural da folha em epígrafe, são apresentados a seguir os seguintes mapas:

a) Mapa de densidade de fraturas (km/km^2) mostrando a distribuição das fraturas na área segundo três classes distintas (menor do que $0,5km/km^2$, de 0,5 a $1km/km^2$ e maior do que $1km/km^2$). Analisando a densidade de fraturas em função da litologia, verifica-se que esta densidade é maior principalmente as áreas de ocorrência das rochas quartzíticas do Supergrupo Espinhaço, com destaque para as partes mais elevadas da serra homônima. Também é maior no quadrante NW, a partir da Serra da Bocaina (Grupo Macaúbas) para norte em área de ocorrência de rochas da Associação Gnáissico-Migmatítica, numa faixa inicialmente paralela ao meridiano 42°30', infletindo para NE a partir do paralelo 15°05' (figura 2.2).

b) Mapa de intersecção de fraturas, em célula com área de $16km^2$, que sugere os locais mais favoráveis para locação de poços tubulares em função do número de interseções presentes em determinada célula, de acordo com as classes menores do que 2, entre 2 e 4, entre 4 e 6, entre 6 e 8 e maiores do que 8 interseções por célula (figura 2.3).

Nos dois mapas apresentados nota-se que nas áreas onde ocorrem as coberturas indiferenciadas, estas mascaram as fraturas porventura existentes, definindo áreas com menor densidade e menor número de interseções de fraturas por unidade de área.

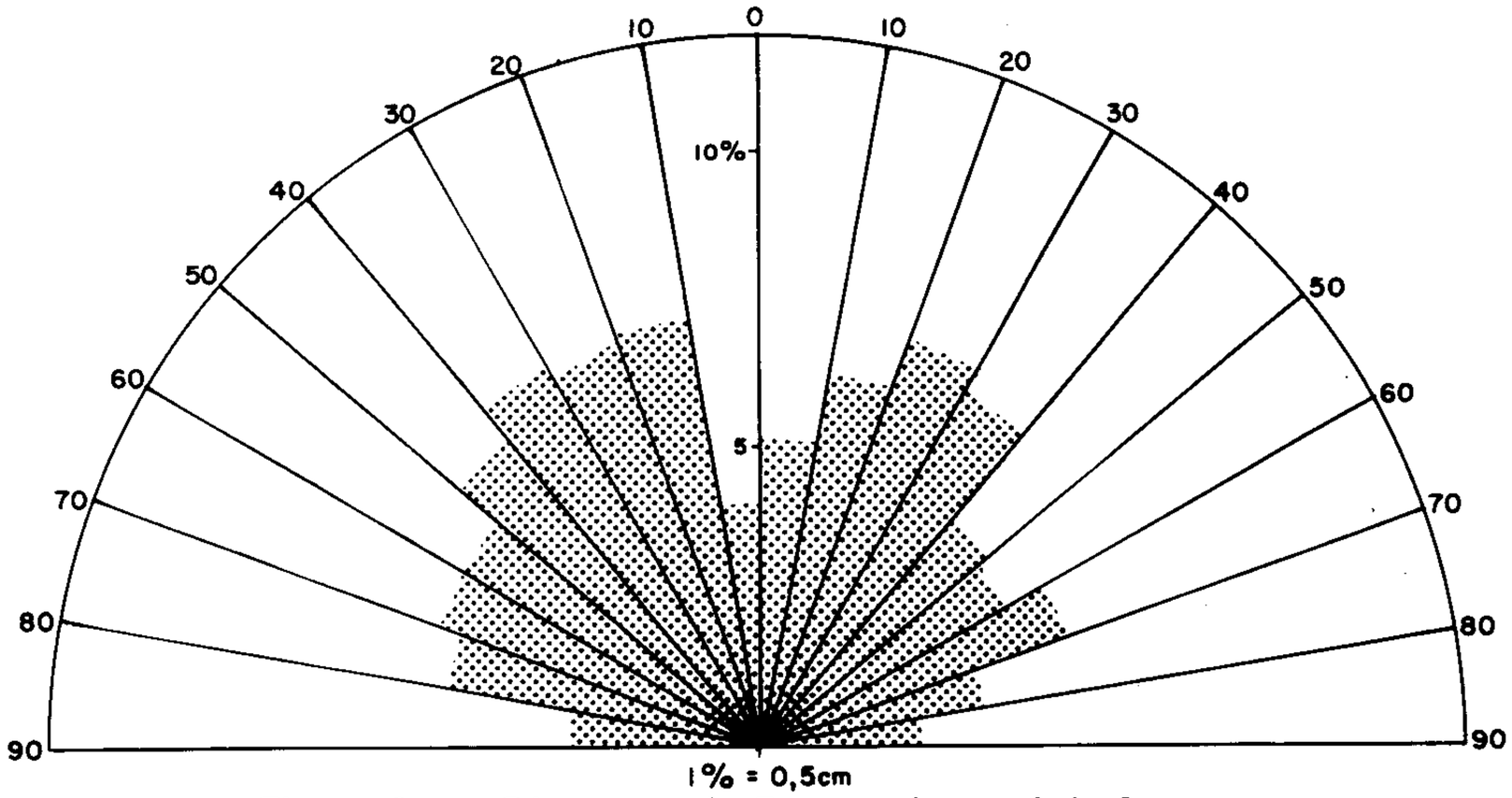


Figura 2.1 – Diagrama de Roseta do total de fraturas.

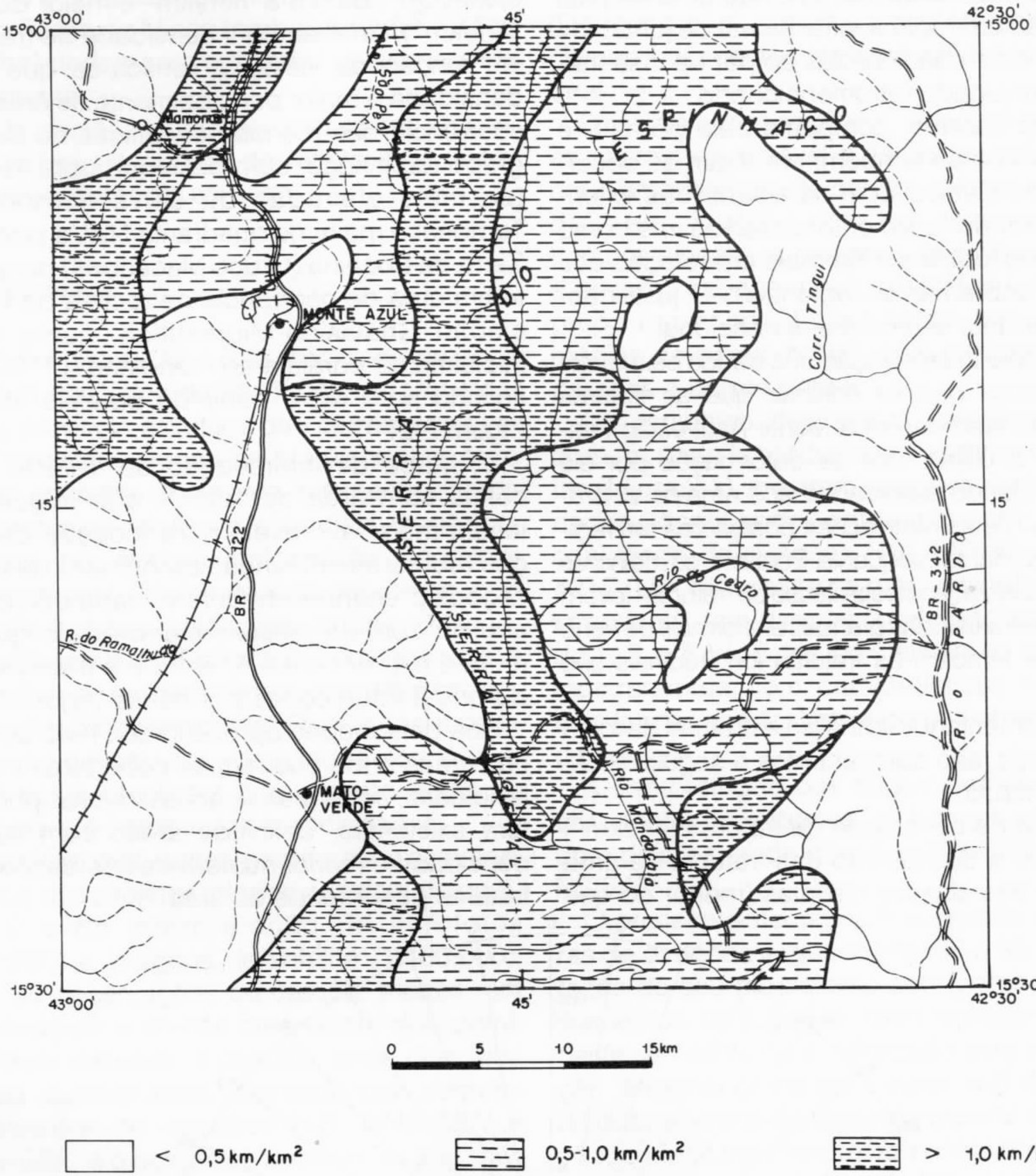


Figura 2.2 – Mapa de densidade de fraturas.

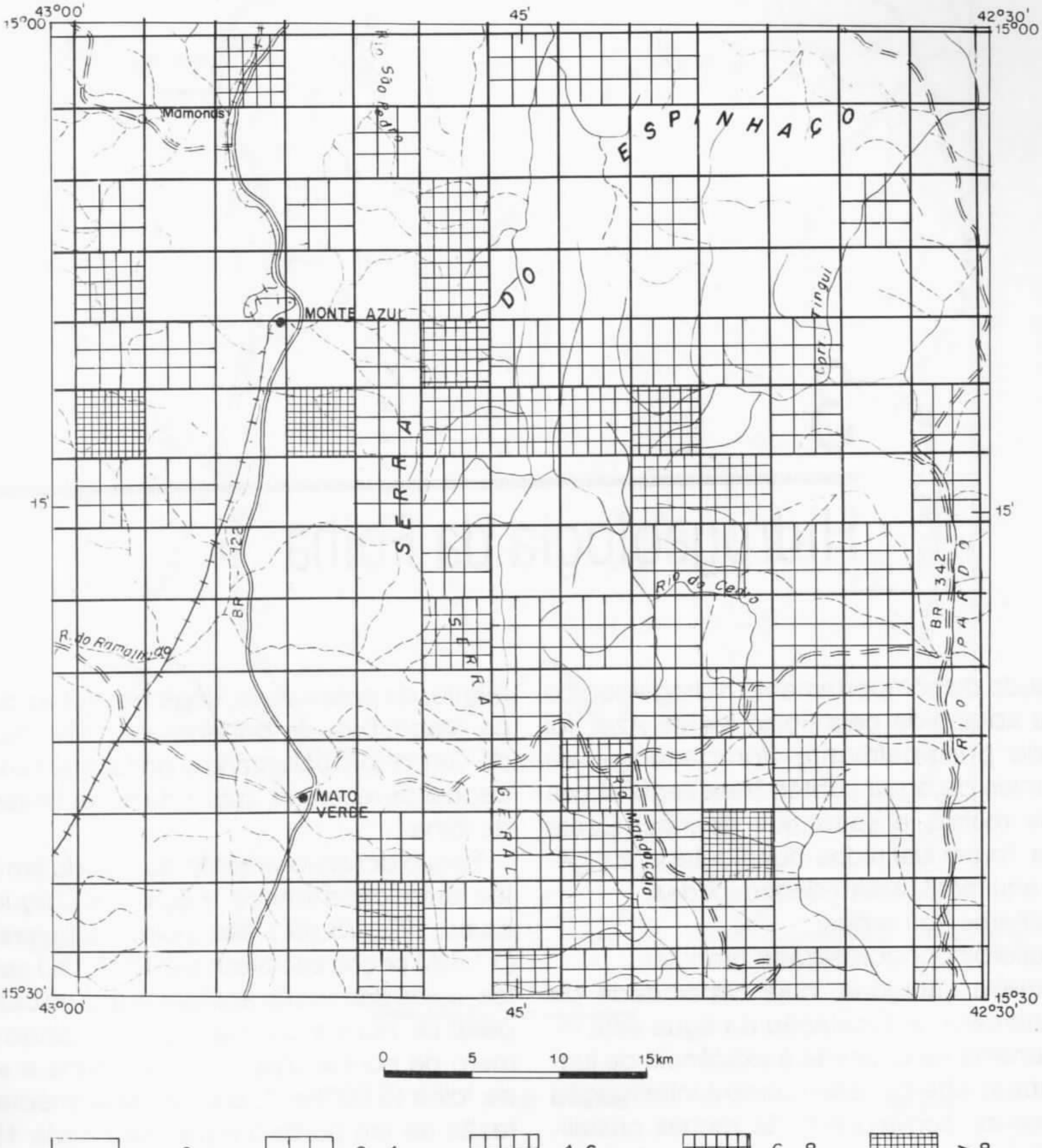


Figura 2.3 – Mapa de intersecção de fraturas.

3
Hidrogeologia da Folha

O estudo do comportamento hidrogeológico da área abrangida pela Folha Monte Azul, foi realizado principalmente agrupando-se as ocorrências de água subterrânea segundo os tipos de rochas e estruturas abertas. Desta maneira, foram definidas duas categorias gerais de aqüíferos, assim denominadas:

– aqüíferos fraturados;
– aqüíferos por porosidade granular.

A primeira categoria, cuja capacidade de armazenamento e circulação da água está intrinsecamente relacionada à existência de juntas e fraturas abertas, bem como à interligação das mesmas, corresponde às rochas cristalinas e cristalofílianas das associações Gnáissico-Migmatítica e Pré-Espinhaço e do Supergrupo Espinhaço, que representam cerca de 67% da área total da folha.

A segunda categoria, onde o armazenamento e a circulação da água dependem, basicamente, da porosidade, engloba rochas do Grupo Macaúbas, as coberturas indiferenciadas do Terciário-Quaternário e do Quaternário e os depósitos recentes, cobrindo os restantes 33% da folha.

Para o desenvolvimento do estudo em questão foram cadastrados 168 pontos d'água, dos quais 127 (75,6%) são poços tubulares, 29 (17,3%) poços escavados e 12 (7,1%) nascentes, cujos dados são apresentados no catálogo geral de pontos d'água. Conside-rando o número de pontos d'água cadastrados e a área da folha (3.000km^2), a densidade média é na razão de um ponto d'água para cada 18km^2; porém, na realidade, estes pontos se distribuem de maneira irregular (figura 3.1), sendo que do total de pontos, 76% estão situados entre o meridano 42°50' e o limite oeste, 15% entre o limite leste e o meridiano 42°40' e 9% entre os meridianos 42°40' e 42°50', com uma

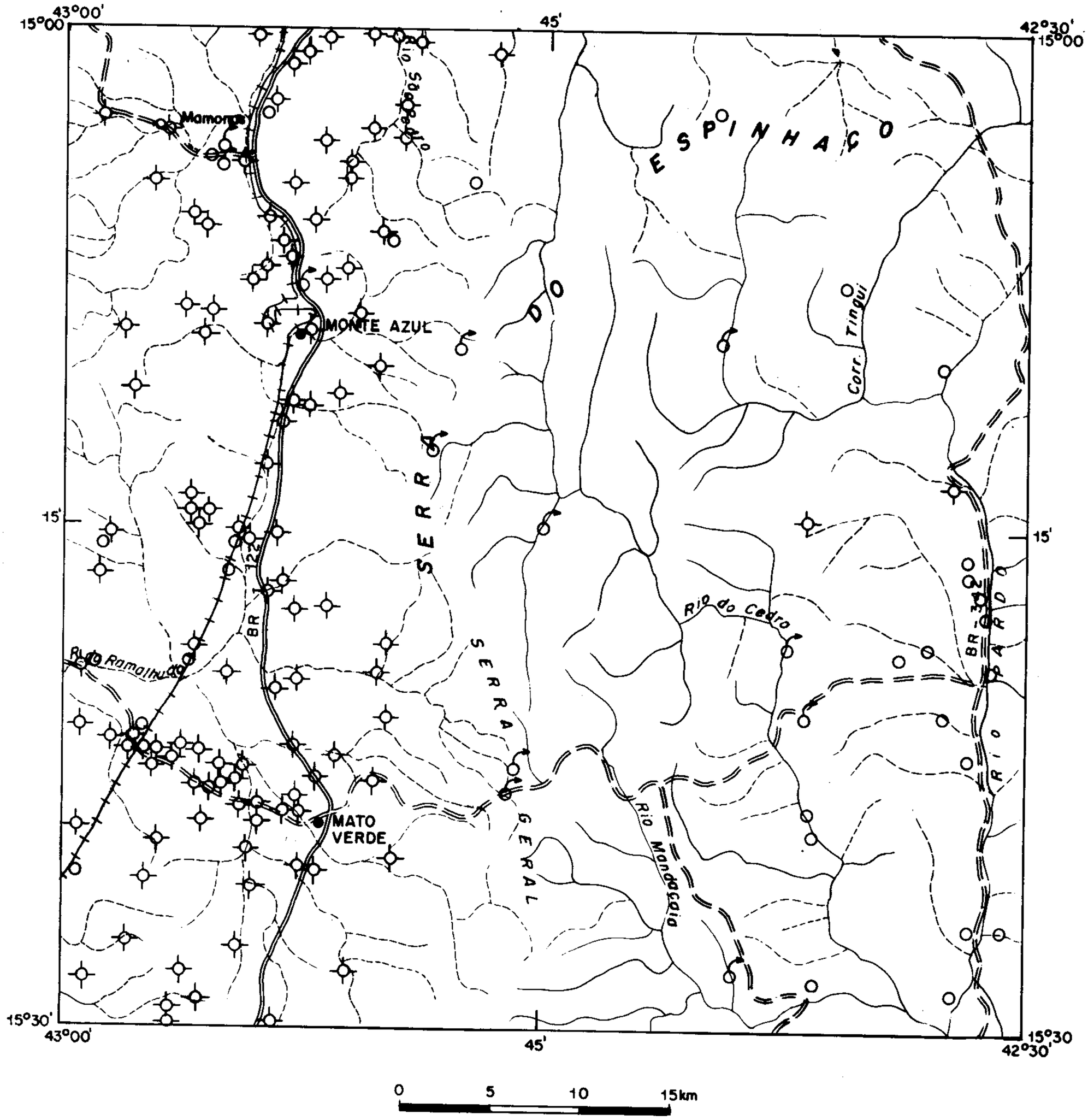


Figura 3.1 – Distribuição dos pontos d'água.

nítida concentração no terço ocidental da folha. Na figura 3.2 são mostradas as principais características dos poços tubulares perfurados na área através dos histogramas de distribuição percentual das profundidades, dos níveis estáticos, dos níveis dinâmicos, das entradas d'água, das vazões e das vazões específicas.

Além de outros dados, mediu-se também a temperatura da água em alguns pontos. Analisando os 29 valores obtidos, verificou-se que na porção ocidental a temperatura é ligeiramente mais elevada que na porção oriental, o que pode ser explicado pela diferença de altitudes entre essas duas áreas.

Durante os trabalhos de campo, procurou-se identificar *in loco"* o maior número possível de fraturas abertas, com melhores possibilidades de ocorrência de água subterrânea, e fechadas ou preenchidas que, em geral, não constituem reservatórios de água.

3.1 Sistemas aqüíferos

Para a Folha Monte Azul foram definidos sete sistemas aqüíferos que permitiram elaborar, de acordo com os conceitos emitidos no item 1.6 e seus subitens, a base hidrolitológica. São eles:

– aqüíferos intergranulares descontínuos locais, livres;
– aqüíferos intergranulares locais, livres;
– aqüíferos intergranulares descontínuos de extensão variável, livres;
– aqüíferos intergranulares/fraturados, extensos, livres;
– aqüíferos locais restritos às zonas fraturadas;
– aqüíferos praticamente ausentes;
– aqüíferos descontínuos fraturados, livres.

3.1.1 Aqüíferos Intergranulares Descontínuos Locais, Livres

Correspondem às aluviões identificadas na área, as quais apresentam espessuras de até 22m conforme mostra o perfil geológico do poço tubular nº 120, perfurado na cidade de Monte Azul (figura 3.3a). De um modo geral, a permeabilidade desses aqüíferos vai de alta a média em virtude do caráter essencialmente arenoso desses sedimentos. Sua alimentação se pro-cessa diretamente através dos rios, normalmente bastante prejudicada pela irregularidade do regime pluviométrico. O aproveitamento das reservas hídricas desse sistema pode ser feito através de poços escavados de grande diâmetro ou tubulares rasos.

Essas aluviões ocorrem ao longo dos rios Pajéu, do Ramalhudo, Garipau, Cana-Brava, Bom Sucesso, Pardo, Traçadal, Cedro, Mandaçaia e seus principais afluentes, tais como os córregos Passo Preto, Riacho Quente e Tinguí.

Alimentação, Escoamento e Exutórios

A alimentação do sistema é feita diretamente através dos rios e das chuvas. Na descarga natural desse sistema atuam como exutórios a evapotranspiração e a infiltração para os aqüíferos subjacentes.

Características Dimensionais

As aluviões abrangem uma área aproximada de 210km^2, que correspondem a 7% da área total da folha. Apresentando espessuras de até 22m e larguras que vão até 1.000m, esses depósitos recentes representam um sistema aquífero de mediana importância hidrogeológica relativa local, com permeabilidade variando de média a alta,

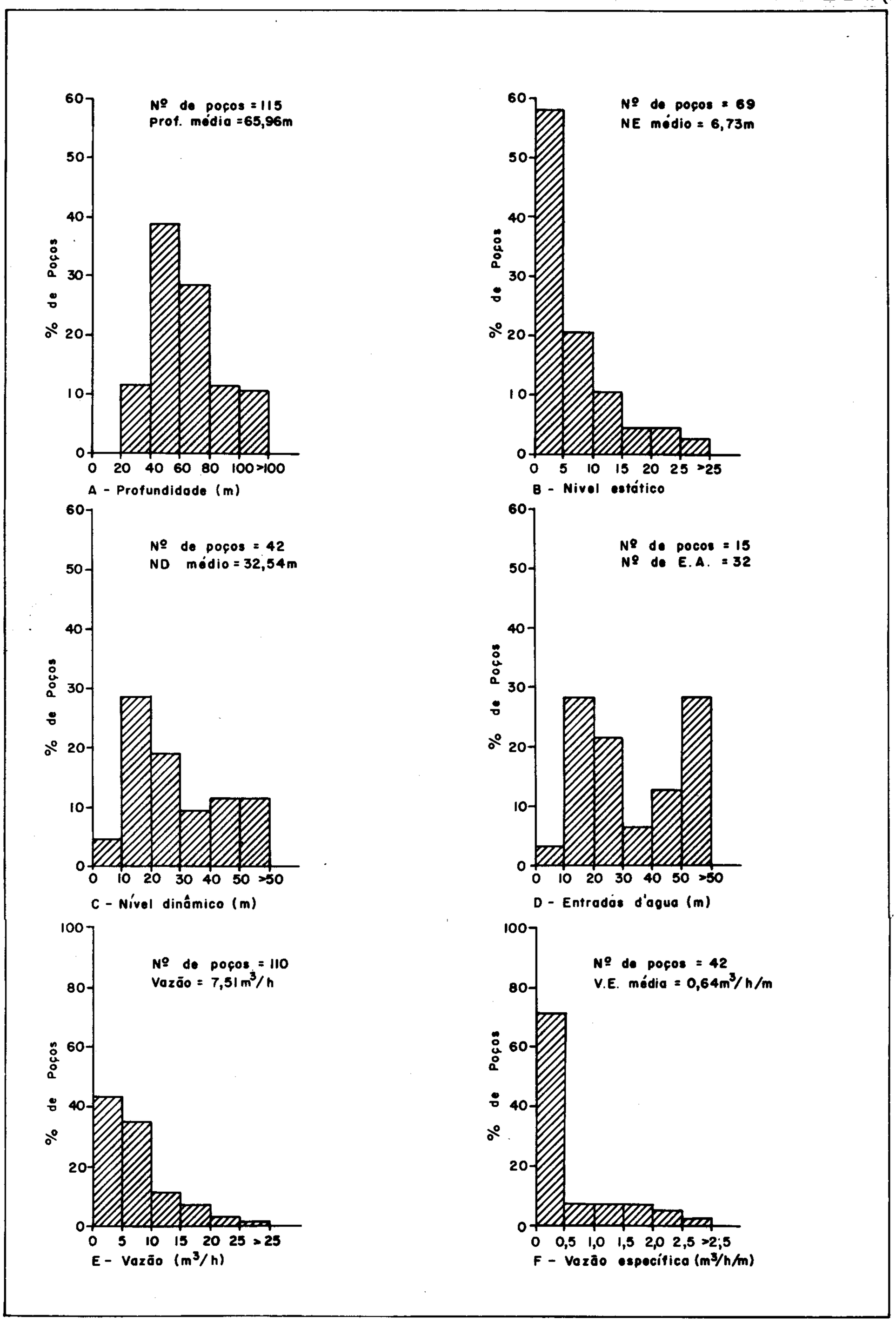


Figura 3.2 – Características dos poços tubulares.

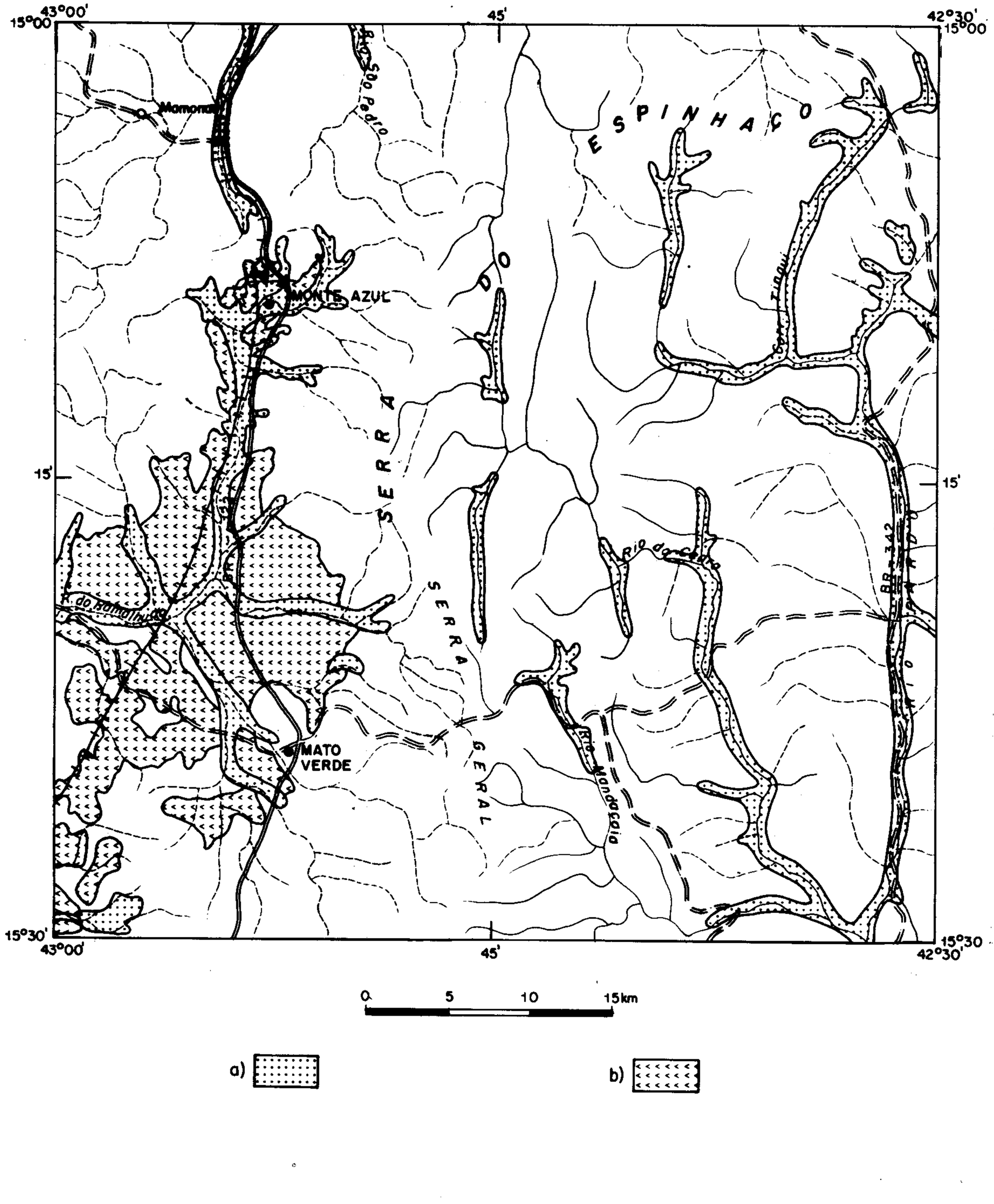


Figura 3.3 – Áreas de ocorrências de: a) aqüíferos intergranulares descontínuos locais, livres; b) aqüíferos intergranulares locais, livres.

água de boa qualidade e se constitui, a nível de abastecimento doméstico, na principal fonte de abastecimento hídrico da área. Foram cadastrados 08 poços escavados nesses sedimentos, com profundidades va-riando de 1m (mínimo) a 18m (máximo) e valor médio de 9,15m. Os níveis estáticos, medidos durante o período de estiagem, variam de 3,08m (mínimo) a 13,30m (máximo), com valor médio de 6,92m. Para extração da água, 3 desses poços estão equipados com pequenas bombas elétricas, 1 com bomba de sucção e 4 com sarilho.

3.1.2 Aqüíferos Intergranulares Locais, Livres

Compreendem aqueles definidos pelos sedimentos não consolidados, representados pelos depósitos coluvionares, e os resultantes do retrabalhamento de sedimentos pleistocênicos e formações superficiais que ocorrem no âmbito do Pediplano Monte Azul-Porteirinha (figura 3.3b). Embora variando muito, a espessura desses sedimentos pode, localmente, ultrapassar os 20m. Apresentam permeabilidade entre alta e média. Podem ser explorados através de poços escavados de grande diâmetro, porém sua principal função é alimentar o aqüífero fraturado subjacente. Em virtude de sua posição topográfica em relação ao subs-trato cristalino e ao curto período chuvoso da região, sua espessura saturada varia muito, secando localmente durante a estiagem.

Esses sedimentos ocorrem principalmente contornando as aluviões na parte ocidental da área, capeando rochas da Associação Gnáissico-Migmatítica.

Alimentação, Escoamento e Exutórios

A realimentação desse sistema se processa diretamente através da infiltração da água das chuvas, precipitadas sobre as áreas de ocorrência dessas coberturas.

No que diz respeito aos exutórios, a evapotranspiração, as nascentes e a infiltração para os sistemas aqüíferos subjacentes se constituem nos fatores responsáveis pela descarga natural do sistema.

O interesse hidrogeológico desse sistema se restringe às zonas de maior espessura e onde predomine facies mais arenosa com melhores condições de permeabilidade e transmissibilidade.

Características Dimensionais

Cobrindo uma área aproximada de 260km^2 (cerca de 8,7% da área total) e apresentando espessuras que podem atingir até 20m, esses sedimentos não consolidados constituem um sistema aquífero de pequena importância hidrogeológica relativa local. Na área de ocorrência desse material, foram cadastrados 3 poços escavados cujas profundidades estão entre 8,60m (mínimo) e 18,45m (máximo) e valor médio de 12,35m. Os níveis estáticos, medidos no período de estiagem, variam de 3,90m (mínimo) a 13,80m (máximo), com valor médio de 8,36m. Dois desses poços estão equipados com pequenas bombas elétricas e um com sarilho.

3.1.3 Aqüíferos Intergranulares Descontínuos de Extensão Variável, Livres

Este sistema é definido pelas coberturas indiferenciadas do Terciário-Quaternário (figura 3.4a). Com espessuras de até 30m, esses se-

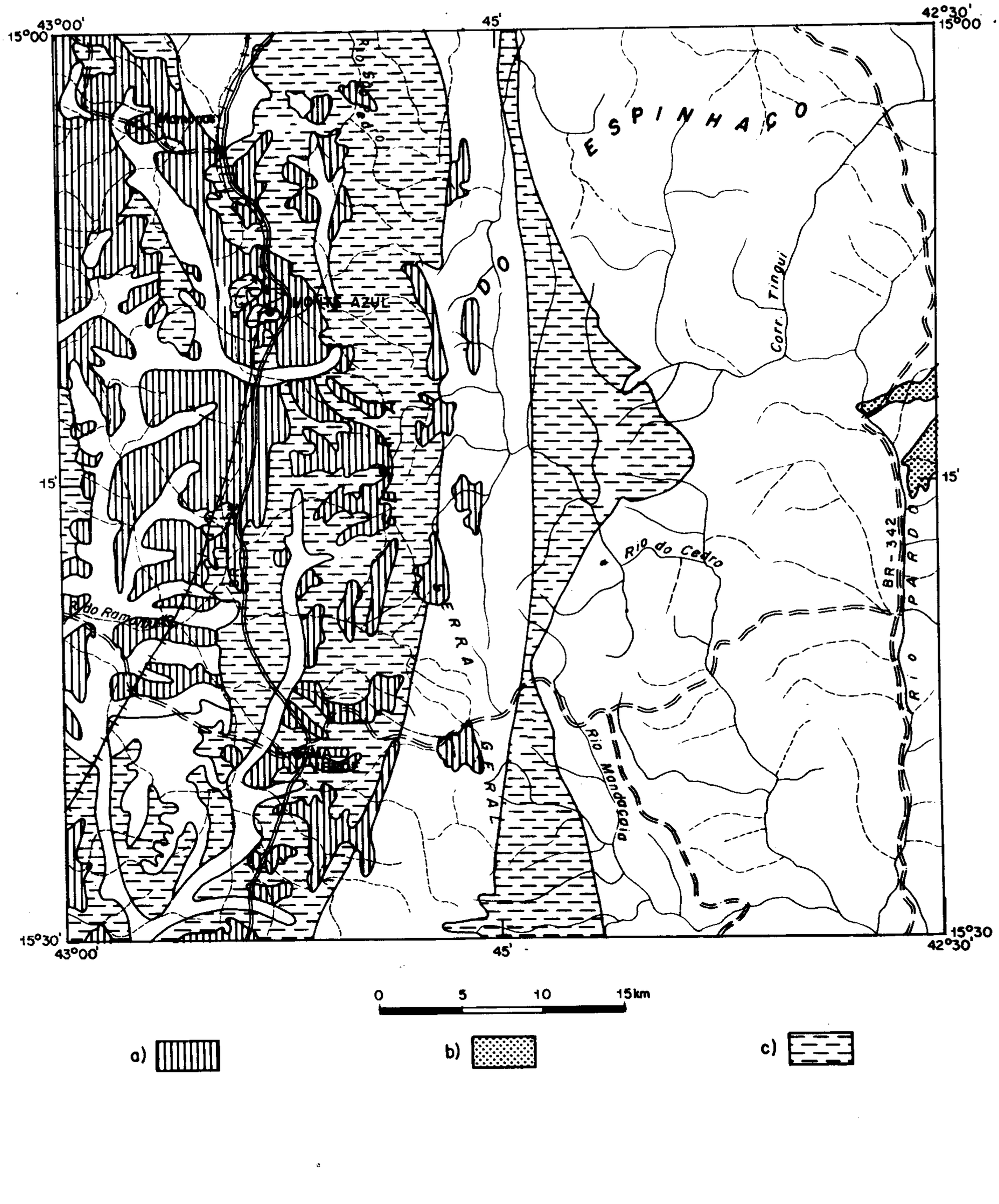


Figura 3.4 – Área de ocorrência de: a) aqüíferos intergranulares descontínuos de extensão variável, livres; b) aqüíferos intergranulares/fraturados, extensos livres; c) aqüíferos locais restritos às zonas fraturadas.

dimentos predominantemente areno-argilosos, apresentam permeabilidade de média a baixa podendo ser explorados através de poços escavados de grande diâmetro. Entretanto, a sua principal função é a de realimentar o aquífero fraturado subjacente. Devido a sua posição topográfica em relação ao substrato cristalino e ao curto período chuvoso da região, sua espessura saturada varia muito, secando localmente durante a estiagem.

Ocorrem a leste da Serra do Espinhaço sobre rochas da Associação Pré-Espinhaço e do Supergrupo Espinhaço, constituindo platôs nos interflúvios dos principais cursos d'água desta região.

Alimentação, Escoamento e Exutórios

As chuvas que caem nas áreas de ocorrência desses sedimentos são responsáveis pela alimentação do sistema aqüífero definido por eles. De um modo geral, o escoamento das águas nesse sistema é lento devido às suas características litológicas, pois trata-se de um material predominantemente areno-argiloso.

Quanto aos exutórios, a evapotranspiração, as nascentes e a infiltração para os sistemas aqüíferos subjacentes, contribuem decisivamente para a descarga natural do sistema.

Características Dimensionais

Abrangendo uma área aproximada de 490km^2, que corresponde a 16,3% da área total, esses sedimentos podem atingir até 30m de espessura (Costa *et al., op.cit.*) e definem um sistema aqüífero com importância hidrogeológica relativa local variando de muito pequena a pequena. Onde ocorrem esses sedimentos foram cadastrados 6 poços escavados com profundidades que variam de 7,30m (mínimo) a 18,00m (máximo), com valor médio de 10,78m. Os níveis estáticos, medidos durante a estiagem, estão entre 5,40m (mínimo) e 12,40m (máximo) e valor médio de 8,28m. A maioria desses poços está equipada com sarilho.

3.1.4 Aqüíferos Intergranulares/Fraturados, Extensos, Livres

São representados pelos arenitos e paraconglomerados do Grupo Macaúbas (figura 3.4b). Devido à permeabilidade variável, relevo acidentado e área de ocorrência restrita, esses aqüíferos são inexpressivos no contexto geral.

Estas rochas ocorrem a SW da cidade de Monte Azul, próximo ao limite oeste da folha, abrangendo uma área aproximada de 12km^2. Os arenitos constituem a Serra da Bocaina e os paraconglomerados afloram ao sul dessa mesma serra.

A permeabilidade do sistema aqüífero representado por essas rochas é variável e resulta da porosidade dos arenitos e do fraturamento dos paraconglomerados.

3.1.5 Aqüíferos Locais Restritos às Zonas Fraturadas

Este sistema aqüífero é definido pelos quartzitos do Supergrupo Espinhaço ampliado localmente pela presença de aluviões e coberturas indiferenciadas (figura 3.4c). Podendo ser livre ou confinado, apresenta permeabilidade variando de média a baixa. O aproveitamento deste aqüífero é feito principalmente por fontes. Nas áreas menos elevadas, de relevo suave, notadamente no vale do rio Pardo, a leste da Serra do Espinhaço, a exploração também pode ser feita através de poços tubulares.

Os quartzitos ocorrem da Serra do Espinhaço para leste, intercalados com xistos e capeados por coberturas inconsolidadas terciário-quaternárias.

Alimentação, Escoamento e Exutórios

A recarga desse sistema aqüífero se processa diretamente pela incidência de chuvas na sua área de ocorrência, e indiretamente através das coberturas e aluviões que transmitem parte da água que recebem para o aqüífero subjacente. Na parte oriental da folha, a alimentação do sistema é facilitada pelo maior volume de chuvas precipitado, pela presença de fraturas abertas no quartzito e pelo controle estrutural da drenagem.

O escoamento nesse sistema depende exclusivamente do conjunto de fraturas, podendo originar, mais próximo da superfície, um sistema aqüífero livre interconectado às coberturas indife-renciadas, às aluviões e ao manto de intemperismo, cuja circulação passa a ser controlada principalmente pela topografia. Em profundidade, as fraturas constituem uma trama rarefeita que pode até criar condições de confinamento.

Os principais exutórios que atuam na descarga natural do sistema aqüífero fraturado, na parte oriental da área, são os rios, ali representados pelo rio Pardo e seus afluentes, e as nascentes. Na área abrangida por esse sistema foram cadastradas 7 nascentes com vazões variando entre 0,25m^3/h (mínima) e 25,92m^3/h (máxima) e valor médio de 7,04m^3/h.

Características Dimensionais e Hidrodinâmicas

As rochas quartzíticas abrangem cerca de 720km^2 da folha, que correspondem a 24% de sua área total. Intensamente fraturadas e apresentando inúmeras fraturas abertas, essas rochas mergulham suavemente para leste/sudeste.

Quanto às características hidrodinâmicas, o reduzido número de informações catalogadas sobre pontos d'água localizados em áreas de domínio dessas rochas, que definem o sistema aqüífero em questão, impossibilita uma análise mais profunda sobre o assunto. Do total de poços tubulares cadastrados, apenas um foi perfurado no quartzito (ponto 164: prof.=82m; vazão= 7,80m^3/h).

3.1.6 Aqüíferos Praticamente Ausentes

Correspondem às áreas de micaxistos da Associação Pré-Espinhaço e de xistos, metavulcânicas e metaconglomerados do Supergrupo Espinhaço (figura 3.5a). As ocorrências de água subterrânea nesse sistema são de pequena expressão e se restringem aos níveis quartzíticos. Devido ao relevo acidentado e às fracas possibilidades de obtenção de água, a sua explotação é contra-indicada.

Os micaxistos ocorrem a NW do médio curso do córrego Tinguí e os xistos numa faixa N-S, entre a grande falha de gravidade a oeste e o falhamento de empurrão que cruza a folha em toda a sua extensão segundo N-S. Bordejando a Serra do Espinhaço, em seu flanco ocidental, ocorrem as metavulcânicas e os metaconglomerados. Este grupo de rochas cobre cerca de 388km^2, que correspondem a 12,9% da área total.

Na área de ocorrência dessas rochas foram cadastrados apenas um poço escavado (prof.=7,20m; NE=4,90m) e uma nascente (vazão=1,50m^3/h).

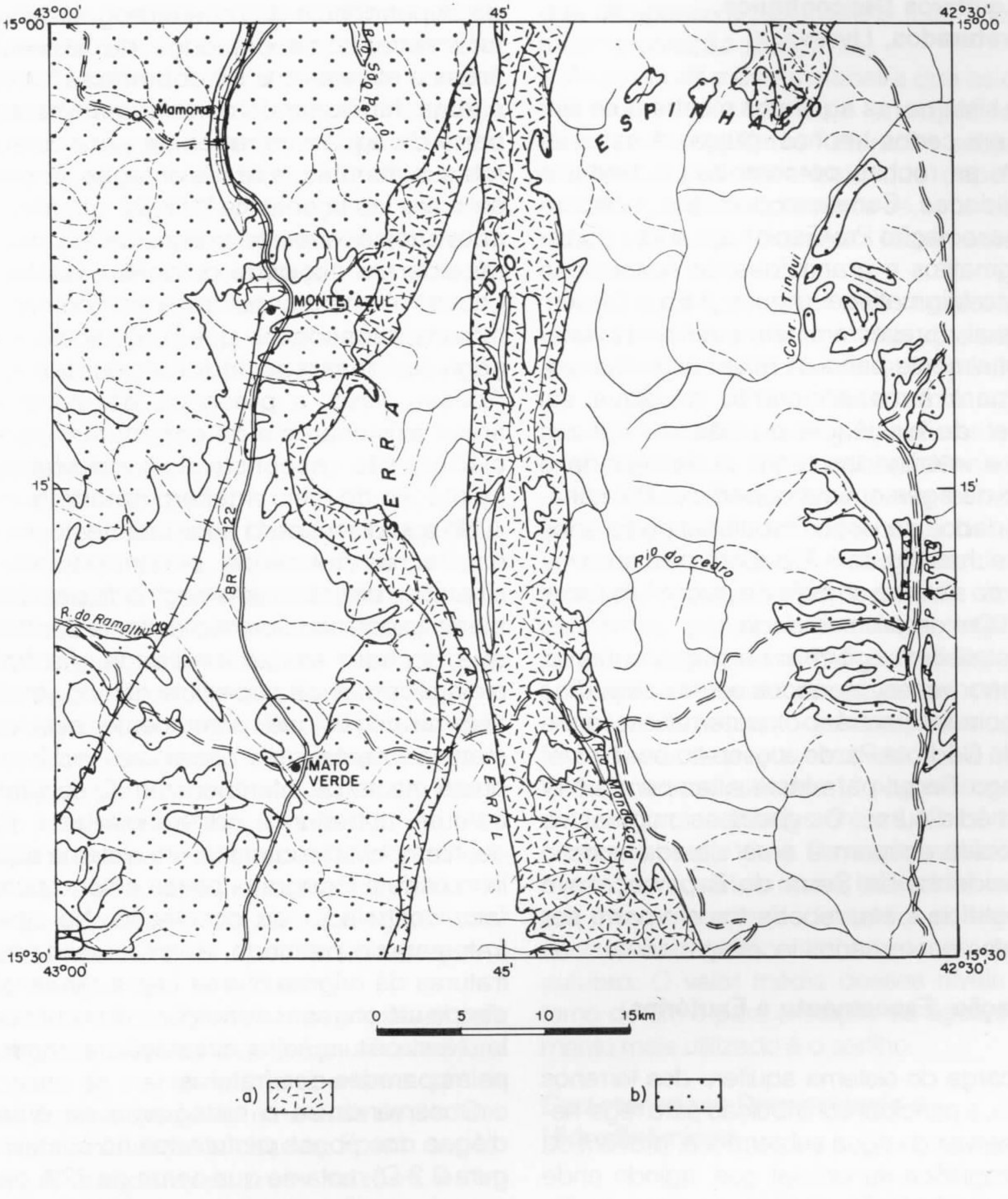


Figura 3.5 – Áreas de ocorrência de: a) aqüíferos praticamente ausentes; b) aqüíferos descontínuos fraturados, livres.

3.1.7 Aqüíferos Descontínuos, Fraturados, Livres

Neste sistema, os aqüíferos mostram-se ampliados em certos trechos, graças à associação com as rochas porosas das coberturas inconsolidadas. Correspondem aos metatexitos da Associação Pré-Espinhaço e aos gnaisses, migmatitos e granitóides da Associação Gnáissico-Migmatítica (figura 3.5b). De um modo geral, apresentam permeabilidade variável, normalmente baixa. A maior ou menor vocação para armazenamento de água vai depender da existência ou não de fraturas abertas e interligadas entre si, facilitando o acúmulo da água em subsuperfície. Pela análise dos dados de poços tubulares perfurados nessas rochas (figura 3.2) sugere-se o aproveitamento do sistema através de poços tubulares de até 100m de profundidade.

Os metatexitos ocorrem na porção oriental da área, por vezes capeados pelas coberturas indiferenciadas terciário- quaternárias, entre os rios do Cedro e Pardo, desse rio para leste, do córrego Tinguí para leste e também a NW de seu médio curso. Os gnaisses, migmatitos e granitóides ocupam a área situada entre o flanco ocidental da Serra do Espinhaço e o limite oeste da folha, recobertos em parte por sedimentos quaternários inconsolidados.

Alimentação, Escoamento e Exutórios

Na recarga do sistema aqüífero dos terrenos cristalinos, a principal contribuição para rege-nerar as reservas de água subterrânea, provêm da rede hidrográfica superficial que, agindo onde existe controle estrutural da drenagem, através do fraturamento das rochas, pode assegurar uma contínua realimentação através das aluviões durante o período das chuvas.

Na Folha Monte Azul, verifica-se que, apesar da dependência da rede hidrográfica ao fraturamento, e da presença de expressivas áreas aluvionares e de coberturas indiferenciadas, funcionando como transmissoras de parte da água que recebem para os aqüíferos subjacentes, a realimentação se processa mais facilmente na porção oriental onde chove mais, e existe maior número de fraturas abertas. Na parte ocidental, o índice de chuvas é menor, as fraturas são, em sua maioria, fechadas, o que prejudica a reposição das reservas hídricas subterrâneas. Apesar disso, a presença de expressivas áreas aluvionares e de coberturas indiferenciadas, são responsáveis pela efetiva alimentação do meio aqüífero fraturado.

No que diz respeito ao escoamento, no caso das rochas fraturadas, podem ocorrer duas situações distintas: uma originada pelo fraturamento superficial e outra resultante das fraturas que ocorrem em profundidade. As fraturas mais próximas da superfície dão origem a um sistema denso que, comumente, está diretamente conectado às coberturas indiferenciadas e manto de intemperismo. O conjunto de fraturas, coberturas indiferenciadas e manto de intemperismo constitui um sistema aqüífero livre onde a topografia passa a ser o principal fator controlador da circulação. No caso do fraturamento profundo, a individualidade das fraturas dá origem a uma trama rarefeita, podendo até oferecer condições de confinamento. Nesta situação, a circulação é controlada pelas paredes das fraturas.

Observando-se o histograma de entradas d'água dos poços perfurados no cristalino (figura 3.2-D), nota-se que cerca de 72% dessas entradas estão situadas em profundidades inferiores a 50m. Por outro lado, praticamente a metade dos poços com dados disponíveis apresentam pelo menos uma entrada d'água correspondendo ao nível das aluviões, cober-

turas indiferenciadas ou manto de intemperismo. Este fato, levando-se em conta que o NE médio é da ordem de 6,73m, permite concluir que existe realmente uma conexão hidráulica entre esse conjunto de sedimentos e o sistema de fraturas superficial, dando origem a sistemas aqüíferos livres. A presença de entradas d'água mais profundas sugere a existência em profundidade de uma circulação em situação de confinamento, embora incipiente.

Em área de ocorrência de rochas fraturadas, os principais exutórios dos depósitos de água subterrânea são:

a) rios;

b) nascentes;

c) evapotranspiração.

Na área em apreço, a drenagem superficial é relativamente densa, porém a oeste da Serra do Espinhaço é totalmente intermitente e a leste dessa mesma serra a percentagem de cursos d'água perenes é bem superior à de cursos d'agua intermitentes. Essa drenagem é representada pelos rios São Domingos, São Pedro, Bom Sucesso, Ramalhudo e seus afluentes na porção ocidental, e pelo rio Pardo e seus afluentes na porção oriental. Pode-se considerar que parte das escassas chuvas que caem na região, após escoarem através do solo, vão alimentar esses cursos d'água, ficando retida nos terrenos apenas uma pequena fração da água que se infiltra.

As nascentes, outro fator responsável pela descarga natural dos aqüíferos, são comuns no contato do manto de intemperismo com as rochas do embasamento e na área de domínio das rochas inicialmente citadas. Foram cadastradas 3 nascentes, com vazões entre 0,80m^3/h e 4m^3/h.

Outro exutório importante é a evapotranspiração na área de recarga. No caso da área em questão, obteve-se apenas um valor de ETp para a estação de Monte Azul (1.371,3mm/ano), que ultrapassa a pluviometria total anual desta mesma estação (895,1mm).

Atuando da mesma maneira que as coberturas indiferenciadas, cuja principal função é alimentar os aqüíferos fraturados subjacentes, o manto de intemperismo que capeia o substrato rochoso apresenta-se, via de regra, pouco espesso, podendo localmente atingir espessuras de até 20m.

Apesar de apresentar uma composição preferencialmente argilo-arenosa, uma espessura bastante variável e não mostrar continuidade em sua forma de ocorrência, ainda consegue reter certo volume de água, suficiente para, a nível doméstico, abastecer residências.

Alimentado diretamente pelas chuvas, uma parte da água infiltrada se escoa, indo regenerar as reservas hídricas dos sistemas aqüíferos subjacentes, e outra se perde através dos rios e nascentes, principais exutórios responsáveis pela descarga natural da água retida.

O aproveitamento da água que permanece armazenada no manto de intemperismo pode ser feito através de poços escavados. Na área estudada foram cadastrados 12 poços com diâmetro de 1m e profundidades entre 4,42m e 18m (média em torno de 10m). Os níveis estáticos, geralmente rasos, variam muito, baixando bastante ou até mesmo secando durante a estiagem, que ocorre, na região, entre os meses de abril e outubro. O valor médio desses níveis fica em torno de 6m e para extração da água o equipamento mais utilizado é o sarilho.

Características Dimensionais e Hidrodinâmicas

Nos domínios da Folha Monte Azul, os gnaisses e migmatitos indivisos, os granitóides e os metatexitos, ocupam cerca de 920km^2, que correspondem a 30,7% da área total desta folha.

A espessura da camada saturada dessas rochas está ligada diretamente ao conjunto de fraturas e diaclases que dão origem à sua permeabilidade. Um estudo mais detalhado da distribuição das zonas de fraturas, bem como de suas profundidades, seria possível através da análise de um grande número de informações do subsolo. No caso presente, do total de poços tubulares cadastrados (127), todos eles perfurados em rochas do embasamento, foram catalogadas apenas 32 entradas d'água distribuídas irregularmente, o que pode ser constatado através da ficha técnica do poço nº 133, onde estão registradas 10 entradas que correspondem a praticamente 31% do total. Esta escassez de dados, aliada ao caráter ani-sotrópico e heterogêneo do sistema aqüífero definido por essas rochas, impossibilita a determinação de características hidrodinâmicas realmente representativas do sitema como um todo. Entretanto, apesar desses problemas, procurou-se determinar a transmissibilidade (T) do sistema interpretando os dados de 5 testes de bombeamento, executados na área pela COPASA (4 testes) e TJANER (1 teste), sem fazer uso de piezômetro.

Na interpretação, foram utilizados os dados de recuperação, pelo fato de não serem afetados pelos problemas que normalmente ocorrem durante o bombeamento, tais como oscilação do nível dinâmico pelo turbilhonamento da água, variações no funcionamento do sistema *air-lift*, etc. Na tabela 3.1 e figuras 3.6 a 3.10 são apresentados os resultados dessa interpretação. Os valores da transmissibilidade (T) obtidos e indicados no quadro 3.1, permitem, a grosso modo, caracterizar a anisotropia e a permeabilidade do sistema testado. O valor médio de T é de 1,07 x $10^{-4}m^2/s$. No quadro 3.2 é apresentada uma síntese dos poços bombeados.

3.2 A Produtividade dos Sistemas e a Importância Hidrogeológica Relativa Local

A produtividade dos sistemas aqüíferos na Folha Monte Azul, considerando um rebai-xamento padrão de 25m, apresenta três classes definidas por valores da capacidade específica dos poços inferiores a 0,033 l/s/m, entre 0,033 e 0,11 l/s/m e superiores a 0,11 l/s/m.

A classe de valores inferiores a 0,033 l/s/m abrange as áreas de ocorrência de gnaisses, migmatitos, granitóides, xistos, micaxistos, metatexitos, metavulcânicas, metaconglomerados, paraconglomerados, arenitos Macaúbas (relevo acidentado) e quartzitos do topo da Serra do Espinhaço.

Os valores entre 0,033 e 0,11 l/s/m correspondem aos depósitos coluvionares e aqueles resultantes do retrabalhamento de sedimentos pleistocênicos e formações superficiais no Pediplano Monte Azul-Porteirinha, além das áreas de relevo moderado onde ocorrem os quartzitos do Supergrupo Espinhaço.

A terceira e última classe, onde os valores de capacidade específica são superiores a 0,11 l/s/m, é representada pelas aluviões e pelas rochas quartzíticas em áreas menos elevadas, de relevo suave, tal como pode ser verificado no vale do rio Pardo.

A importância hidrogeológica relativa local, para a Folha Monte Azul, apresenta quatro classes, a saber: mediana, pequena, muito pequena e negligenciável.

Na classificação das áreas segundo essas quatro classes, procurou-se conciliar os fatores quantidade, qualidade e explotabilidade, já mencionados anteriormente (item 1.6), além dos costumes locais de uso da água. É necessário frisar que uma mesma litologia pode ser considerada como pertencente a uma ou mais classes, como ocorre, por exemplo, com os

Tabela 3.1 – Dados de recuperação dos poços tubulares.

Tempo t' (min)	Poço nº 10 Mamonas Mun. de Espinosa NE = 0,85m ND = 28,87m Qm = 1,68 l/s	Poço nº 12 São Pedro Mun. de Espinosa NE = 2,10m ND = 23,54m Qm = 1,94 l/s	Poço nº 61 São João do Bonito Mun. de mato Verde NE = 3,25m ND = 17,31m Qm = 0,6812 l/s	Poço nº 121 Monte Azul Mun. de Monte Azul NE = 3,30m ND = 46,34m Qm = 6,26 l/s	Poço nº 133 São Pedro Mun. de Monte Azul NE = 6,03m ND = 35,63m Qm = 1,805 l/s
	ΔR (m)	ΔR (m)	ΔR (m)	ΔR (m)	ΔR (m)
1	3,41	7,05	1,31	9,68	5,15
1,5	5,15	10,54	2,09	17,06	7,82
2	6,87	12,96	3,03	19,88	9,76
3	10,11	15,97	3,45	21,04	13,07
4	12,97	17,61	4,90	22,10	15,35
5	15,35	18,37	5,91	22,64	16,97
6	17,39	18,64	6,80	22,82	18,55
8	20,23	18,91	8,16	22,98	19,84
10	22,02	19,12	9,16	23,13	20,65
12	23,09	19,20	9,90	24,28	22,61
14	23,77	19,34	10,49	24,14	23,32
16	24,18	19,40	11,05	25,34	24,28
18	24,45	19,48	11,28	24,94	25,34
20	24,65	19,52	11,57	24,94	25,71
25	24,84	19,60	11,92	26,18	26,67
30	25,00	19,71	12,27	27,19	27,04
40	25,17	19,85	12,60	28,18	27,36
60	25,40	20,09	12,89	28,08	27,79
90	25,57			27,94	
120	25,79			27,64	
150				27,51	
180				29,29	
210				29,12	
240				28,94	
270				28,74	
300				30,34	

NE = nível estático; ND = nível dinâmico; R = ND - NE de recuperação; t' = tempo de recuperação.

quartzitos do Espinhaço, em função da área de ocorrência, das necessidades locais, da topografia, etc.

A seguir, serão abordadas cada uma das classes citadas, procurando-se fazer uma análise dos fatores classificatórios aliados à litologia:

1 – Importância hidrogeológica relativa local mediana

Esta classe abrange todas as aluviões da área estudada. Nesta litologia verifica-se uma boa produtividade, águas de boa qualidade e a necessidade de água é maior em função da concentração da população ao longo das margens das drenagens principais, onde estão localizadas essas aluviões.

2 – Importância hidrogeológica relativa local pequena

Abrange parte dos quartzitos, granitóides, gnaisses e migmatitos. Para os quartzitos, essa

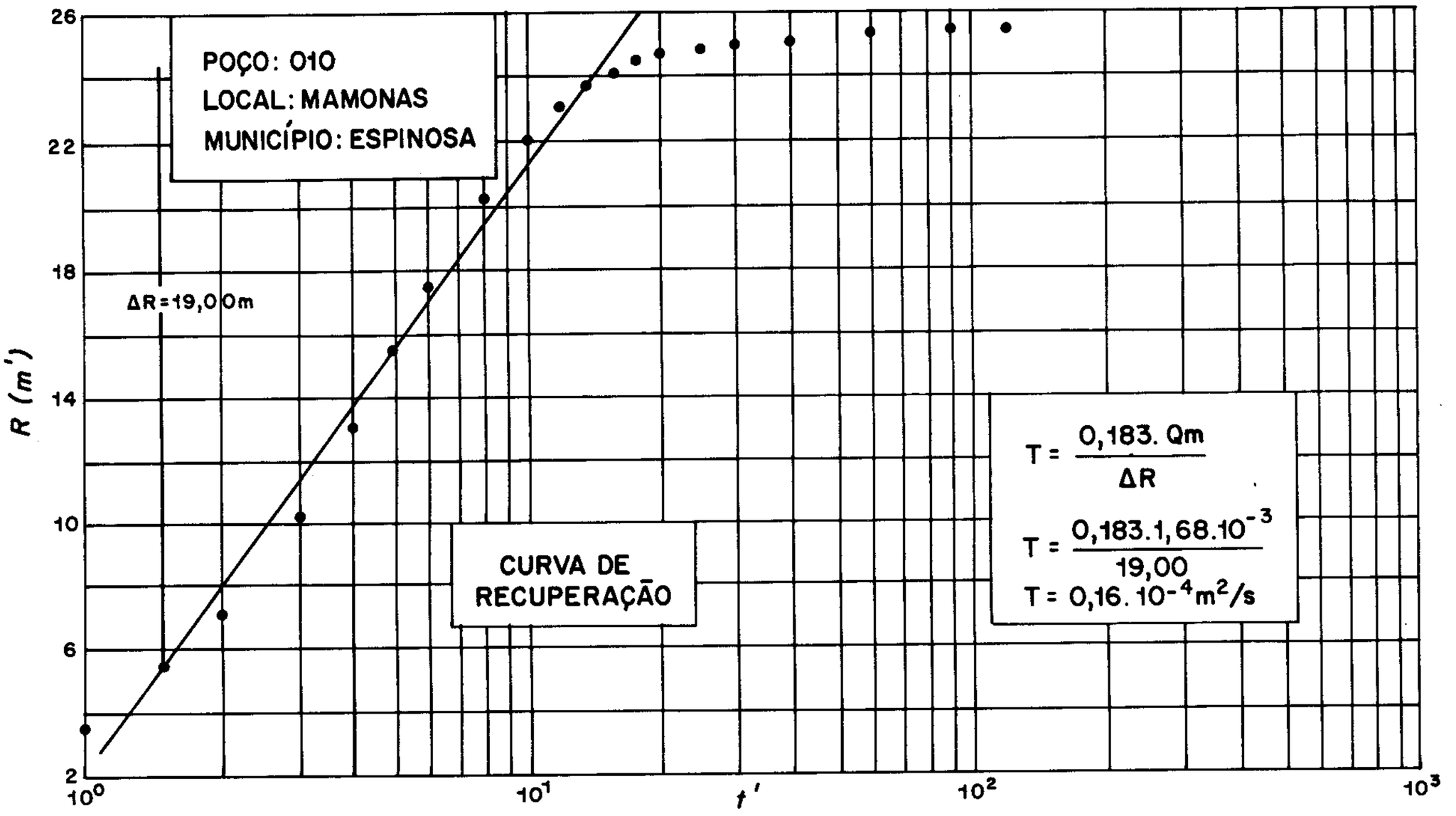


Figura 3.6 – Curva de recuperação do poço nº 10.

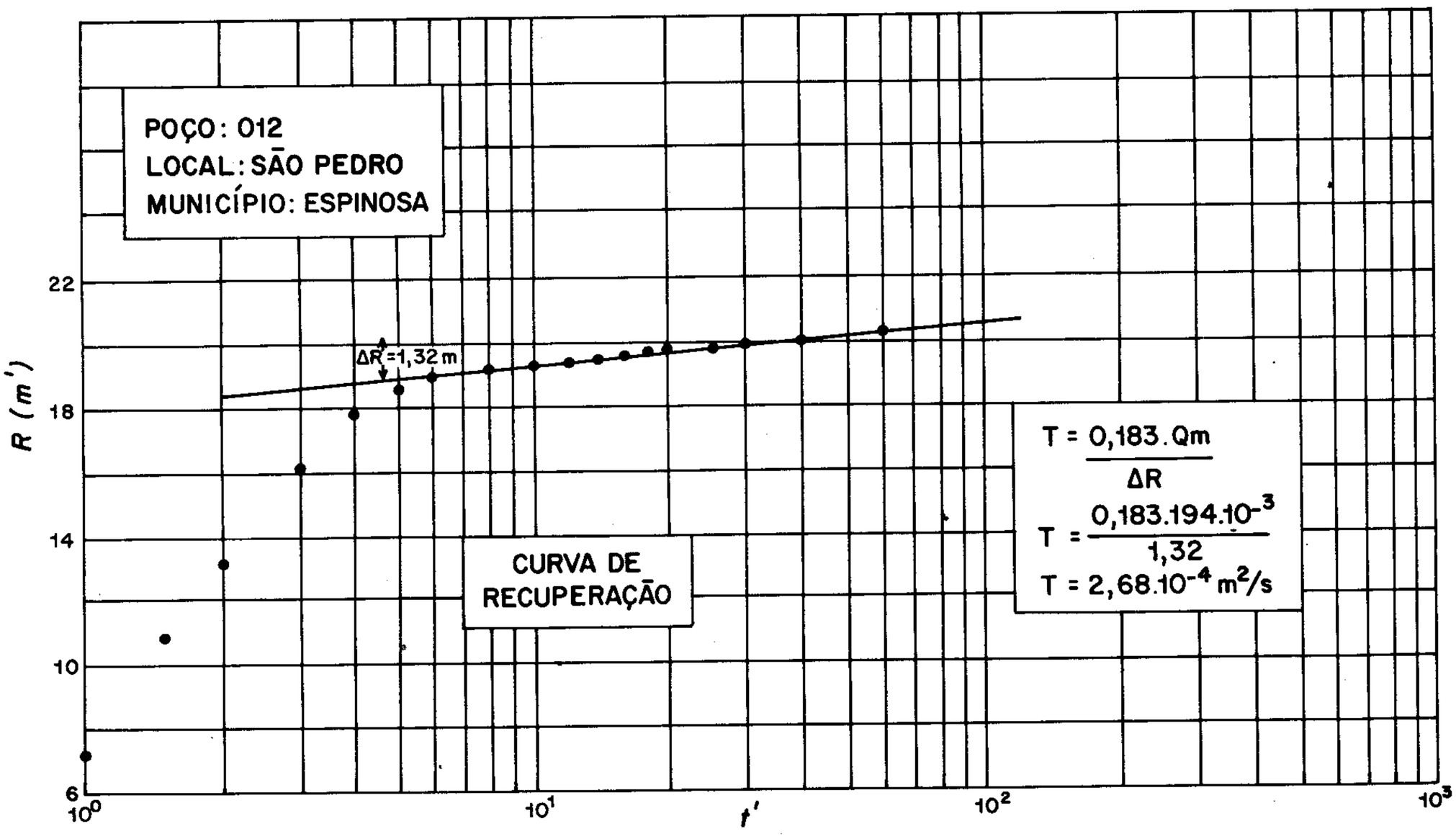


Figura 3.7 – Curva de recuperação do poço nº 12.

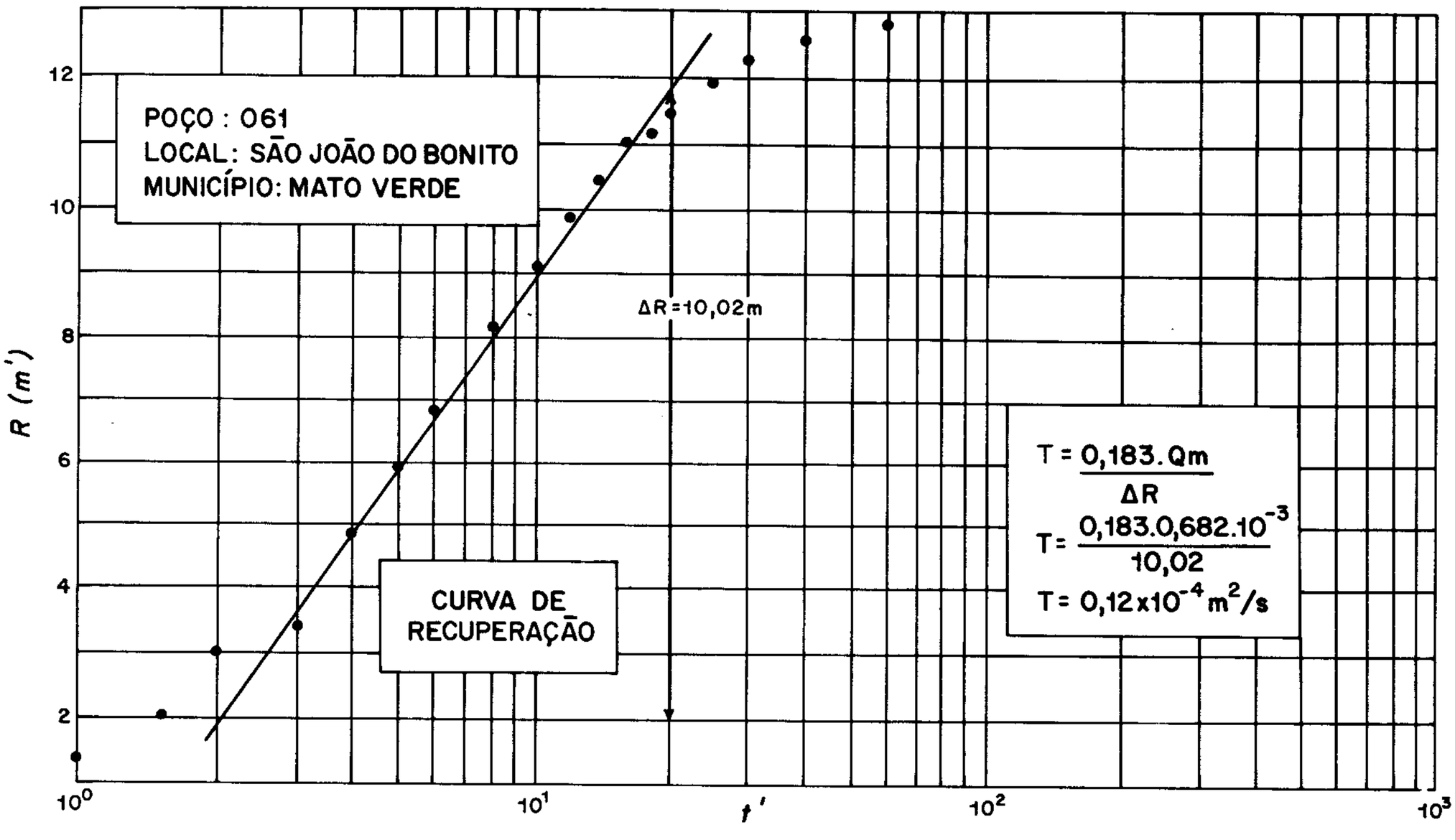


Figura 3.8 – Curva de recuperação do poço nº 61.

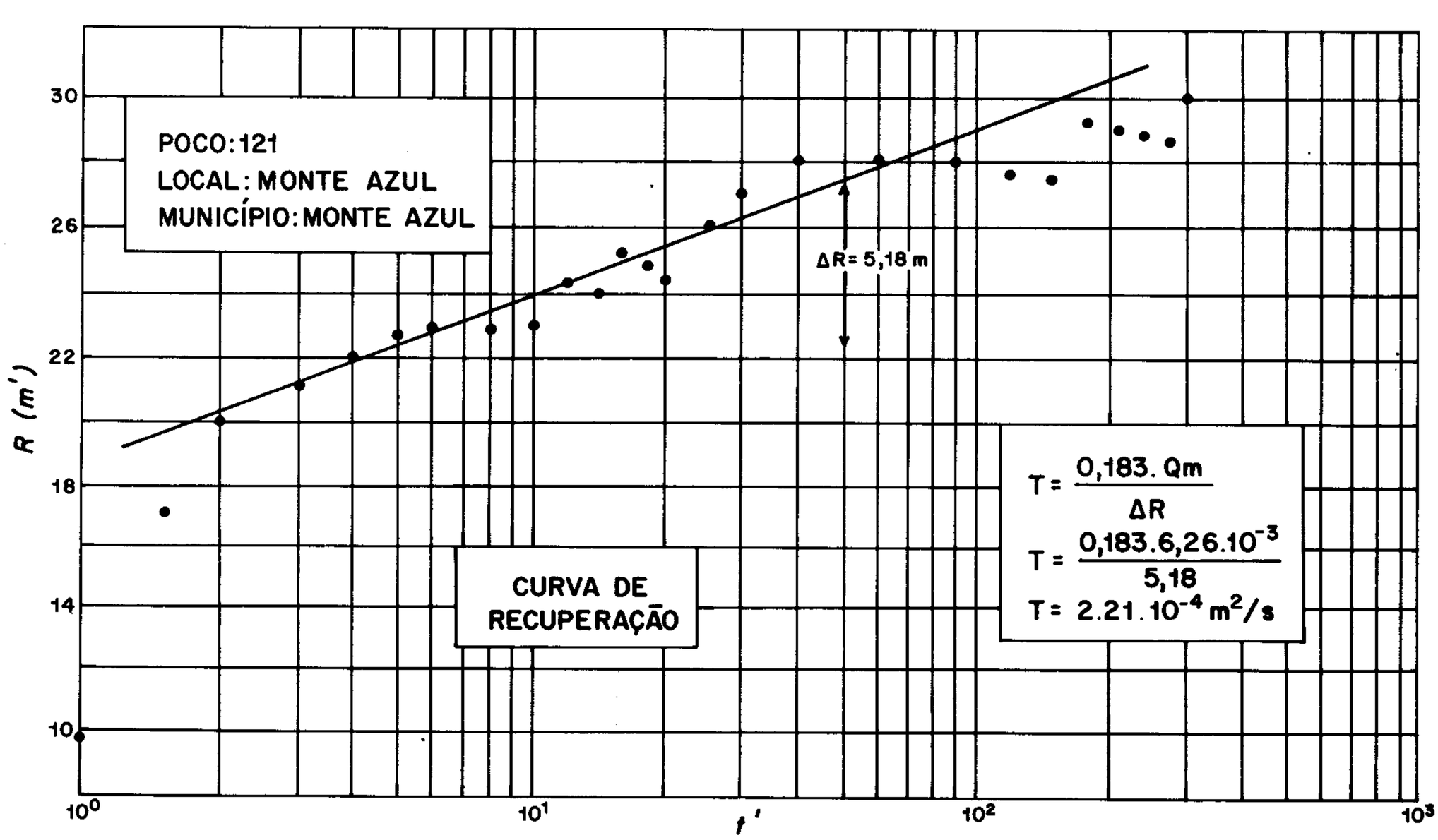


Figura 3.9 – Curva de recuperação do poço nº 121.

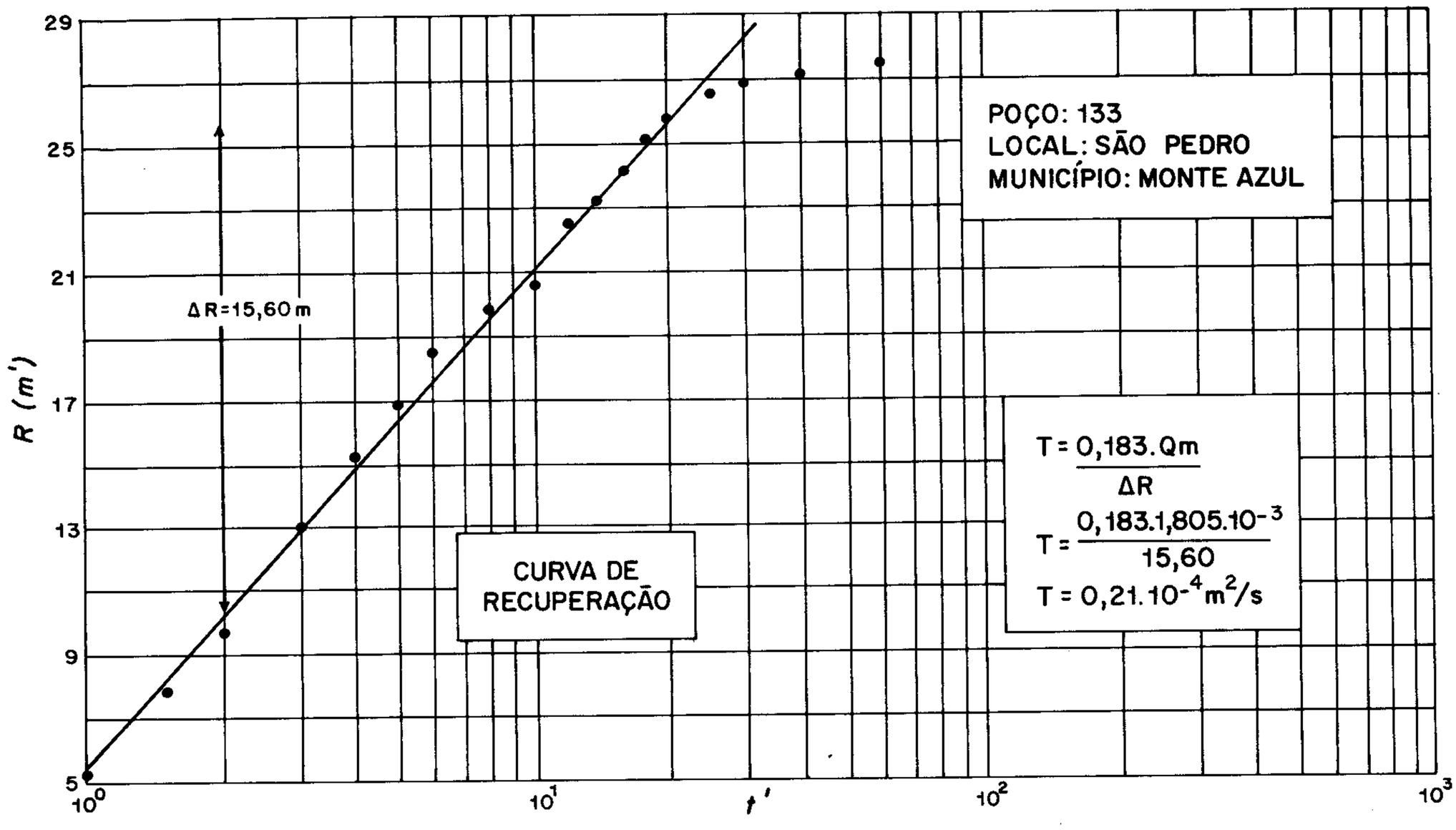


Figura 3.10 – Curva de recuperação do poço nº 133.

importância foi definida levando-se em conta o relevo suave, águas de boa qualidade, existência de fraturamento aberto e realimentação garantida a partir das coberturas indiferenciadas. Nesta área, a leste da Serra do Espi-nhaço, o fator "necessidade" não é muito importante pelo fato de existir água de superfície suficiente para o consumo local. As áreas de ocorrência de granitóides, gnaisses e migmatitos merecem essa classificação pelo fato de apresentarem poços com boas vazões para essas litologias, um razoável fraturamento, relevo plano, qualidade de água razoável e grande demanda em função da concentração populacional no local.

3 – Importância hidrogeológica relativa local muito pequena

Nesta classe também estão incluídos quartzitos, granitóides, gnaisses e migmatitos. A área de ocorrência dos quartzitos é aquela onde o relevo apresenta-se moderado, a rocha mostra-se bastante fraturada com inúmeras fraturas abertas, águas de boa qualidade; porém não há necessidade de água subterrânea em face da abundância de água de superfície. Os granitóides, gnaisses e migmatitos, situados a oeste da serra do Espinhaço, foram considerados como pertencentes a essa classe pelo fato de apresentarem poços com baixas vazões, relevo desfavorável em alguns locais, principalmente na borda da serra, menor densidade de fraturas e baixa densidade demográfica, que implica em menor demanda de água. As coberturas terciário-quaternárias (TQci) incluídas nesta classe, cobrem, no setor oriental, rochas xistosas e quartzíticas em áreas de relevo desfavorável e sem necessidade de água de subsuperfície. As rochas do Grupo Macaúbas, inseridas nesta categoria, abrangem pequena área no limite leste da fo-

Quadro 3.1 – Valores de *T* do sistema aqüífero fraturado.

Poço Bombeado	Transmissibilidade (m /s
010	$0,16 \times 10^{-4}$
012	$2,68 \times 10^{-4}$
061	$0,12 \times 10^{-4}$
121	$2,21 \times 10^{-4}$
133	$0,21 \times 10^{-4}$

lha, constituindo a Serra da Bocaina, prolongamento da Serra Central. Esta área apresenta relevo acidentado, pequena ocupação humana e acesso precário.

4 – Importância hidrogeológica relativa local negligenciável

Esta categoria reúne metatexitos, micaxistos, meta-vulcânicas, metaconglomerados e quartzitos. O conjuntoAürepresentado por metatexitos, micaxistos, xistos, metavulcânicas e metaconglomerados é bastante desfavorável no que diz respeito à ocorrência de água subterrânea pois, de um modo geral, o fraturamento nele encontrado é quase sempre fechado, a declividade é elevada (10% a 20%), há pouca necessidade de água subterrânea em função da existência de água de superfície suficiente e baixa densidade demográfica. OsAüquartzitos também tiveram parte de sua área de ocorrência incluída nessa classe pela posição topográfica que ocupam no topo da Serra do Espinhaço, abrangendo uma área praticamente desabitada, de acesso precário e sem necessidade de água subterrânea, pois a água de superfície existente na região supre a demanda.

A importância hidrogeológica relativa local das coberturas quaternárias (Qco) e terciário-quaternárias (TQci), embora caracterizadas como sistemas aqüíferos, se resume no fato de que a principal função que as mesmas desempenham é a de contribuir para a realimentação dos sistemas aqüíferos subjacentes. No caso presente, o sistema é constituído pelos gnaisses/migmatitos e granitóides no setor ocidental e pelos quartzitos e metatexitos no setor oriental.

3.3 Condições das Áreas de Exposição dos Sistemas Aqüíferos

Para a Folha Monte Azul foram definidas cinco áreas bem distintas de condições de exposição dos aqüíferos, levando-se em conta, principalmente, a litologia, o relevo e o grau de aproveitamento do solo. Estas cinco áreas, que são apresentadas no mapa de encarte (escala 1:250.000), apresentam as características seguintes:

1 – Área de recarga em aqüíferos intergranulares sobrepostos à aqüíferos fraturados descontínuos, sujeita a inundações periódicas.

Esta área corresponde às aluviões. Embora seja um aqüífero com boa produtividade e importância hidrogeológica relativa local mediana, funciona também como alimentador dos aqüíferos fraturados subjacentes. Devido à posição dessa área sempre em cotas mais baixas, quando os cursos d'água ultrapassam o seu leito normal em virtude de chuvas fortes, ela sofre alagamento.

2 – Área de recarga em coberturas inconsolidadas sobre aqüíferos fraturados.

É representada pelas coberturas indiferenciadas do Quaternário e do Terciário-Quaternário. Essas coberturas constituem importantes áreas de recarga para os aqüíferos fraturados subjacentes, notadamente nas áreas onde se localizam as fraturas abertas.

3 – Área de recarga em aqüífero fraturado com relevo acidentado.

Definida pela parte mais elevada da Serra do Espinhaço, é constituída de quartzitos bastante fraturados que facilitam sobremaneira a rea-

Quadro 3.2 – Síntese dos poços bombeados.

Informações sobre o ensaio / Poços	Objetivo	Localização	Informações sobre a sondagem	Características técnicas	Condições de realizaçao	Interpretação	Tabelas e curvas
010 – Mamonas Mun. de Espinosa	Determinar o coeficiente de transmissibilidade do sistema aqüífero fraturado	Longitude 42°57'18" Latitude 15°03'00"	Poço perfurado pela T-JANER em novembro de 1980.	Profundidade: 60,00m Diâmetro de Perfuração 306mm (0,00-2,00m) 297mm (2,00-3,50m) 212mm (3,50-4,00m) 150mm (4,00-60m) Diâmetro de revestimento 150mm (+0,90-4,00m) Filtros: não foram empregados Nível Estático: 0,85m	Ensaio realizado em novembro de 1980 pela T-JANER com compressor Atlas Copco BT 314 e obtendo-se uma vazão média de 6,05m^3/h. O bombeamento foi realizado durante 24 horas e a recuperação observada durante 1 hora.	Método de Jacob	Tabela 3.1 Curva de recuperação 3,6
012 – São Pedro Mun. de Espinosa	Idem	Longitude 42°49'29" Latitude 15°02'25"	Poço perfurado pela Hidropoços em abril de 1984	Profundidade: 60,00m Diâmetro de Perfuração 250mm (0,00-4,00m) 200mm (4,00-10,77m) Diâmetro de revestimento 150mm (+0,92-10,77m) Filtros: não foram empregados Nível Estático: 2,10m	Ensaio relizado pela COPASA em junho de 1984 com compressor Wayne 60 PCM obtendo-se uma vazão média de 6,98m^3/h. Bombeamento executado em 24 horas e recuperação observada durante 1 hora.	Método de Jacob	Tabela 3.1 Curva de recuperação 3,6
061 – São João do Bonito Mun. de Mato Verde	Idem	Longitude 42°50'04" Latitude 15°19'25"	Poço perfurado pela Hidrorizonte em novembo de 1981.	Profundidade: 25,00m Diâmetro de revestimento 150mm (+0,55-20,00m) Nível Estático: 3,25m	Ensaio realizado pela COPASA em novembro de 1981 com compressor Wayne 60 PCM, obtendo-se uma vazão média de 2,45m^3/h. Bombeamento feito durante 15 horas e recuperação durante 1 hora.	Método de Jacob	Tabela 3.1 Curva de recuperação 3,7
121 – Monte Azul Mun. de Monte Azul	Idem	Longitude 42°52'34" Latitude 15°03'00"	Poço perfurado pela Hidropoços em setembro de 1984	Profundidade: 103,00m Diâmetro de revestimento 150mm (+0,65-22,00m) Nível Estático: 3,30m	Ensaio realizado pela COPASA em setembro de 1984 com compressor de 125 PCM, obtendo-se uma vazão média de 22,54m^3/h. Bombeamento feito durante 24 horas e recuperação observada durante 5 horas.	Método de Jacob	Tabela 3.1 Curva de recuperação 3,8
133 – São Pedro Mun. de Monte Azul	Idem	Longitude 42°49'27" Latitude 15°03'21"	Poço perfurado pela CAMIG em julho de 1981	Profundidade: 66,00m Diâmetro de Perfuração 220mm (0,00-21,00m) 200mm (21,00-66,00m) Diâmetro de revestimento 150mm (+0,59-13,30m) Filtros: 2,70m (18,30-21,00) Nível Estático: 6,03m	Ensaio realizado pela COPASA em julho de 1981 com compressor Wayne 60 PCM obtendo-se uma vazão média de 6,49m^3/h. Bombeamento executado em 18 horas e recuperação observada durante 1 hora.	Método de Jacob	Tabela 3.1 Curva de recuperação 3,10

limentação do aqüífero na parte oriental da folha, pois, o sentido geral de mergulho das camadas quartzíticas é para leste e a água que se infiltra no topo da serra escoa nesse sentido.

4 – Área de recarga/descarga em aqüífero fraturado com relevo moderado a plano.

Abrange as áreas a leste da Serra do Espinhaço, na bacia do rio Pardo, onde ocorrem rochas quartzíticas intensamente fraturadas, em parte capeadas por coberturas indiferenciadas, e apresentando pequenas nascentes que definem esta também como área de descarga.

5 – Área de rochas impermeáveis a semipermeáveis com infiltração negligenciável.

Corresponde às áreas de ocorrência de gnaisses, migmatitos, granitóides, xistos, xistos quartzosos, metatexitos, metaconglomerados, paraconglomerados, metavulcânicas e micaxistos. Nessas áreas, a infiltração é dificultada pelo caráter essencialmente areno-argiloso das coberturas indiferenciadas que as recobrem, e também devido às escassas fraturas abertas que apresentam.

3.4 Vulnerabilidade dos Aqüíferos à Poluição

A vulnerabilidade dos aqüíferos à poluição é caracterizada pela maior ou menor facilidade destes em sofrer contaminação por agentes externos. No caso da Folha Monte Azul, tomando por base a escala de vulnerabilidade elaborada por Foster (*op.cit.*) através do "Sistema DIOS para Avaliação do Índice de Vulnerabilidade do aqüífero" (abordado no item 1.6.6) foram definidas quatro classes de vulnerabilidade (negligenciável, baixa, mode-rada e alta), apresentadas no mapa de encarte (escala 1:250.000) por meio de hachuras:

a) Vulnerabilidade negligenciável – foi definida para as áreas de ocorrência dos xistos, xistos quartzosos, metaconglomerados, metavulcânicas e micaxistos. Nessas áreas, a vulnerabilidade é mínima devido à baixa permeabilidade (fraturamento não muito intenso com fraturas, em grande parte, fechadas), relevo acidentado, ocupação humana reduzida e presença de manto de intemperismo argiloso.

b) Vulnerabilidade baixa – corresponde às coberturasAüindiferenciadas. Nesses sedimentos, apesar da composição predominantemente areno-argilosa, a permeabilidade vai de média a baixa e a profundidade da superfície do freático, muito variável durante o ano, é normalmente de mais de 10m. Devido à posição topográfica, com a base acima da superfície das rochas que lhes servem de leito, o sistema está em constante renovação de suas águas e o risco de contaminação, embora em menor escala, já está presente, podendo comprometer não só este sistema como também o sistema subjacente para o qual transmite parte da água que recebe.

c) Vulnerabilidade moderada – esta classe está restrita às aluviões. Neste caso, o risco de contaminação existe, considerando que nas áreas de ocorrência das aluviões é maior a concentração humana, devido à fertilidade do solo e maior facilidade para obtenção de água; e, que a composição, essencialmente arenosa, e a permeabilidade alta, facilitam a infiltração das águas de chuva que carreiam o material contaminante que estiver na superfície do solo. A pouca profundidade do lençol aumenta a sua vulnerabilidade.

d) Vulnerabilidade alta – definida para as áreas de ocorrência dos gnaisses/migmatitos, granitóides, quartzitos e metatexitos que constituem os sistemas aqüíferos fraturados. Nessas áreas, a facilidade de contaminação está

sempre presente, principalmente em função do fraturamento que é a via de comunicação preferencial entre o meio externo e os depósitos hídricos subterrâneos.

3.5 Uso Atual e Condições de Exploração

No âmbito da Folha Monte Azul, a água subterrânea se destina aos seus três usos mais nobres: suprir as necessidades da população, dos animais e da lavoura, notadamente a oeste da Serra do Espinhaço onde o índice de chuvas é bem menor que a leste, e a densidade demográfica é maior.

A análise das informações coletadas *in loco* acerca da destinação da água obtida dos pontos cadastrados, mostra que, do total de 168, eliminados 4 poços tubulares secos e 14 pontos sem informações sobre a real utilização da água, 52% são destinados ao uso doméstico, 42% para dessedentação dos animais e apenas 6% para a irrigação das lavouras.

Apesar de não terem sido obtidos dados suficientes para se quantificar os volumes consumidos em cada uma das três destinações citadas, pode-se afirmar que o setor que mais utiliza água subterrânea é a pecuária, vindo a seguir a lavoura e por último o consumo humano. Embora pareça estranho o fato de estarem os percentuais de destinação dos poços em desacordo com a utilização da água, isto pode ser explicado pelas seguintes observações:

1 – os dados disponíveis acerca do regime de bombeamento praticado nos poços, mostram que os maiores volumes de água são utilizados na pecuária e na lavoura;

2 – o regime de bombeamento é irregular, e em muitos casos, o poço só é utilizado na época das secas, passando a maior parte do ano inativo;

3 – a população, devido ao caráter salobro a salino deAügrande parte das águas subterrâneas da região, reluta em usá-las principalmente para beber, preferindo fazer captações de pequenas drenagens na Serra do Espi-nhaço através de canos e mangueiras, em distâncias de até 20km.

No que diz respeito à relação entre os usos de água subterrânea e de outras fontes hídricas, observa-se que na área em questão ocorrem duas situações distintas:

1 – na região a oeste da Serra do Espinhaço onde está concentrada a maioria dos poços tubulares, a água subterrânea é a principal fonte de recursos hídricos;

2 – a leste da mesma serra, por razões já anteriormente citadas (como maior índice de chuvas, grande número de nascentes, etc.), tem água de superfície de melhor qualidade e menor custo de captação, suficiente para suprir as necessidades locais e, por isso, constitue no momento, a única fonte de suprimento hídrico utilizada.

Os sistemas aqüíferos mais explorados na área são, em ordem decrescente, o definido pelas rochas fraturadas, o das aluviões e aquele constituído pelas coberturas indiferenciadas.

O sistema aqüífero definido pelas rochas fraturadas é explorado através de poços tubulares profundos (média 66m) com profundidade máxima de 120m. A exploração desse aqüífero se processa, praticamente, apenas na porção ocidental da área, onde estão concentrados 97,6% dos poços tubulares, perfurados em rochas gnáissicas, migmatíticas e granitóides da Associação Gnáissico-Migmatítica.

O sistema aqüífero representado pelas aluviões é explorado por meio de poços escavados, de grande diâmetro, denominados "cisternas", principalmente no vale do rio Pardo, porção oriental da folha. Estes poços, com

profundidade mínima de 4m e máxima de 18m, produzem água de boa qualidade e em quantidade suficiente para suprir as necessidades das populações ribeirinhas.

O sistema caracterizado pelas coberturas indiferenciadas é mais explorado na porção oriental da folha através de poços escavados de grande diâmetro e com profundidade mínima de 7,30m e máxima de 18,45m. Fornecem água de boa qualidade suficiente para a demanda doméstica.

O manto de intemperismo, embora não tenha sido definido explicitamente como um sistema aqüífero, fornece razoável quantidade de água de boa qualidade, e é localmente explorado através de poços escavados com profundidade mínima de 4,42m e máxima de 18m.

A exploração dos sistemas aqüíferos caracterizados na área é feita através de poços tubulares, poços escavados e captação de nascentes.

Os poços tubulares normalmente possuem revestimento metálico ou de PVC rígido, com diâmetro de 6" em sua maioria. Os equipamentos de bombeamento comumente usados são o sistema *air-lift* e bomba submersa. Os reservatórios com capacidade variando de 3 a 300m , podem ser metálicos, de fibra de vidro ou de concreto armado.

Os poços escavados, conhecidos na região como "cisternas", geralmente são equipados com sarilho ou, em alguns casos, com bombas de sucção de pequena capacidade. O revestimento, quando existe, é feito de tijolos ou com manilhões.

Nas captações de fontes, como corre na localidade de Santo Antônio do Retiro, município de Rio Pardo de Minas, são feitas pequenas barragens, de onde a água é bombeada para um reservatório situado em local mais elevado e daí é distribuída, por gravidade, para as comunidades.

Devido à agressividade das águas subterrâneas da região, em geral de elevado teor salino, seria desaconselhável o uso de reservatórios metálicos, por apresentarem grande facilidade de corrosão, perdendo sua utilidade rapidamente.

Na cidade de Monte Azul, a água distribuída à população pela COPASA, provém de poço tubular e também das barragens de Cana-Brava e Estreito (município de Espinosa, divisa de Minas Gerais-Bahia), principalmente na época da estiagem. A água não recebe tratamento, sendo fornecida à população *in natura*. Na cidade de Mato Verde a água, distribuída através de uma rede com mais de 23km de extensão, é tratada e provém de pequena barragem do rio Viamão, onde é feita a captação com a vazão de 24 l/s. As localidades existentes na área são abastecidas através de poços tubulares (Pajeú, Catutí, São João do Bonito, Rebentão, Pedreira, Landim, Bonita I e II) ou de captações de nascentes (Santo Antônio do Retiro, Mamonas, Cana-Brava) com a água sendo fornecida sem tratamento. O município de Monte Azul, o mais castigado pela seca, vem desenvolvendo esforços no sentido de minimizar o problema da falta de água, com a construção de barragens. Na localidade de Cana-Brava, distante cerca de 16km a SW de Monte Azul, foi construída uma barragem no rio Cana-Brava com capacidade de armazenamento de 720.000m^3 cujo projeto prevê, através de recalque, levar esta água até a Serra do Ginete e daí por gravidade até a cidade de Monte Azul. Outra barragem foi construída na confluência dos córregos Angical e da Serra, aproximadamente a 5km a leste de Monte Azul, cuja capacidade é de 1.000.000m^3 e será utilizada para abastecimento, irrigação e peixamento.

3.6 Qualidade das Águas

3.6.1 Generalidades

O estudo hidroquímico das águas subterrâneas, no âmbito da Folha Monte Azul, teve por finalidade determinar a qualidade dessas águas para o consumo humano, animal, irrigação e uso industrial. Durante a etapa de campo, foram coletadas 29 amostras para análise físico-química, sendo 25 em poços tubulares, 2 em poços escavados e 2 em nascentes. Também foram coletadas 4 amostras para determinação de resíduos de defensivos agrícolas em 2 poços tubulares e 2 poços escavados. Segundo a litologia, foram amostrados 21 poços tubulares e 1 nascente na área de ocorrência da Associação Gnáissico-Migmatítica, 1 poço escavado nos metatexitos da Associação Pré-Espinhaço, 2 poços tubulares e 1 nascente nos quartzitos do Supergrupo Espinhaço e 01 poço escavado em aluvião do rio Pardo.

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Sedimentometria e Qualidade das Águas (SECLAB -SUREG/BH), sendo feitas as determinações de pH, condutividade elétrica em micromhos/cm, alcalinidade e dureza total em mg/l de $CaCO_3$, resíduo seco a 110°C em mg/l e dos constituintes principais Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^{-}, Cl^{-}, SO_4^{--}, além de NO_2^{-}, NO_3^{-}, Fe^{+++} e Mn^{+}, em mg/l. Os valores são apresentados no catálogo geral de pontos d'água. Na interpretação dos resultados, sempre que necessário, esses valores foram convertidos em miliequivalentes por litro.

As análises para determinação de resíduos de defensivos agrícolas foram realizadas no Laboratório da Diretoria de Química Agrícola (DQA), pertencente à Secretaria de Estado da Agricultura e Pecuária do estado de Minas Gerais. Foram pesquisados vestígios dos compostos organoclorados Aldrin, D.D.T., Dieldrin, Endrin, H.C.B., Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Lindano, Metoxicloro e Clordane, sendo os resultados dados em microgramas por litro (µg/l).

Durante os trabalhos de campo procurou-se medir sempre que possível, a condutividade elétrica, a temperatura e o pH das águas subterrâneas da área.

Para elaboração do estudo hidroquímico que se segue foram consideradas 19 análises, cujos resultados estão dentro dos limites de erro permissível (Logan, 1965).

Além das análises das 29 amostras coletadas no projeto, foram catalogadas mais 12 análises fornecidas pelas empresas de perfuração de poços que atuam na área.

3.6.2 Composição Química

O grupo de amostras analisadas mostra uma ligeira predominância do ânion bicarbonato (47,4% do total) sobre os demais, e do cálcio (36,8%) entre os cátions.

Os resultados das análises considerados em conjunto mostram que apenas 36,8% das águas amostradas possuem condutividade elétrica inferior a 500 micromhos/cm, enquanto que cerca de 52,7% apresentam valores superiores a 1.000 micromhos/cm. O valor médio da condutividade é de 1.115,64 micromhos/cm. O grau de salinização das águas da região é elevado. No quadro 3.3, onde está representada a distribuição de freqüência dos resíduos secos, verifica-se que 42,1% apresentam um valor de resíduo seco inferior a 500mg/l e 47,4% ultrapassam 1.000mg/l. O resíduo seco médio é de 1.023,1mg/l.

Quanto ao pH, as águas procedentes de poços tubulares variam de neutras a básicas (6,6 a 8,7), as oriundas de poços escavados e

Quadro 3.3 – Distribuição de freqüência dos resíduos secos.

Resíduo Seco (mg/l)	Nº de Amostras	Freqüência (%)	
		Relativa	Acumulada
0 – 500	8	42,1	42,1
500 – 1.000	2	10,5	52,6
1.000 – 1.500	3	15,8	68,4
1.500 – 2.000	4	21,1	89,5
> 2.000	2	10,5	100,0

nascentes são neutras. Cerca de 36,8% dos valores são superiores a 8, sendo 8,7 o valor máximo e 6,l o mínimo.

A dureza apresenta um valor médio de 440mg/l de $CaCO_3$, ou seja 44,0°F. De acordo com a classificação de dureza de Klut Olszewski (quadro 3.4) 21%, das águas são classificadas como "muito moles", 5,3% são "moles", 10,5% são "algo duras" e 63,2% são "muito duras".

Quadro 3.4 – Classificação de dureza de Klut Olszewski

Dureza até 7°F	água "muito mole"
Dureza de 7 a 12°F	água "mole"
Dureza de 12 a 20°F	água "algo dura"
Dureza > 20°F	água "muito dura"
(1°F = 10mg/l de $CaCO_3$)	

3.6.3 Fácies Hídroquímicas

Na determinação das fácies hidroquímicas das águas amostradas foi utilizado o diagrama triangular da figura 3.11. Neste diagrama, foram plotados os valores percentuais de cada constituinte (cátions e ânions), obtidos transformando-se os valores dados em mg/l em meq/l. Na junção das três linhas que definem cada constituinte obtém-se um ponto que representa a amostra considerada.

Os tipos químicos das águas subterrâneas que ocorrem na área estudada, são apresentados em mapa de encarte (escala 1:250.000) através de linhas tracejadas que delimitam suas áreas de ocorrência, identificadas por duas letras minúsculas (ex.: água bicarbonatada de cálcio – bc). O quadro 3.5 mostra os tipos determinados, as siglas que os identificam no mapa e a sua freqüência relativa.

Quadro 3.5 – Tipos químicos de águas subterrâneas.

Tipos Químicos	Siglas	Freqüência Relativa (%)
Águas Bicarbonatadas		
a) Bicarbonatada de cálcio	bc	21,1
b) Bicarbonatada de sódio	bs	5,3
c) Bicarbonatada mista	bm	21,1
Águas Cloretadas		
a) Cloretada de cálcio	cc	10,5
b) Cloretada de magnésio	cm	5,3
c) Cloretada de sódio	cs	5,3
d) Cloretada mista	cm	15,6
Águas Sulfetadas		
a) Sulfetada de cálcio	sc	5,3
Águas Mistas		
a) Mista mista	mm	1-,5
Totais		100,0

Águas Bicarbonatadas

Este grupo reune as águas onde o ânion bicarbonato supera os demais. A salinidade, geralmente baixa, é muito variável e apresenta resíduo seco médio de 454mg/l, mínimo de 38mg/l e máximo de 1008mg/l. Em relação à dureza, 44,4% das amostras variam de "muito moles" a "algo duras", e 55,6% estão classificadas como "muito duras". São ligeiramente alcalinas com pH médio igual a 7,66, não sendo raros os valores superiores a 8. Dentro deste grupo predominam as bicarbonatadas de cálcio (21,1%) e mistas (21,1%). A maioria dessas águas é proveniente de poços tubulares perfurados em rochas da Associação Gnáissico-Migmatítica (gnaisses e migmatitos indivisos e granitóides).

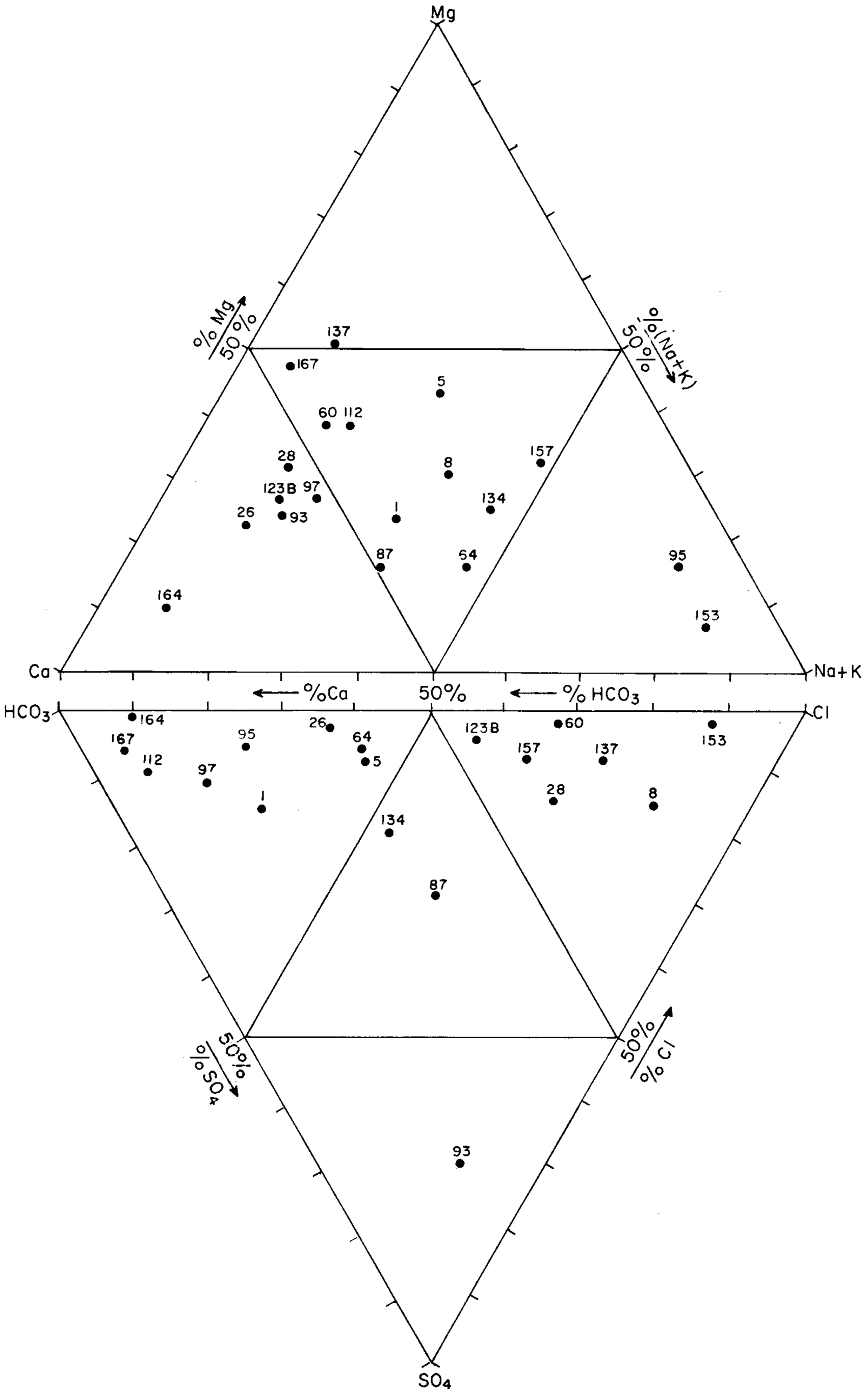


Figura 3.11 – Tipos químicos.

Águas Cloretadas

As águas pertencentes a este grupo são caracterizadas pela presença do ânion cloreto predominando sobre os restantes. A salinidade varia de fraquíssima a muito forte e o resíduo seco está entre 78mg/l e 3463mg/l, com um valor médio de 1596,8mg/l. Quanto à dureza, 28,6% destas águas são classificadas como "muito moles" e 71,4% como "muito duras". O pH é ligeiramente alcalino com valor médio de 7,57 e com 42,8% dos valores acima de 8. Neste grupo, predominam as águas cloretadas mistas (15,6%), vindo a seguir as cloretadas de cálcio (10,5%). A maior parte das amostras foram coletadas em poços tubulares perfurados em rochas da Associação Gnáissico-Migmatítica.

Águas Sulfatadas

Neste grupo predomina o ânion sulfato. A salinidade é média e o resíduo seco é de 1798mg/l. Quanto à dureza, são classificadas como "algo duras". O pH é 6,6, caracterizando águas ligeiramente ácidas. Água proveniente de poço tubular perfurado em rochas da Associação Gnáissico-Migmatítica.

Águas Mistas

Nestas águas não há predominância de um ânion sobre outro. Apresentam alta salinidade e o resíduo seco está entre 1175mg/l e 1196mg/l, com valor médio de 1185,5mg/l. Em relação à dureza, são águas "muito duras". O pH é alcalino e os valores estão acima de 8. São águas provenientes de poços tubulares perfurados em rochas da Associação Gnáissico-Migmatítica.

3.6.4 Nível e Tipos de Contaminação

Na área, a contaminação dos sistemas aqüíferos, se existe, ainda não atingiu níveis que possam ser detectados através de análises corriqueiras de águas subterrâneas. Pelo que foi constatado *in loco*, a longo prazo é possível que haja comprometimento da qualidade das reservas hídricas, não só subterrâneas como também superficiais, devido ao uso constante e em larga escala de defensivos agrícolas, principalmente nas lavouras de algodão e feijão.

Nas lavouras de algodão, os defensivos são aplicados duas vezes por ano e permanecem por vários anos no solo sem se degradarem. No caso das lavouras de feijão, existe mais um agravante: o fato destas lavouras estarem localizadas preferencialmente nas aluviões e, em caso de risco de contaminação, esta seria facilitada pela infiltração das chuvas, carreiando para o aqüífero os defensivos presentes no solo.

Com o objetivo de verificar a presença desse material contaminante nas águas subterrâneas da região, foram coletadas quatro amostras em pontos previamente escolhidos. As análises foram dirigidas para detectar a presença dos compostos Aldrin, D.D.T., Dieldrin, Endrin, H.C.B., Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Lindano, Metoxicloro e Clordane, principais defensivos agrícolas utilizados na região. Os resultados fornecidos pelo laboratório da Secretaria de Estado da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais, mostraram que os compostos pesquisados não foram detectados, o que descarta a possibilidade de estar ocorrendo contaminação do aqüífero a curto prazo. A longo prazo, todavia esta possibilidade não pode ser ignorada em virtude do volume de defensivos usado e da área de abrangência das culturas, onde são utilizados, como já foi dito anteriormente.

Outro detalhe observado durante os trabalhos de campo e que em determinadas situações pode facilitar a contaminação do aqüífero, é a inexistência de proteção sanitária em grande parte dos poços tubulares cadastrados, alguns situados em meio às lavouras já citadas.

3.6.5 Qualidade das Águas para Consumo Humano e de Animais, uso Industrial e Irrigação

Qualidade das Águas para Consumo Humano e de Animais

A qualidade das águas para consumo humano é determinada através do conhecimento de suas características físicas, químicas e bacteriológicas. No caso em apreço, foram determinadas apenas as características físicas e químicas. O conhecimento das características químicas permite determinar a potabilidade, que indica se uma água é ou não quimicamente adequada para o consumo da população.

A potabilidade foi determinada através dos padrões estipulados por Schoeller (1965), apresentados no quadro 3.6. Neste método, baseado na pressão osmótica do organismo humano, são considerados os constituintes principais das águas (Ca, Mg, Na, Cl, SO_4 em mg/l), associados ao resíduo seco e à dureza (grau hidrométrico). No presente trabalho, utilizou-se o diagrama logarítmico de Schoeller modificado por Berkaloff, que além de Ca, Mg, Na, Cl, SO_4 e dureza (°F) considera também K, HCO_3 e pH. Neste diagrama, foram lançadas todas as análises consideradas no estudo hidroquímico (figuras 3.12 a 3.16).

De acordo com esses padrões, a situação das águas amostradas em áreas de ocorrência de rochas da Associação Gnáissico-Migmatítica (sistema aqüífero fissurado), num total de 15 amostras (14 de poços tubulares e 1 de nascente), pode ser resumida no quadro 3.7, onde são indicadas as frequências relativas do número de amostras para cada condição de potabilidade permanente em função dos parâmetros considerados.

As águas amostradas na Associação Pré-Espinhaço, no Supergrupo Espinhaço e nas aluviões, num total de 4 amostras, apresentam, para todos os parâmetros do quadro 3.6, potabilidade permanente boa.

Nas figuras 3.12 a 3.16 estão plotadas, em diagramas logarítmicos de Shoeller-Berkaloff,

Quadro 3.6 – Padrões de potabilidade segundo Shoeller.

Parâmetros \ Potabilidade	Boa	Passável	Medíocre	Má	Momentânea
Sabor a 20°C (pesada, amarga, salgada, etc.)	Agradável	Fracamente Perceptível	Pouco Pronunciado	Pouco Desagradável no Máximo	Desagradável
Resíduo seco	0 – 500	500 – 1.000	1.000 – 2.000	2.000 – 4.000	4.000 – 8.000
Na	0 – 115	115 – 230	230 – 460	460 – 920	920 – 1.840
Mg/12 + Ca/20	0 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 40	40 – 80
Grau Hidrométrico	0 – 25	25 – 50	50 – 100	100 – 200	200 – 400
Cl	0 – 177,5	177,5 – 355	355 – 710	710 – 1.420	1.420 – 2.840
SO4	0 – 144	144 – 288	288 – 576	576 – 1.152	1.152 – 2.304

– valores em mg/l

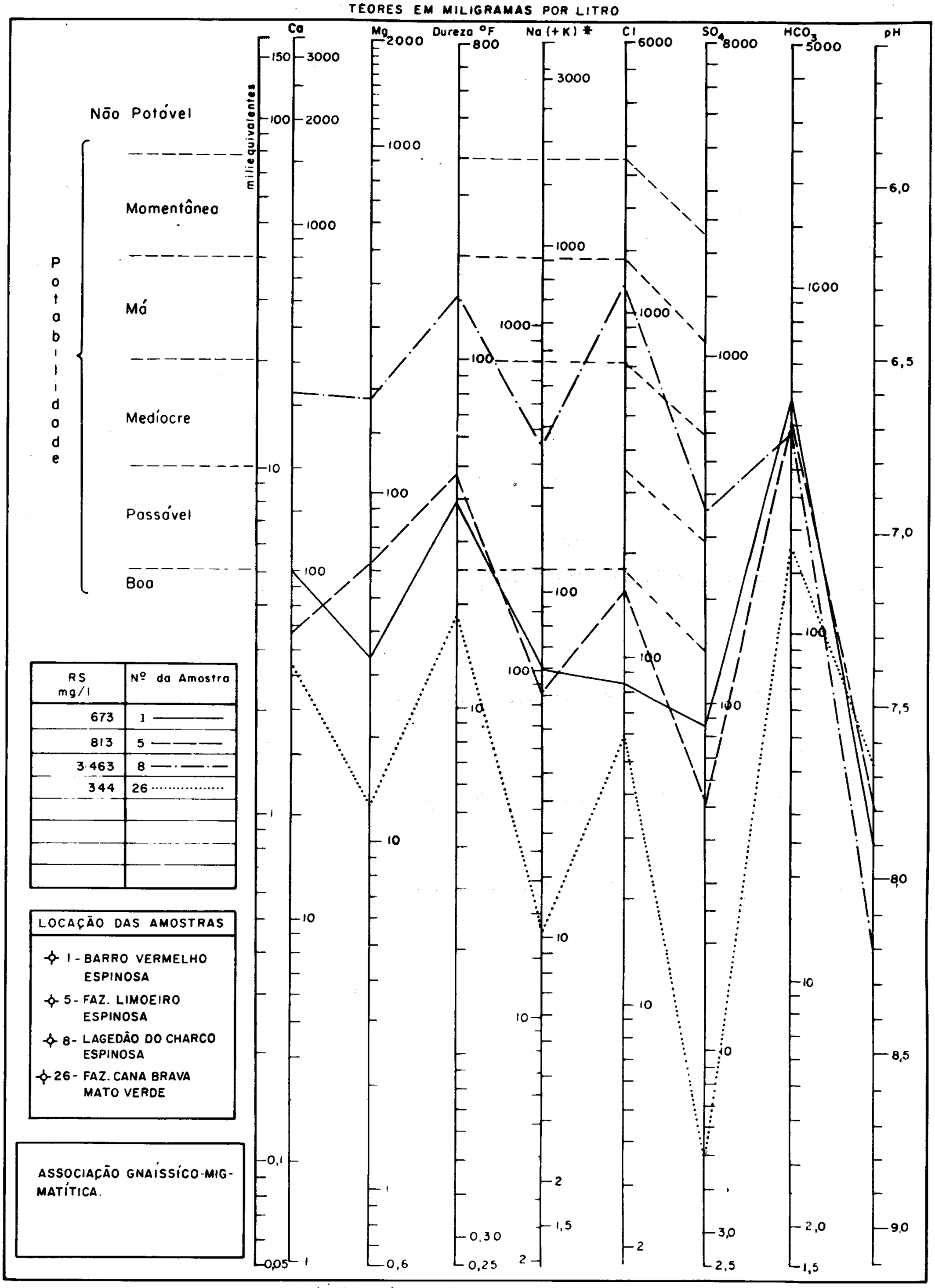


Figura 3.12 – Diagrama de análise d'água para os pontos 01, 05, 08 e 26.

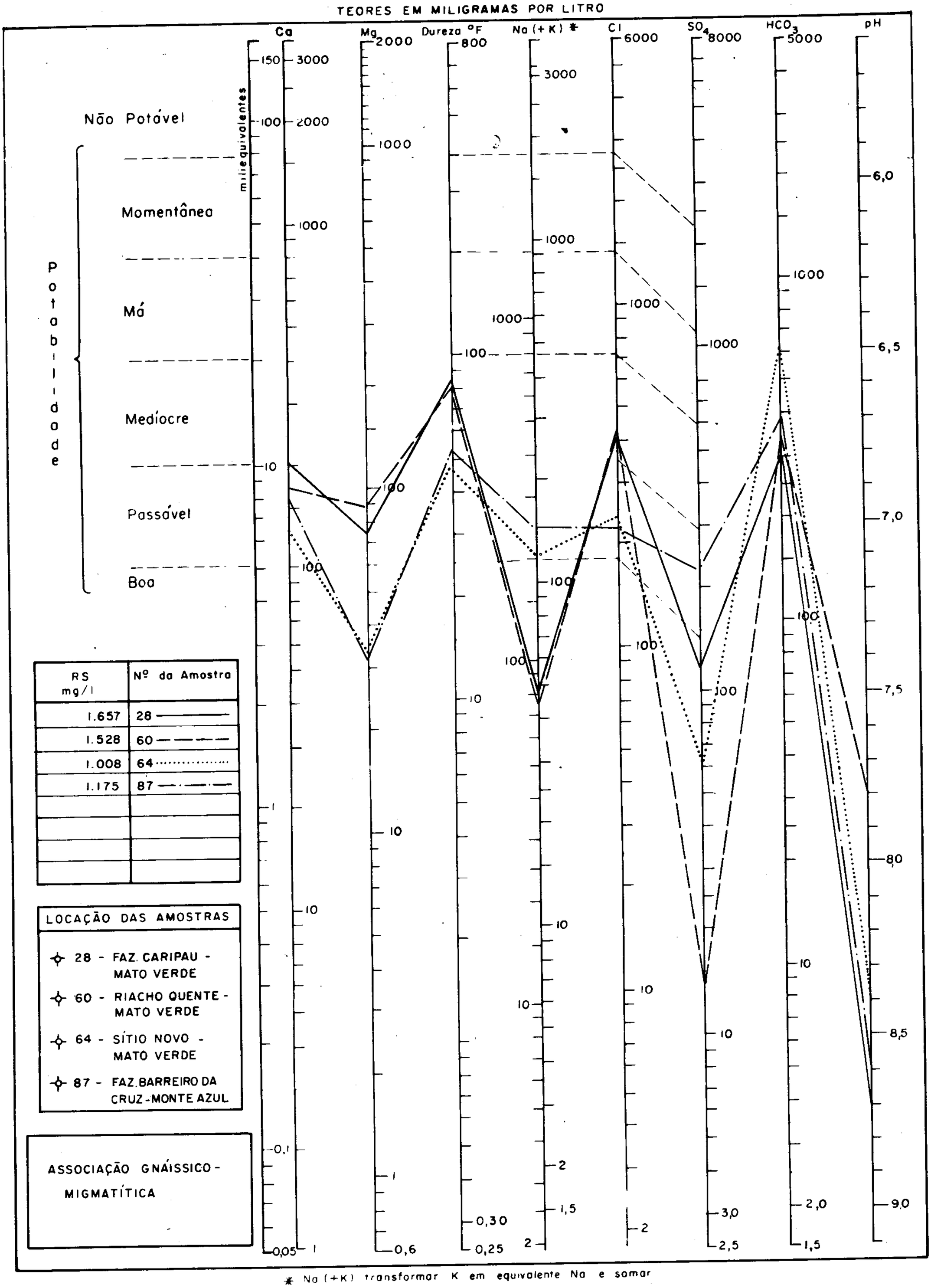


Figura 3.13 – Diagrama de análise d'água para os pontos 28, 60, 64 e 87.

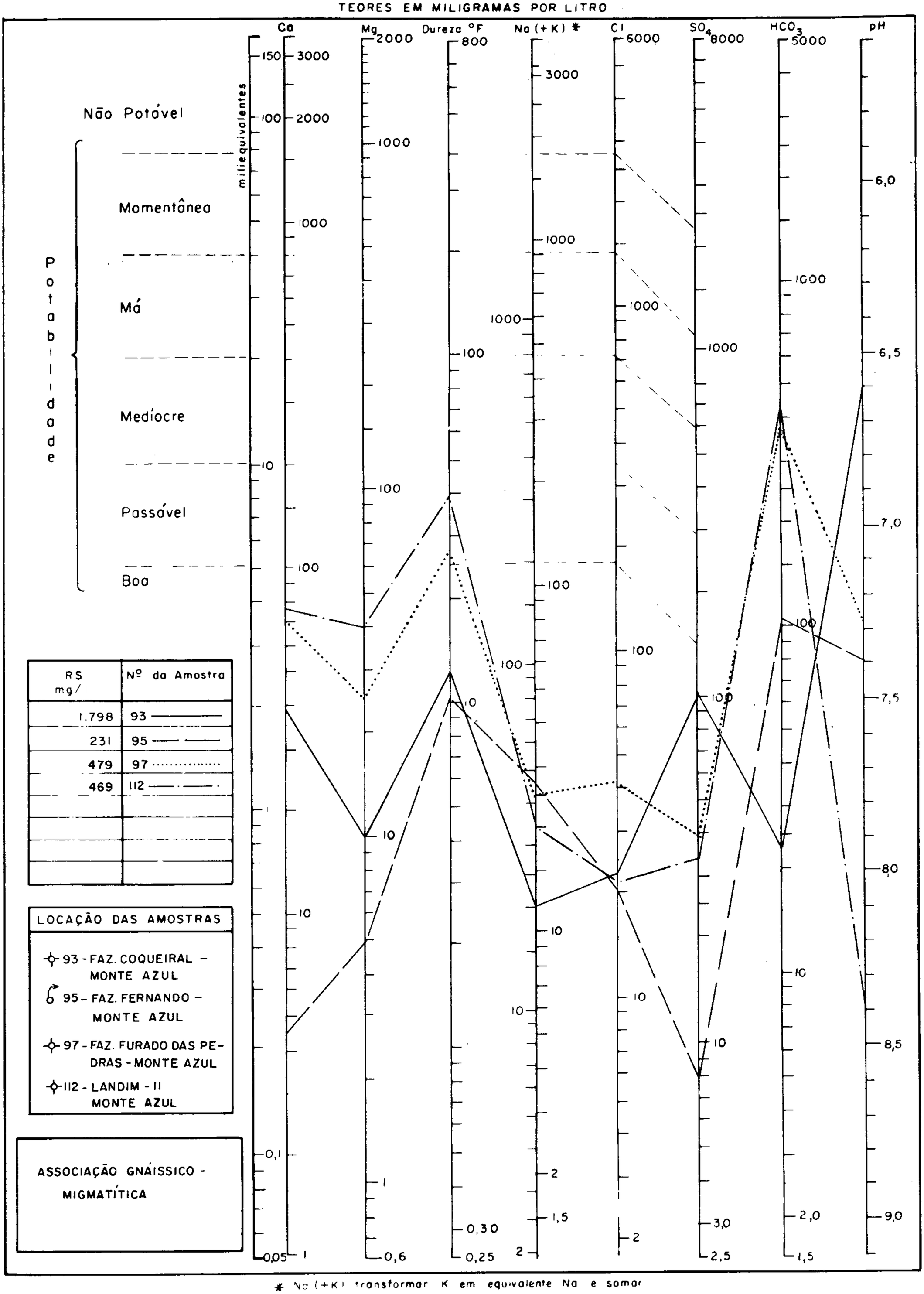


Figura 3.14 – Diagrama de análise d'água para os pontos 93, 95, 97 e 112.

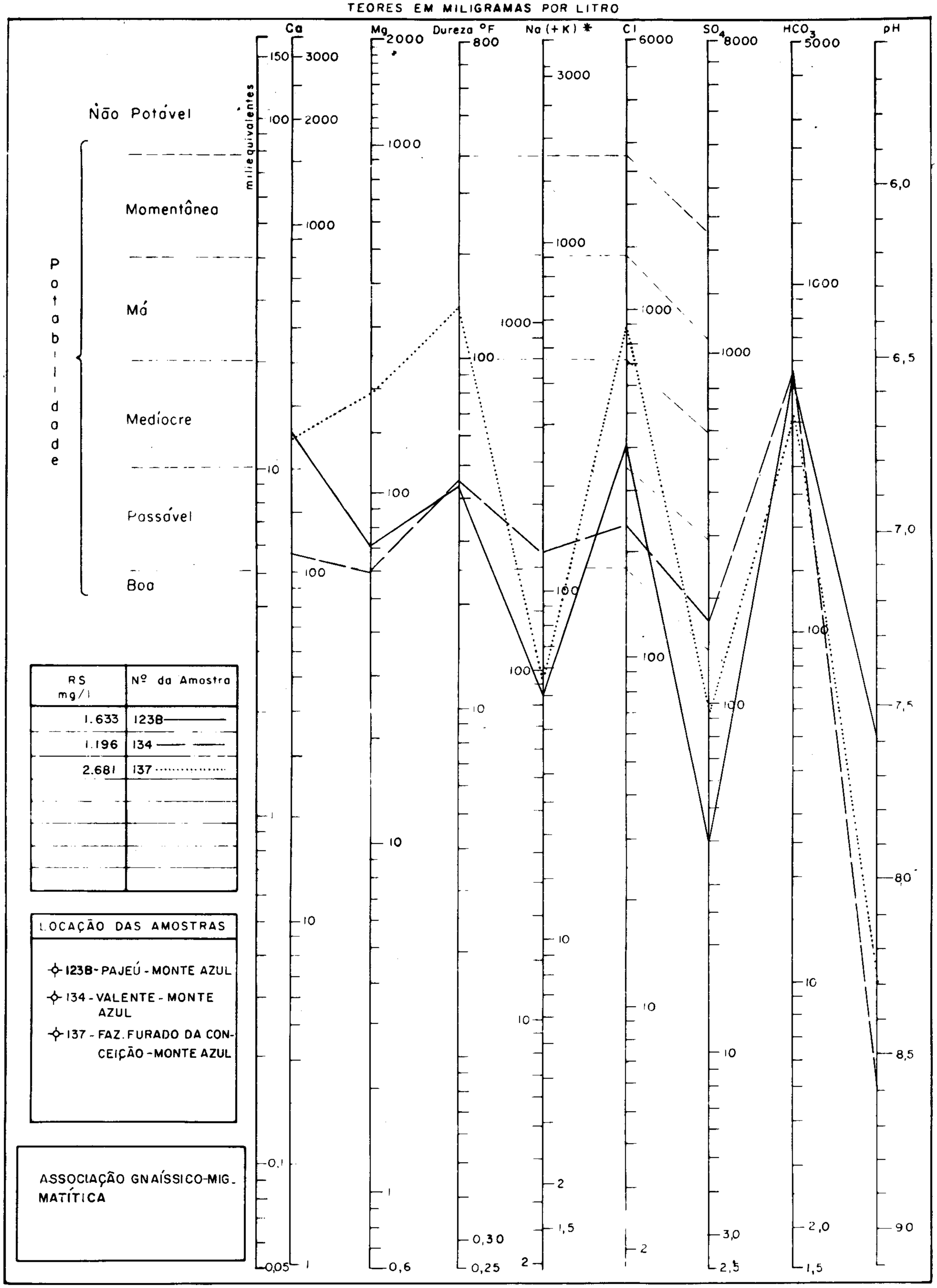


Figura 3.15 – Diagrama de análise d'água para os pontos 123, 134 e 137.

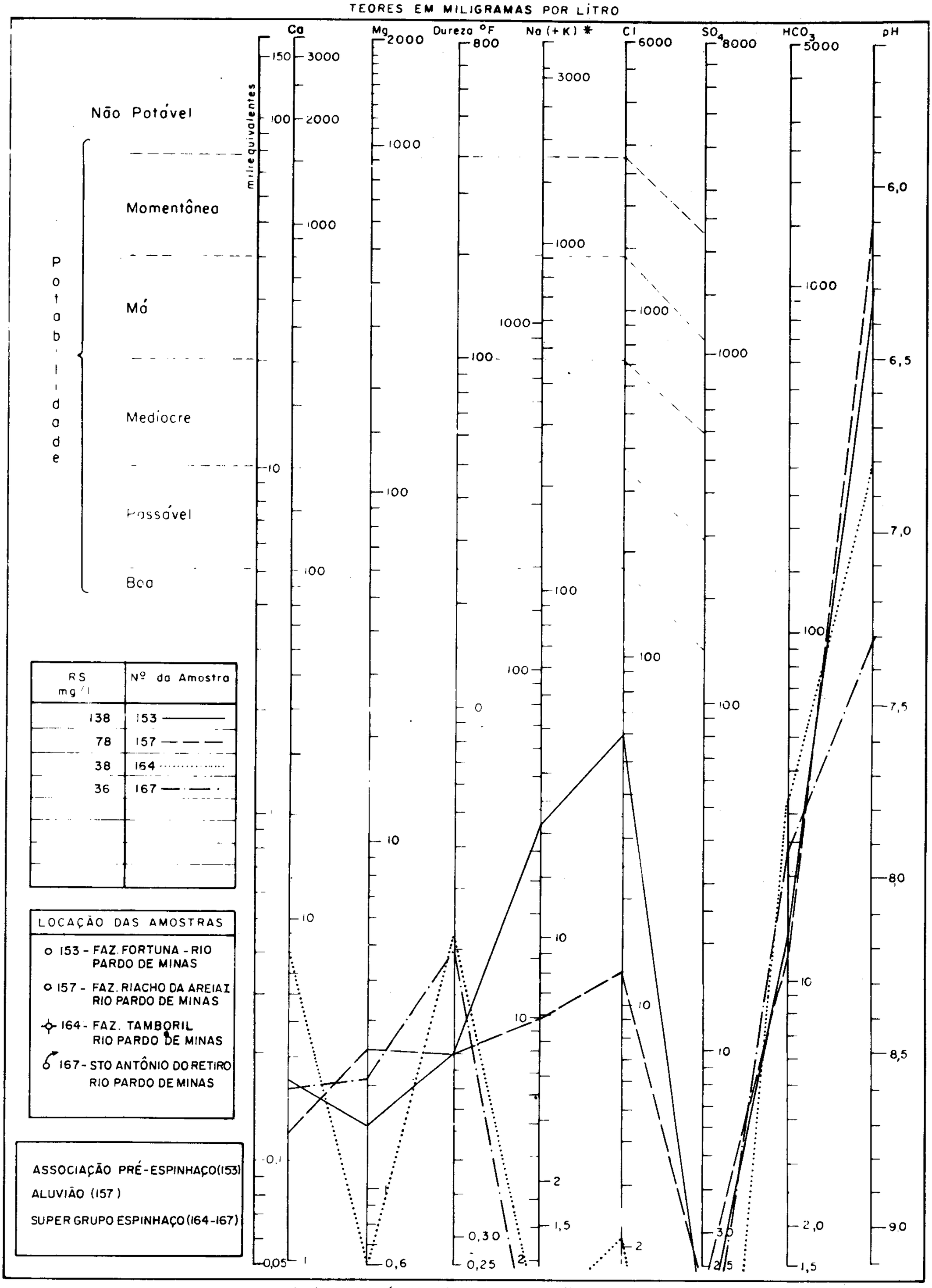


Figura 3.16 – Diagrama de análise d'água para os pontos 153, 157, 164 e 167.

as 19 amostras consideradas para elaboração desse estudo hidroquímico. Analisando esses diagramas, verifica-se que para as águas da Associação Gnáissica-Migmatítica a potabilidade varia de boa a má e para as amostras coletadas em áreas de ocorrência dos sistemas aqüíferos formados pelas rochas da Associação Pré-Espinhaço (1 poço escavado), do Supergrupo Espinhaço (1 poço tubular e 1 nascente) e das aluviões (1 poço escavado), a potabilidade é boa, sem restrições.

Quadro 3.7 – Potabilidade das águas amostradas em áreas de rochas de associação gnáissico-migmatítica.

Parâmetros	Potabilidade Permanente			
	Boa	Passável	Medíocre	Má
Resíduo Seco	26,7	13,3	46,7	13,3
Na	73,3	20,0	6,7	–
Mg/12 + Ca/20	20,0	33,3	33,3	13,3
Dureza	20,0	46,7	20,0	13,3
Cl	46,7	20,0	20,0	13,3
SO_4	80,0	13,3	6,7	–

valores em %

Na determinação da qualidade das águas para consumo dos animais, os limites de potabilidade são mais amplos e se baseiam tão somente nos valores de resíduo seco. Na tabela 3.2, utilizada na Austrália Ocidental (Leal, 1970), são dados os limites, em miligramas por litro, dos teores de resíduo seco admitidos, levando-se em conta o porte médio do animal.

Tabela 3.2 – Limites de potabilidade para animais

Discriminação	Resíduo Seco (mg/l)
Aves	2.860
Porcos	4.290
Cavalos	6.435
Gado Leiteiro	7.150
Gado de Corte	10.000
Carneiros	12.900

Confrontando os valores de resíduo seco obtidos para as águas amostradas com os limites indicados na tabela, verifica-se que apenas um valor determinado (ponto 08 – Lagedão do Charco - RS = 3.463mg/l) está acima do limite permitido para aves. Os demais valores atendem perfeitamente aos padrões, não existindo portanto restrições quanto ao consumo animal.

Qualidade das Águas para Uso Industrial

A determinação da qualidade das águas para uso industrial é, de certo modo, complexa, pois cada modalidade de indústria exige um certo número de especificações sobre as características físicas e químicas das águas para a sua utilização.

Segundo Custódio & Llamas (1976) os principais parâmetros nocivos às indústrias são a agressividade e o poder incrustante de certas águas. Além disso, as matérias-primas utilizadas e a qualidade do produto final condicionam as características da água a ser utilizada. Assim, por exemplo, na elaboração de produtos alimentícios, exige-se que a água seja potável, e na fabricação de papéis, tintas, etc., e que não apresente coloração.

Na Folha Monte Azul, para as águas das aluviões, das coberturas indiferenciadas e do manto de intemperismo, salvo exceções, não existem restrições quanto à sua utilização na indústria, por apresentarem geralmente boa qualidade e baixa salinidade.

Para as águas do sistema aqüífero fraturado, onde a salinidade é, via de regra, elevada, são necessários maiores cuidados nas especificações da qualidade prevista para determinadas indústrias. Assim, de acordo com os limites aconselháveis para diversos usos industriais (Moore, 1940; Anderson, 1966 *in*: Custódio & Llamas, *op.cit.*), confrontando os resultados de

resíduo seco, alcalinidade total e dureza obtidos na área de estudo, conclui-se que:

– para um total de 73 valores de resíduo seco determinados em águas de poços tubulares do sistema aqüífero fraturado, cerca de 98,6% estão acima dos limites aconselháveis para as indústrias de cervejas, refrigerantes, tecidos sintéticos e licores;

– para os valores de alcalinidade total, cerca de 31,6% podem ser utilizadas nas indústrias de doces; 63,2% são desaconselháveis para as indústrias de plásticos claros, tintas e licores; 57,9% apresentam restrições para as indústrias de papéis e o total das amostras (19) pode ser utilizado sem problemas para a fa-bricação de cervejas e refrigerantes;

– para os valores de dureza total, 21,1% não apresentam restrições para as indústrias de conservas de legumes, papéis, tecidos sintéticos e lavanderias; 31,6% podem ser utilizadas na fabricação de refrigerantes; e cerca de 26,3% não apresentam restrições para certos tipos de curtumes.

Qualidade das Águas para Irrigação

Na determinação da qualidade das águas para irrigação foi utilizada a classificação americana do U.S. Salinity Laboratory. Esta classificação se baseia em um gráfico semi-logarítmico onde são plotados em abcissas os valores de condutividade elétrica em micro-mhos/cm a 25°C, e em ordenadas a razão de adsorção de sódio (SAR) calculada, conhecidos os teores em meq/l de Na, Ca e Mg, através da seguinte expressão:

$$SAR = \frac{r\,Na}{\sqrt{(1/2\,rCa + rMg)}}$$

Os tipos de água são definidos para os diversos tipos de solo e culturas que se pretenda irrigar.

No caso da Folha Monte Azul, plotados os valores (19 valores) de condutividade elétrica e de SAR no gráfico da figura 3.17, foram definidos os seguintes tipos:

a) C0-S1 – Compreende águas de salinidade fraquíssima, pobres em sódio, e que podem ser utilizadas sem restrição para a irrigação. Riscos de aparecimento de teores de sódio passíveis de troca são mínimos. Neste campo do gráfico estão enquadrados 15,7% do total de amostras considerado, provenientes da parte oriental da área, sendo uma amostra procedente de aluvião e duas de quartzito.

b) C1-S1 – Abrange as águas de salinidade fraca que possuem condutividade elétrica entre 100 e 250 micromhos/cm a 25°C (resíduo seco entre 64 e 160mg/l) e são fracamente sódicas. Podem ser usadas para irrigação na maioria das culturas, em quase todo tipo de solo com poucas possibilidades de incidentes de salinização, exceto no caso de solos de permeabilidade muito fraca. Riscos de aparição de teores nocivos de sódio susceptíveis de troca são mínimos. Do total de amostras, 5,3% possuem as características deste grupo e procedem de áreas onde ocorrem metatexitos.

c) C2-S1 – Define as águas de salinidade média, condutividade entre 250 e 750 micromhos/cm a 25°C (resíduo seco entre 160 e 480mg/l) e fracamente sódicas. Sua utilização na irrigação está condicionada à lixiviação moderada do solo, podendo ser empregada mesmo para o caso de plantas de fraca tolerância salina. Riscos de sódio são mínimos, como no item b. Cerca de 26,3% das amostras pertencem a este grupo, sendo três procedentes de gnaisses e migmatitos indivisos e uma de granitóides.

d) C3-S1 – Abrange águas de alta salinidade, condutividade entre 750 e 2.150 micromhos/cm a 25°C (resíduo seco entre 480 e

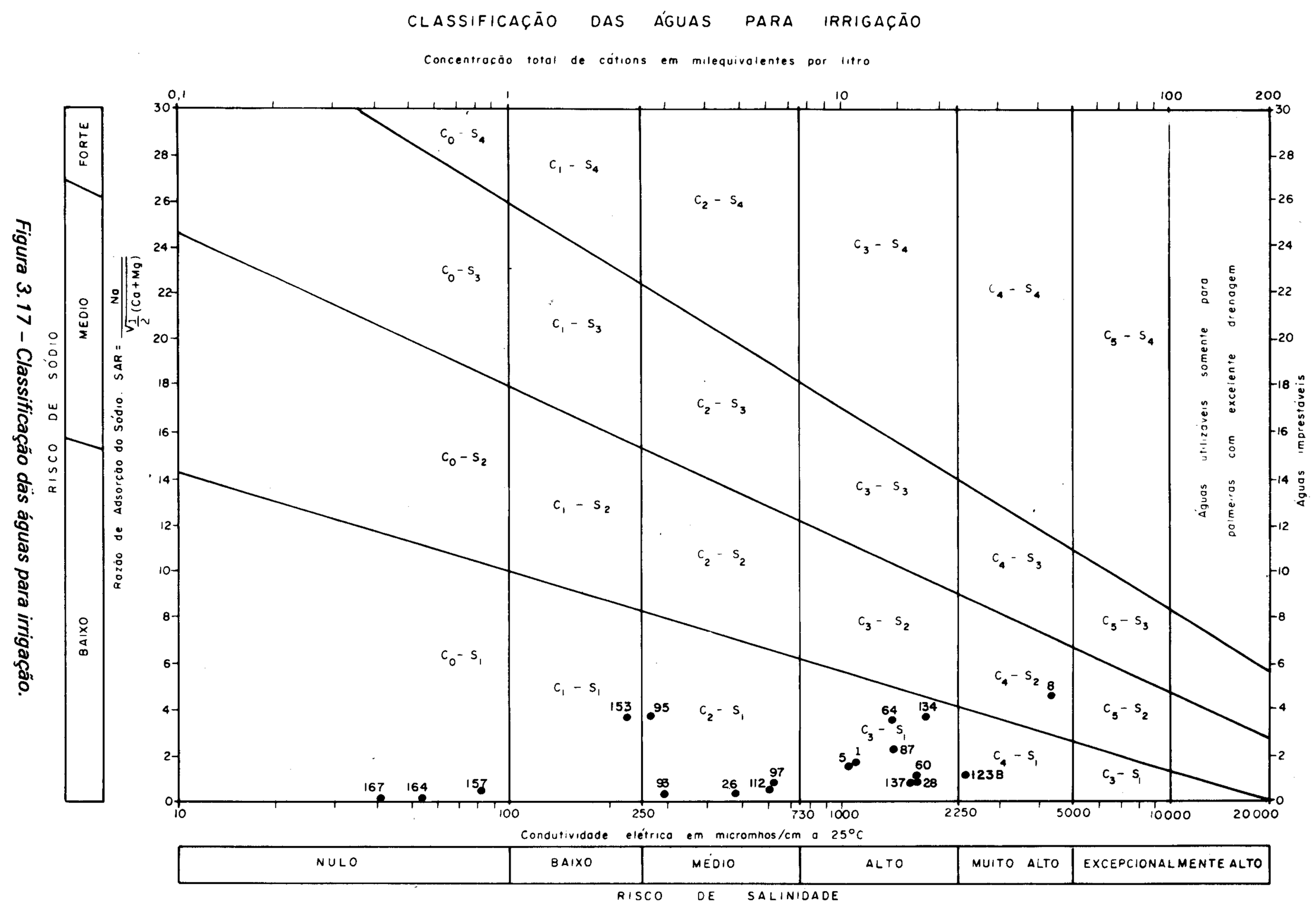


Figura 3.17 – Classificação das águas para irrigação.

1.440mg/l) e fracamente sódicas. Sua utilização se restringe aos solos com bom sistema de drenagem; mesmo assim devem ser tomados cuidados especiais de defesa contra a salinidade, e apenas as plantas de boa to-lerância salina devem ser cultivadas. Quanto ao risco de aparecimento de teores nocivos de sódio susceptíveis de troca é bastante remoto. Neste campo, estão plotadas 42,1% das amostras consideradas. Seis amostras foram coletadas em áreas de gnaisses e migmatitos indivisos e duas em áreas de granitóides.

e) C4-S1 – Identifica águas de salinidade muito forte, condutividade entre 2.250 e 5.000 micromhos/cm a 25°C (resíduo seco entre 1.440 e 3.200mg/l) e fracamente sódicas. De um modo geral, não se prestam à irrigação, entretanto podem ser excepcionalmente utilizadas em solos permeáveis, bem cuidados e abundantemente irrigados. Somente as plantas de altíssima resistência salina podem ser cultivadas. Presença de teores nocivos de sódio passíveis de troca é mínima. Nesta classe estão apenas 5,3% do total das amostras, provenientes de gnaisses e migmatitos indivisos.

f) C4-S2 – Define águas de salinidade muito forte, condutividade entre 2.250 e 5.000 micromhos/cm a 25°C (resíduo seco entre 1.440 e 3.200mg/l) e medianamente sódicas. De um modo geral, não se prestam à irrigação, entretanto podem ser excepcionalmente utilizadas em solos permeáveis bem cuidados e abundantemente irrigados. Somente as plantas de altíssima resistência salina podem ser cultivadas. Apresentam perigo de sódio para os solos de textura fina e forte capacidade de troca de cátions. Podem ser utilizadas nos solos de textura grosseira ou ricos em matéria orgânica, com boa permeabilidade. Do total de amostras, somente 5,3% se enquadram nesta classe e são procedentes de granitóides.

Analisando a disposição das amostras no gráfico da figura 3.17 e as características de cada tipo definido pelo mesmo, verifica-se que, do total das águas amostradas, 47,4% não oferecem restrições quanto à sua utilização na irrigação e os restantes 52,6% requerem determinadas precauções para tal fim.

3.7 Gestão das Águas Subterrâneas

3.7.1 Nível de Conhecimento Atual

O conhecimento atual da hidrogeologia, no âmbito da Folha Monte Azul é muito limitado, e o único estudo anterior ao presente foi desenvolvido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), através da Superintendência Regional de Belo Horizonte (SUREG/BH), em convênio com o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) e a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

Esse trabalho, iniciado em 1974 e finalizado em 1977, é um estudo de cunho regional na escala 1:500.000 e teve como objetivo completar o "Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste", realizado pela SUDENE, no extremo-sul do chamado "Polígono das Secas", dotando a região de conhecimentos hidrogeológicos básicos indispensáveis para programas integrados de desenvolvimento.

Outros trabalhos relacionados com as águas subterrrâneas de que se tem notícia na região são aqueles relativos à perfuração de poços tubulares para particulares e prefeituras, visando ao fornecimento de água para a população. Esses poços vêm sendo perfurados por firmas particulares tais como MECAR, HIDROPOÇOS, HIDRORIZONTE, T.Janér e órgãos públicos como COPASA, COMIG (Ex. CAMIG), DNOCS, CODEVASF, SUDENOR, CEDEC, SUDENE, CPRM e outros.

O estudo, objeto desta nota explicativa, desenvolvido na folha em epígrafe, irá preencher uma lacuna no conhecimento hidrogeológico do norte de Minas Gerais, e fornecerá importantes subsídios à orientação de todos aqueles interessados na obtenção e aproveitamento dos recursos hídricos subterrâneos.

3.7.2 Gerenciamento dos Recursos

O gerenciamento dos recursos hídricos, nos domínios da Folha Monte Azul, é exercido pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) nas cidades de Monte Azul e Mato Verde e também em 33% dos vilarejos. Nas demais localidades com algum sistema de abastecimento, o gerenciamento é feito pelas prefeituras municipais com a participação dos moradores.

Em Monte Azul, segundo informações obtidas no escritório local da COPASA em setembro de 1991, diariamente é distribuído um volume médio de 600m^3 de água *in natura*. Quando a seca começa a castigar a região em virtude da estiagem, caminhões-pipa da Prefeitura, da SUDENE e da CEDEC complementam o abastecimento transportando água durante 12 a 15 horas diariamente para abastecer tanto a sede municipal como o meio rural, retirando água das barragens de Estreito, município de Espinosa, na divisa de Minas Gerais e Bahia, e Cana-Brava no município de Monte Azul.

Em Mato Verde, a água distribuída à população recebe tratamento, sendo obtida através de pequena barragem no rio Viamão nos arredores da cidade. Segundo informações obtidas no escritório local da COPASA, são distribuídos diariamente cerca de 1.500m^3 de água às residências e chafarizes.

No meio rural, a água utilizada provém de poços tubulares, poços escavados e nascentes existentes nos sítios e fazendas da região. Não raro a fonte de abastecimento é representada por pequenas escavações feitas nos leitos secos dos rios, cuja profundidade, normalmente inferior a 1m, vai sendo aumentada à medida que o nível da água se aprofunda.

Conforme referido no item 3.5, é comum na região a formação de pequenos grupos de habitantes que adquirem mangueiras e canos de PVC e captam nascentes na Serra do Espinhaço, em distâncias de até 20km, com o objetivo de obter água de melhor qualidade para o uso doméstico.

3.7.3 Facilidades Governamentais

Na área, atuam diversas entidades governamentais que dão assistência técnica e, em alguns casos, financeira aos diversos setores da economia.

As principais entidades são:

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais:Aüresponsável, em parte, pelo abastecimento d'água na área.

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão RuralAüdo Estado de Minas Gerais: presta assistência técnica aos pecuaristas e agricultores da região.

COMIG (ex-CAMIG) – Companhia Mineradora de Minas Gerais: além de desenvolver estudos geológicos voltados para a mineração no Estado, atua na perfuração de poços e também é produtora e fornecedora de insu- mos agrícolas.

EPAMIG – Empresa de Pesquisas Agrícolas de Minas Gerais: desenvolve pesquisas no sentido de melhorar a produção agrícola da região.

SUDENOR – Superintendência do Desenvolvimento do Norte de Minas Gerais: cria projetos para incrementar o desenvolvimento na área.

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste: através de ajuda financeira e técnica, gera condições para o desenvolvimento da região.

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas: atua na perfuração de poços, construção de açudes e outras atividades ligadas aos recursos hídricos.

BB, BNB – Banco do Brasil, Banco do Nordeste do Brasil: oferecem financiamentos à pecuária e agricultura.

CEDEC – Coordenadoria Estadual da Defesa Civil: presta assistência à população nos momentos de seca, de inundações e em programas emergenciais.

A atuação desses órgãos na área através de financiamentos à pecuária e agricultura, assistência técnica nos vários setores da economia e incentivos visando à fixação do homem em sua região, contribui decisivamente para o seu desenvolvimento e proporciona melhores condições de vida para a população.

4

Conclusões e Recomendações

Os objetivos visados e as metas previstas neste estudo foram atingidos satisfatoriamente, face aos resultados obtidos e expostos a seguir:

– Em termos de hidrogeologia, nos domínios da Folha Monte Azul, merecem destaque as rochas quartzíticas do Supergrupo Espinhaço pelas condições favoráveis que oferecem à exploração de suas reservas hídricas, caracterizadas pela presença de fraturamento aber-to, pela boa qualidade das águas e por se localizarem em áreas onde a recarga é facilitada pelo fraturamento das rochas e pela incidência de chuvas. As aluviões, em maior escala, e as coberturas indiferenciadas quaternárias e terciário-quaternárias, também se constituem em fontes razoáveis de recursos hídricos subterrâneos. O embasamento cristalino, embora seja reconhecidamente um meio aqüífero com fracas possibilidades hídricas, tanto em relação à quantidade quanto à qualidade das águas, no presente caso mostra, em determinadas zonas, uma produtividade que devido a carência local pode ser considerada razoável, com vazões específicas acima de $2m^3/h/m$.

– O sistema aqüífero definido pelas aluviões pode ser considerado o mais importante da área devido à concentração das populações ao longo dos vales, pela boa qualidade da água que fornece e pela facilidade de exploração através de poços escavados de grande diâmetro. Sua importância hidrogeológica relativa local, por esses motivos, foi considerada mediana. Outro sistema importante, embora pouco explorado na região, é aquele definido pelos quartzitos do Supergrupo Espinhaço e cuja importância hidrogeológica relativa local varia de negligenciável (nas partes mais elevadas da Serra do Espinhaço), até pequena (nas regiões de relevo suave, menos

acidentado,a leste desta serra). No setor ocidental, o sistema aqüífero caracterizado pelos gnaisses/migmatitos e granitóides da Associação Gnáissico-Migmatítica, embora com importância hidrogeológica relativa local variando de muito pequena (áreas com poços de baixas vazões, relevo desfavorável, menor densidade de fraturas e baixa densidade demográfica) a pequena (áreas de poços com boas vazões para essas litologias, fraturamento mais intenso, relevo plano, qualidade de água razoável e grande demanda), representa ao lado das aluviões a principal fonte de recursos hídricos para esse setor.

– Os ensaios de bombeamento analisados para as rochas do embasamento cristalino, forneceram valores para a transmissibilidade (T) que variam de 0,12 x $10^{-4}m^2/s$ a 2,68 x $10^{-4}m^2./s$, com valor médio de 1,07 x $10^{-4}m^2/s$.

– Atualmente, a exploração de água subterrânea na área se destina a complementar a demanda requerida pela população, pelos animais e pela lavoura, principalmente a oeste da Serra do Espinhaço, onde as chuvas são mais escassas. A lavoura irrigada encontra-se em estágio pouco adiantado, não requerendo grandes volumes de água.

– De modo geral, a água subterrânea extraída na área destina-se ao uso doméstico, aos animais e à irrigação. Devido ao sabor não muito agradável (em virtude de sua salinidade), o maior volume consumido diz respeito aos animais, vindo a seguir a irrigação e por último a população que, para seu consumo prefere, apesar de certa dificuldade, captar água de nascentes na Serra do Espinhaço a distâncias às vezes de até 20km.

– Quanto à relação entre usos de água subterrânea e outras fontes hídricas, pode-se dizer que: na parte ocidental a água subterrânea é a principal fonte de recursos hídricos, e na parte oriental predomina o uso de água de superfície.

– Os sistemas aqüíferos mais explorados na área são, em ordem decrescente, o definido pelas rochas fraturadas (notadamente na porção ocidental), o correspondente às aluviões e aquele definido pelas coberturas indi-ferenciadas (os dois últimos captados através de poços escavados).

– Quanto à qualidade química, as águas apresentam salinidade elevada, com um resíduo seco (TSD) médio de 1.023,1mg/l. Entre os tipos químicos, predominam as águas bicarbonatadas com 47,5%, vindo a seguir as cloretadas com 36,7% e as mistas com 10,5%.

– Em relação a contaminação dos sistemas aqüíferos, esta, se existe, ainda é incipiente, mas devido ao uso contínuo e em larga escala de defensivos agrícolas, não pode ser descartada a possibilidade desta vir acontecer a médio prazo pelo que se pôde constatar durante os trabalhos de campo, principalmente nas áreas de lavouras de algodão e feijão.

– No que diz respeito à vulnerabilidade dos aqüíferos, o sistema definido pelas rochas fraturadas das associações Gnáissico-Migmatítica e Pré-Espinhaço, do Supergrupo Espinhaço e do Grupo Macaúbas é o mais vulnerável (no presente estudo classificada como alta), vindo a seguir os sistemas caracterizados pelas aluviões com vulnerabilidade moderada, pelas coberturas indiferenciadas com vulnerabilidade baixa e pelos xistos, xistos quartzosos, micaxistos, metaconglomerados e metavulcânicas, com vulnerabilidade negligenciável.

– Quanto à qualidade das águas para consumo humano e de animais, para uso industrial e na irrigação, a potabilidade para consumo humano varia de boa a má nas águas provenientes das rochas da Associação Gnáissico-Migmatítica e é boa nas águas coletadas em

áreas de ocorrência de rochas da associação Pré-Espinhaço, do Supergrupo Espinhaço e das aluviões. Para os animais, a potabilidade é boa, com apenas uma amostra fora do limite permitido para aves. Para uso no setor industrial, no âmbito da Folha Monte Azul, as águas originárias das aluviões, das coberturas indiferenciadas e do manto de intemperismo, salvo exceções, não apresentam restrições, devido à sua boa qualidade e baixa salinidade. As águas do sistema aqüífero fraturado oferecem restrições ao seu uso na indústria, principalmente em relação ao resíduo seco, à alcalinidade total e à dureza total, mormente nas indústrias de cerveja, refrigerantes, tecidos sintéticos, licores, papéis, doces e tintas. Em relação à qualidade da água para irrigação, do total de resultados de análises interpretados para tal fim, 47,4% das águas amostradas não oferecem restrições quanto à sua utilização e os restantes 52,6% requerem determinadas precauções para o seu uso, pois são águas de salinidade considerada alta a muito alta (resíduo seco entre 480 e 3.200mg/l).

– A nível de conhecimento atual, o único documento sobre hidrogeologia da área de estudo, é um trabalho de cunho regional na escala 1:500.000 realizado pela CPRM e concluído em 1977. O gerenciamento dos recursos hídricos na região é exercido pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), nas cidades de Monte Azul e Mato Verde e também em 33% dos vilarejos. Nas demais localidades esse gerenciamento está a cargo das prefeituras municipais. As facilidades go-vernamentais na área se fazem presentes através dos órgãos COPASA, EMATER, COMIG (ex.: CAMIG), EPAMIG, SUDENOR, SUDENE, CEDEC, BB, BNB entre outras, que dão apoio aos vários setores da economia regional através de financiamentos, assistência técnica e incentivos, objetivando o desenvolvimento da região.

As recomendações julgadas importantes no presente trabalho são expostas a seguir:

– procurar preservar a vegetação nas proximidades das nascentes para manter a perenidade das mesmas;

– através da orientação pelos órgãos governamentais atuantes na região, racionalizar a utilização de defensivos agrícolas como medida preventiva para evitar o comprometimento futuro da qualidade das águas subterrâneas e superficiais;

– orientar os proprietários de poços tubulares da região quanto à necessidade de se fazer sempre sua proteção sanitária para evitar a contaminação do aqüífero através dos mesmos;

– alertar os órgãos governamentais atuantes na área no sentido de que, na implantação de programas de abastecimento de comunidades, sejam feitos estudos técnicos que levem em consideração as características hidrogeológicas da região, a fim de se evitar problemas, tais como perda total ou parcial de reservatórios metálicos, susceptíveis à corrosão, devido à agressividade das águas da região, via de regra com elevado teor salino;

– incrementar a exploração do sistema aqüífero aluvial por meio de poços escavados de grande diâmetro, através de orientação de órgãos competentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. O Cráton do São Francisco. *Rev.Bras.Geoc.*, São Aé Paulo, 1977. 7:349-64.

ALMEIDA ABREU, P.A. *et al.* Elementos da zona de cisalhamento dúctil da borda oriental da Serra do Espinhaço, Minas Gerais. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 34, Goiânia, 1986. *Anais*, Goiânia, SBG, 1986. v.3, p. 1219-25.

BRAUN, O.P.G. O termo "Associação" e seu emprego na taxonomia daAéestratigrafia brasileira". *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. *Anais*, Porto Alegre, SBG, 1974. v.2,p. 151-59.

CETESB. *Água Subterrânea e Poços Tubulares*. São Paulo, 1978.Aé482p. il. (tradução da primeira edição do original norte-americano publicado pela JOHNSON Division UOP, Inc., Saint Paul, Minnesota. 3 ed. rev.)

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. *Projeto Mapas de Previsão de Recursos Hídricos Subterrâneos na escala 1:100.000 — roteiro metodológico de elaboração*. Rio de Janeiro, s. ed., 1986 (documento interno).

COSTA, J.A. & MORENO, E.F. *Manual de metodos cuantitativos en el estudio de aguas subterraneas*. Centro Regional de Ayuda Tecnica, México, 1966. 105 p.

COSTA, L.A.M. *et al. Projeto Leste do Tocantins - Oeste do Rio São Francisco*. Rio de Janeiro, s. ed., 1976. (Relatório inédito DNPM/CPRM).

CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M.R. *Hidrologia Subterrânea*. Barcelona, Omega, 1976.

DRUMOND, J.B.V. *et al. Projeto Porteirinha-Monte Azul*. Belo Horizonte, s. ed., 1980. (Relatório inédito DNPM/CPRM).

FOSTER, S. & HIRATA, R. *Determinacion del riesgo de contaminacion de aguas subterráneas*. Centro Panamericano de Ingeneria Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, Perú, 2da. edición revisada, 1991. 81 p. il.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. *Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, 1983. 1v. (Série de Publicações Técnicas, 10). mapas.

GALVÃO, M.V. ed. *Geografia do Brasil; grande Região Sudeste*. Rio de Janeiro, IBGE, 1977. v.5.

HANCOCK, P.L. Brittle microtectonics: principles and practice. *Journal of Structural Geology*, 1985. 7(3/4):437-57.

KARFUNKEL, J. *et al.* Contribuição à estratigrafia e tectônica da faixa de dobramento Araçuai. *In*: Simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas Faixas Marginais. SBG – Núcleo Bahia, 1981. p. 158-63.

KIANG, C.H. *et al.* Considerações sobre a Evolução Tectônica da Bacia do São Francisco. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 35, Belém, 1988. *Anais*, Belém, SBG, 1988. v. 5, p. 2076-90.

LEAL, A.S. *Considerações sobre a circulação da água em rochas cristalinas e salinização em região árida; área-piloto de Juazeiro/Curaçá - Bahia*. Recife, SUDENE, 1969. 28 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, Série Hidrogeologia, 24).

LEAL, A.S. *Inventário hidrogeológico básico do Nordeste; folhaAéno. 19 - Aracaju - NO*. Recife, SUDENE, 1971. 242p. (BRASIL. SUDENE - Divisão de Hidrogeologia, Série Hidrogeologia, 33).

LEAL, A.S. *Mapas hidrogeológicos do PLGB-modelo e legenda*. Belo Horizonte, s. ed., 1991. (Documento interno).

LIMA, J.E.S. *Projeto Hidrogeologia do Centro de Minas Gerais e Norte do Espírito Santo; Folha Belo Horizonte-SE*. Belo Horizonte, s. ed., 1980. (Relatório inédito DNPM/CPRM).

LOGAN, J. *The interpretation of chemical analysis of water*. Recife, s. ed., 1965. (Relatório inédito USAID).

MARGAT, J. *Carte hydrogéologique de la France à l'échelle de 1:1.500.000 – systémes aquiféres. Notice explicative*. Paris, BRGM, 1980. 36 p. il. mape.

PESSOA, M.D. *Inventário hidrogeológico básico do Nordeste – Folha nº 13 - Teresina-SE*. Recife, SUDENE, 1978. 251 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, Série Hidrogeologia, 57).

PLATT, J.P. & VISSERS, R.L.M. Extensional structures inAéanisotropic rocks. *Journal of Structural Geology*, 1980. 2(4):397-10.

SANTOS, M. *Projeto Hidrogeologia do Norte de Minas Gerais e Sul da Bahia; Folha nº 31, Brasília-SE*. Belo Horizonte, s. ed., 1977. (Relatório inédito DNPM/CPRM).

SCHOELLER, J. *Les eaux souterraines*. Paris, Masson, 1962. 611 p.

SUDENE. *Elementos de Hidrogeologia Prática*. Recife, SUDENE, 1967.Aé372p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogelogia, Série Hidrogeologia, 13).

UHLEIN, A. *et al.* Estruturação tectônica do Supergrupo EspinhaçoAéna região de Diamantina (MG). *Rev.Bras.Geoc.*, São Paulo, 1986. 16(2):212-16.

SÚMULA DE DADOS DE PRODUÇÃO

1. Mapeamento Geológico

Área estudada (km^2) 3.000

2. Hidrogeologia

2.1 Cadastramento de pontos d'água

Poços tubulares 127
Poços escavados 29
Nascentes 12

2.2 Amostragem

Água para análise físico-química 29
Água para determinação de resíduos de defensivos agrícolas 04

2.3 Ensaios de bombeamento

Ensaios interpretados 05

Ilustrações Fotográficas

Foto 1

Reservatório metálico não instalado, já com manchas de oxidação na base. Localidade de Lagedo do Gato, muninípio de Monte Azul (Ponto nº 110).

Foto 2

Poço tubular desativado no povoado de Mamonas (mun. de Espinosa), sem proteção sanitária. Reservatório metálico abandonado ao lado da casa do compressor (Ponto nº 10).

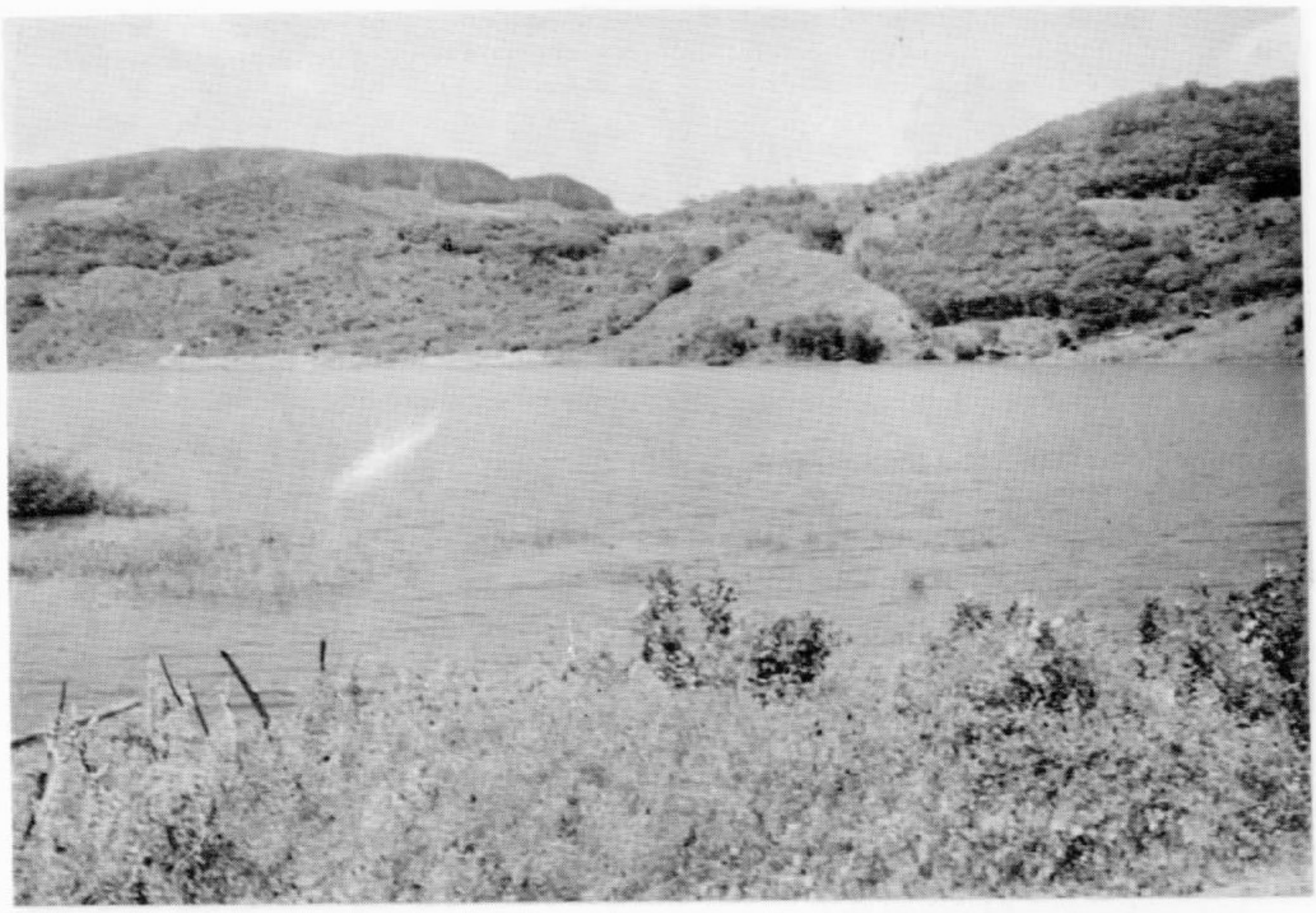


Foto 3

Barragem de Cana-Brava, mun..de Monte Azul. Capacidade: 720.000m^3. Ao fundo Serra do Ginete.

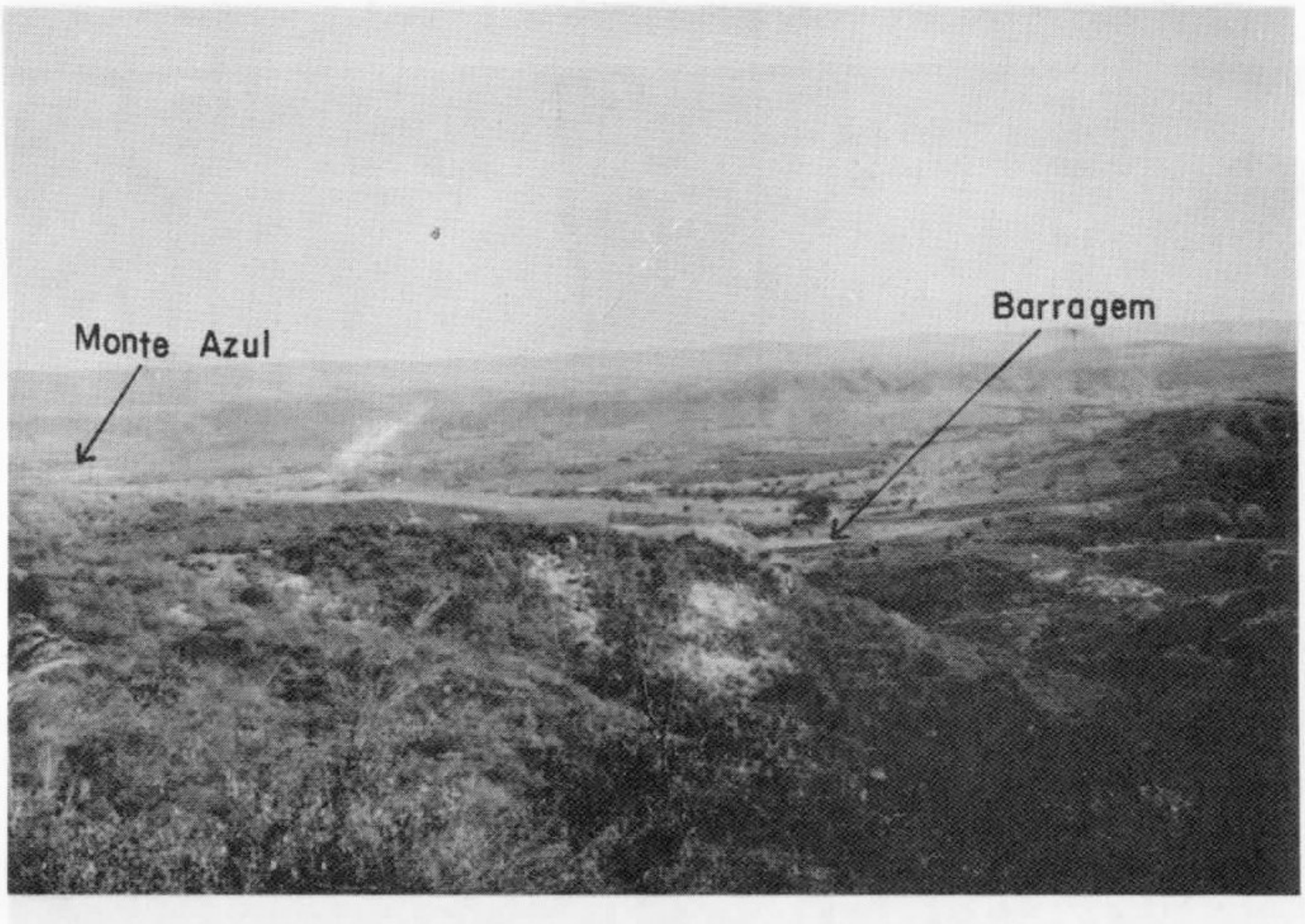


Foto 4

Terraplanagem da barragem do Angical, com Monte Azul à esquerda. Volume a ser armazenado: 1.000.000m^3.

Foto 5
Reservatório metálico corroído pela oxidação devido à agressividade da água. Localidade de Melancia, município de Mato Verde (Ponto nº 59).

Foto 6
Coleta de amostra para análise físico-química. A água está sendo coletada antes de cair no reservatório. Localidade de Riacho das Pedras, município de Espinosa (Ponto nº 11).

Foto 7

Estrada Mato Verde-Rio Pardo de Minas (cerca de 12km de Mato Verde).
"Pedra do Pato" – Resultado do intemperismo físico-químico associado à erosão diferencial, sobre rochas quartzíticas do Espinhaço.

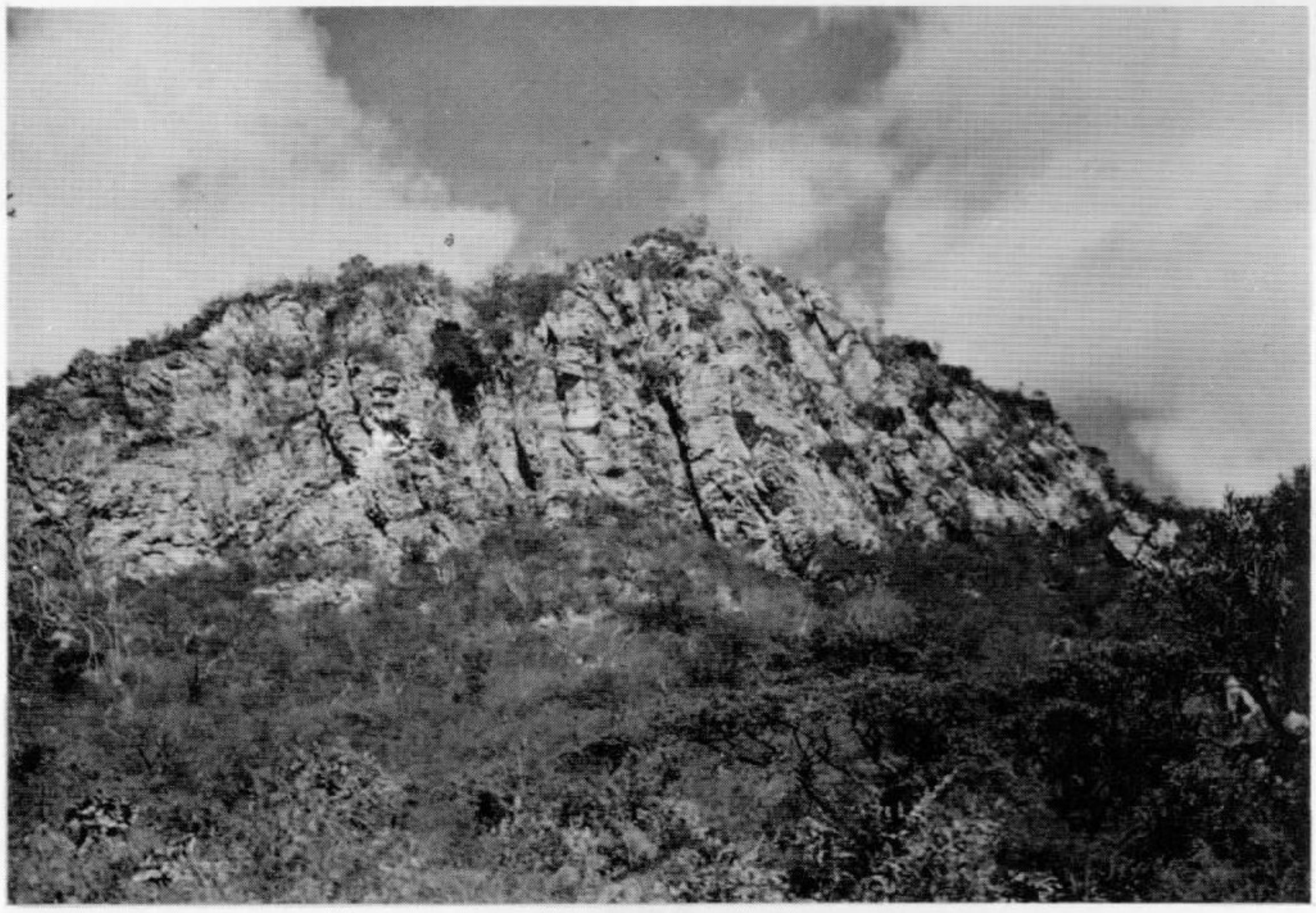


Foto 8

Detalhe do intenso fraturamento apresentado pelos quartzitos do Espinhaço. Proximidades da "Pedra do Pato".

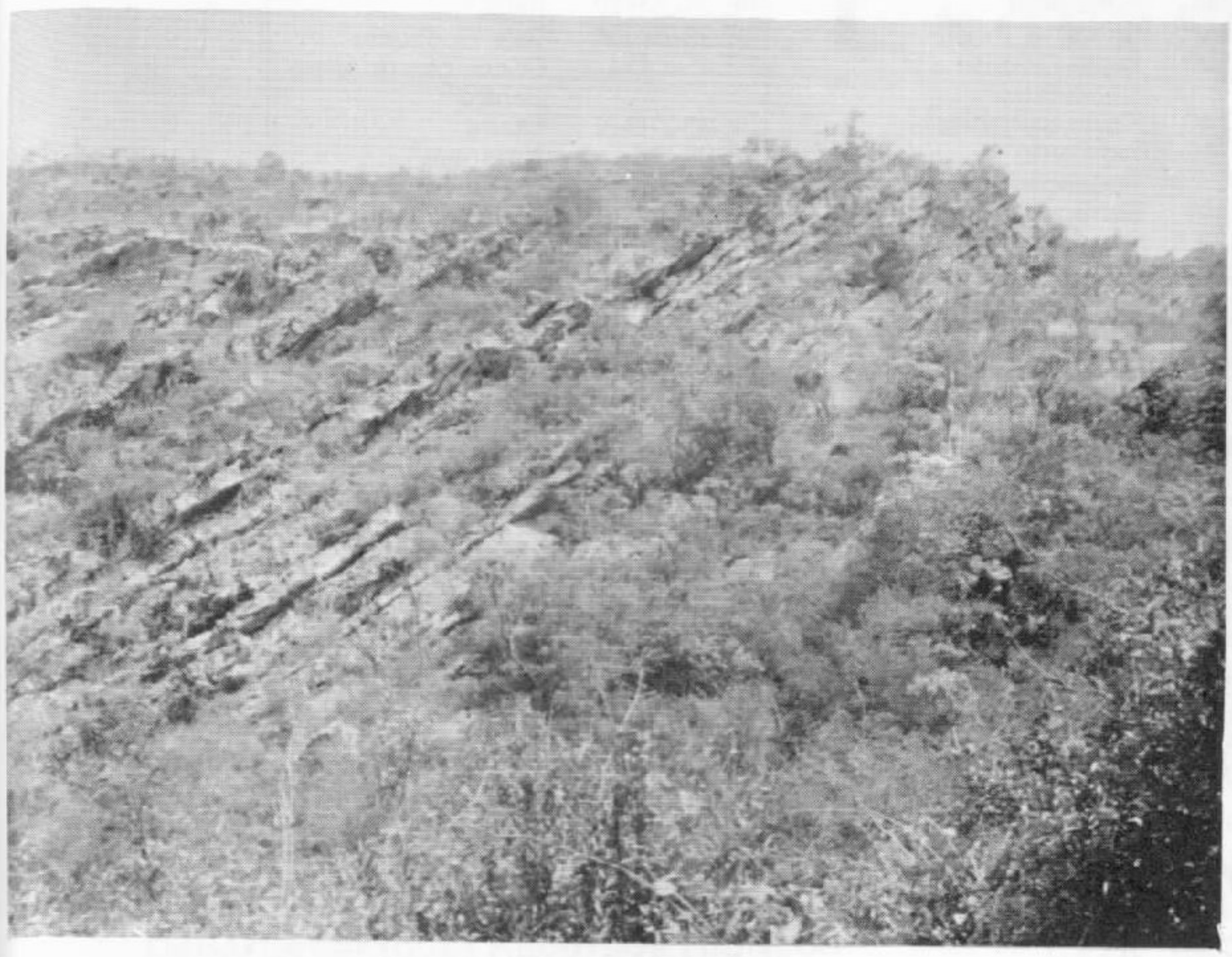


Foto 9
Quartzitos da Serra do Espinhaço apresentando foliação marcante. Proximidades de Mata de São João no topo da serra (mun. de Rio Pardo de Minas).

Foto 10
Detalhe das camadas de quartzito com fraturas verticais abertas. Proximidades de Mata de São João (município de Rio Pardo de Minas).

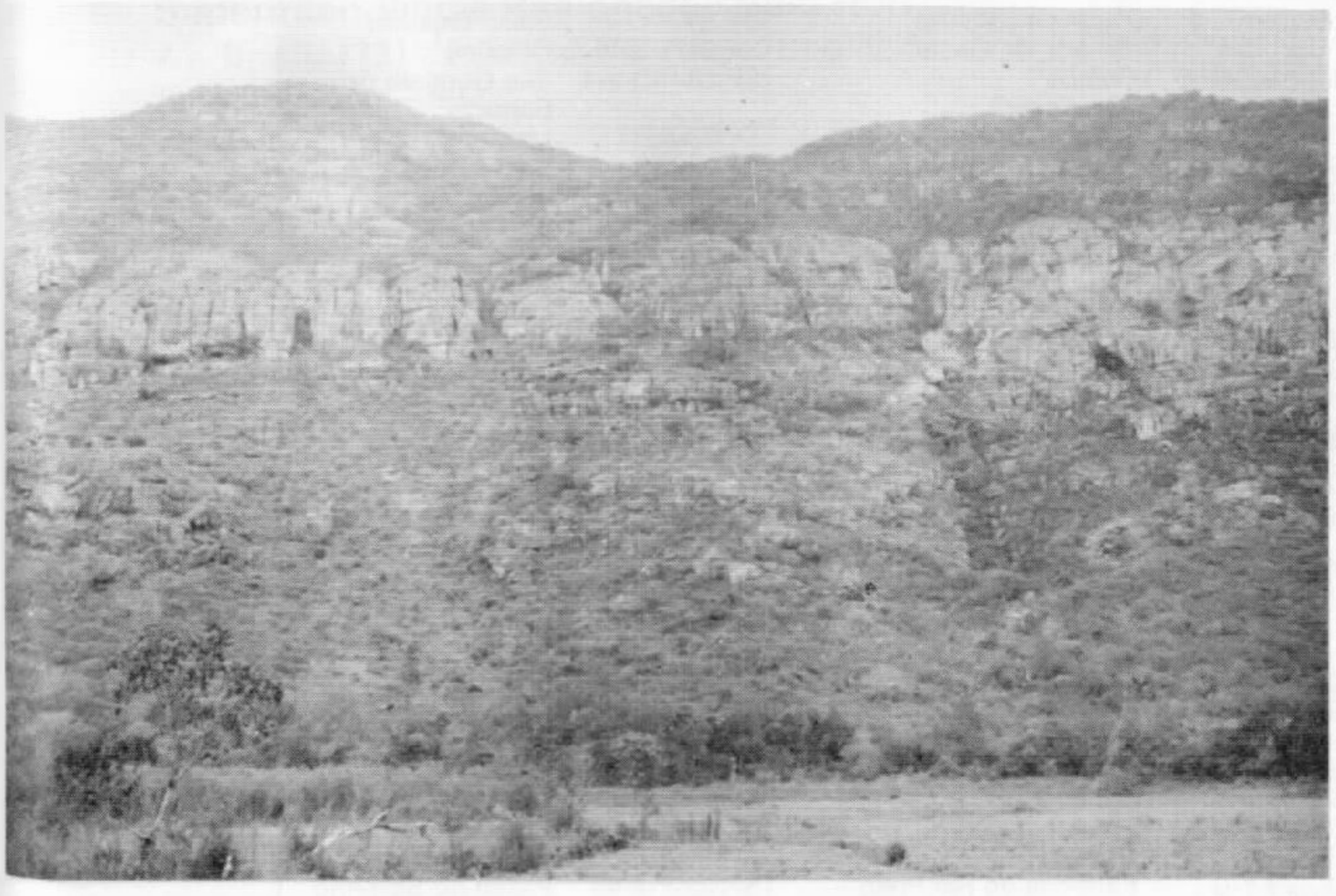


Foto 11
Borda oriental da Serra do Espinhaço, onde se observa o intenso fraturamento do quartzito, caracterizando uma excelente área de recarga e/ou descarga. Proximidades da localidade de Brejo Grande, município de Rio Pardo de Minas.

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (Período 1985 a 1993)

Folhas em Execução

NA.19-X	Alto Rio Negro[1]
NA.19-X-C	Sem denominação
NA.19-X-D	Sem denominação
NA.19-Y	Alto Rio Negro[1]
NA.19-Y-B	Rio Aiari[1]
NA.19-Y-D	Rio Iauaretê
NA.19-Z	Alto Rio Negro[1]
NA.19-Z-A	Rio Içana[1]
NA.19-Z-B	Cucuí[1]
NA.19-Z-C	Rio Uaupés[1]
NA.19-Z-D	Pico da Neblina[1]
NA.20-V	Rio Parima[1]
NA.20-X	Boa Vista[1]
NA.20-Y	Serra do Imeri[1]
NB.20-Z	Vila Surumu[1]
SA.19-V	Alto Rio Negro[1]
SA.19-V-B	Sem denominação
SA.19-X	Alto Rio Negro[1]
SA.19-X-A	Rio Curicuriari[1]
SA.19-X-B	São Gabriel da Cachoeira[1]
SA.20-V	Santa Isabel do Rio Negro[1]
SA.22-X-D	Belém[4]
SA.23	São Luís[8]
SA.23-V-C	Castanhal[4]
SA.24-Y-D-V	Irauçuba[3]
SB.23-V-A	Rio Cajuapara[4]
SB.23-X-B	Caxias[4]
SB.24	Jaguaribe[8]
SB.24-Y-B	Iguatu[1]
SB.24-Z-B	Caicó[1]
SB.24-Z-D-III	Boqueirão[1]
SB.24-Z-D-V	Sumé[1]
SB.24-Z-D-VI	Santa Cruz do Capibaribe[1]
SC.20-Z-C-V	Paulo Saldanha[1]
SC.24-Z-C-VI	Rio Pardo[1]
SC.22-X-A	Redenção[4]
SC.23-X-B-VI	Barragem[1]
SC.23-X-D-II	São Raimundo Nonato[1]
SC.23-X-D-IV	Campo Alegre de Lourdes[1]
SC.23-Y-D-VI	Cariparé[1]
SC.23-Z-A/Y-B	Curimatã/Corrente[1]
SC.23-Z-C-IV	Riachão das Neves[1]
SC.24	Aracaju[8]
SC.24-V-A	Paulistana[1]
SC.24-V-A-I	Riacho Queimadas[1]
SC.24-V-C	Petrolina[1]
SC.24-X-D-V	Arapiraca[1]
SC.24-Y-C	Jacobina[1]
SC.24-Y-C-V	Morro do Chapéu[1]
SC.24-Y-D	Serrinha[1] (rev.)
SD.22-Z-C-V	Goiás[1]
SD.23-X-C-V	Coribe[1]
SD.24-V-A-I	Seabra[1]
SD.24-Y-B-IV	Poções[1]
SE.21-Y-D	Corumbá[1]
SE.22	Goiânia[8]
SE.22-X-A-II	Sanclerlândia[1]
SG.22-X-B	Goiânia[1] (rev.)
SE.23-Z-B-IV	Serro[1]
SE.23-Z-C-VI	Belo Horizonte[1]
SE.23-Z-D-I	Conceição do Mato Dentro[1]
SE.23-Z-D-IV	Itabira[1]
SE.24-V-A	Almenara[1]
SF.21-V-B	Aldeia Tomazia[1]
SF.21-V-D	Porto Murtinho[1]
SF.21-X-A	Aquidauana[1]
SF.23	Rio de Janeiro[8]
SF.24-V-A	Cachoeiro de Itapemirim[1]
SG.22-X-C-III-4	Campo Largo[7]
SG.22-X-C-VI-2	Contenda[7]
SG.22-X-D-I-1	Rio Branco do Sul[7]
SG.22-X-D-I-3	Curitiba[7]
SG.22-X-D-I-4	Piraquara[7]
SG.22-X-D-IV-1	Araucária[7]
SG.22-X-D-IV-2	São José dos Pinhais[7]
SG.22-X-D-IV-3	Mandirituba[7]
SG.22-Z-D	Florianópolis[1]
SH.22-V-C-IV	Santa Maria[3]
SH.22-X-B-I	Tubarão[1]
SH.22-X-B-II	Laguna[1]
SH.22-X-B-IV	Criciúma[1]
SH.22-Y-B	Porto Alegre[1]
SH.22-Y-C	Pedro Ósorio[1]

Folhas Impressas

NA.20-Z-B-V	Monte Roraima[1]
NB.20-Z-B-VI	Monte Caburaí[1]
NB.20-Z-D-II	Rio Quinô[1]
NB.20-Z-D-III	Rio Cotingo[1]
NB.20-Z-D-V	Vila Pereira[1]
NB.20-Z-D-VI	Rio Viruquim[1]
NB.21-Y-A-IV	Sem denominação
NB.21-Y-C-I	Sem denominação
SA.22-Y-D	Altamira[4]
SA.23-Y-D	Santa Inês[4]
SB.20-Z-B-VI	Mutum[1]
SB.22-Z-A	Serra dos Carajás[4]
SB.22-Z-D	Araguaína[4]
SB.23-V-B	Vitorino Freire[4]
SB.23-V-C	Imperatriz[4]
SB.24-D-V	Mombaça[1]
SB.24-X-B-/D	Areira Branca/Mossoró[2]
SB.24-Y-B-II	Catarina[1]
SB.24-Y-C-V	Patos(PI)[1]
SB.24-Y-C-VI	Simões[1]
SB.24-Z-B-II	Currais Novos[3]
SB.24-Z-B-V	Jardim do Seridó[3]
SB.24-Z-C	Serra Talhada[2]
SB.24-Z-C-VI	Afogagos da Ingazeira[1]
SB.24-Z-D-I	Patos(PB)[1]
SB.24-Z-D-II	Juazeirinho[1]
SB.24-Z-D-IV	Monteiro[1]
SB.25-V-C	Natal[2]
SB.25-V-C-IV	João Câmara[1]
SB.25-Y-C-V	Limoeiro[1]
SC.20-V-B-V	Porto Velho[1]
SC.20-V-C-V	Abunã[1]
SC.20-V-C-VI	Mutumparaná[1]
SC.20-V-D-I	Jaciparaná[1]
SC.22-X-B	Conceição do Araguaia[4]
SC.24-V-A-II	Paulistana[1]
SC.24-V-A-III	Santa Filomena[1]
SC.24-V-A-IV	Barra do Bonito[1]
SC.24-V-A-V	Afrânio[1]
SC.24-V-A-VI	Riacho do Caboclo[1]
SC.24-V-B-IV	Cristália[1]
SC.24-V-C-III	Petrolina[1]
SC.24-V-D	Uauá[2]
SC.24-V-D-I	Itamotinga[1]
SC.24-X-C-V	Santa Brígida[1]
SC.24-X-C-VI	Piranhas[1]
SC.24-Y-B	Senhor do Bonfim[2]
SC.24-Y-B-VI	Euclides da Cunha[3]
SC.24-Y-C	Jacobina[2]
SC.24-Y-D	Serrinha[2]
SC.24-Y-D-II	Gavião[1]
SC.24-Y-D-IV	Mundo Novo[1]
SC.24-Y-D-V	Pintadas[1]
SC.24-Y-D-VI	Serrinha[1]
SC.24-Z-A-II	Jeremoabo[1]
SC.24-Z-A-III	Carira[1]
SC.25-V-A-II	Vitória de Santo Antão[1]
SD.21-Y-C-II	Pontes e Lacerda[1]
SD.21-Z-A	Rosário do Oeste[2]
SD.21-Z-C	Cuiabá[2]
SD.22-X-D	Porangatu[2]
SD.22-Z-B	Uruaçu[2]
SD.22-Z-C	Ceres[2]
SD.22-Z-D	Goianésia[2]
SD.22-Z-D-IV	Jaraguá[1]
SD.22-Z-D-V	Pirenópolis[1]
SD.23-X-B	Ibotirama[2]
SD.23-X-D	Bom Jesus da Lapa[2]
SD.23-Y-C	Brasília[2]
SD.23-Y-D	Buritis[2]
SD.23-Z-D-IV	Janaúba[3]
SD.24-V-A-II	Utinga[1]
SD.24-V-A-V	Lençóis[1]
SD.24-V-C	Livramento do Brumado[2]
SD.24-V-C-II	Mucugê[1]
SD.24-Y-A	Vitória da Conquista[2]
SD.24-Y-B-V	Ibicaraí[1]
SD.24-Y-B-VI	Itabuna[1]
SE.22-V-B	Iporã[2]
SE.22-X-A	São Luís de Montes Belos[2]
SE.22-X-A-VI	Nazário[1]
SE.22-X-B	Goiânia[2]
SE.22-X-B-I	Nerópolis[1]
SE.22-X-B-II	Anápolis[1]
SE.22-X-B-IV	Goiânia[1]
SE.22-X-B-V	Leopoldo de Bulhões[1]
SE.22-X-B-VI	Caraíba[1]
SE.22-X-D	Morrinhos[2]
SE.23-V-B	São Romão[2]
SE.23-Z-B	Guanhães[2]
SE.23-Z-C	Belo Horizonte[2]
SE.23-Z-D	Ipatinga[2]
SE.24-Y-C-V	Baixo Guandu[1]
SE.24-Y-C-VI	Colatina[1]
SF.23-V-D-V-4	São Gonçalo de Sapucaí[1]
SF.23-X-B-I	Mariana[1]
SF.23-X-B-II	Ponte Nova[1]
SF.23-X-B-IV	Rio Espera[1]
SF.23-X-C-III	Barbacena[1]
SF.23-X-C-VI	Lima Duarte[1]
SF.23-X-D-I	Rio Pomba[1]
SF.23-Y-B-II-2	Heliodora[1]
SF.24-V-A-II	Afonso Cláudio[1]
SF.24-V-A-III	Domingos Martins[1]
SF.24-V-A-V	Cachoeiro de Itapemirim[1]
SF.24-V-A-VI	Piúma[1]
SG.22-Z-B	Joinville[2]
SH.22-Y-A	Cachoeira do Sul[2]

Folhas em Editoração

NA.20-X-C-III	Paredão[1]
NA.20-X-C-VI	Serra do Ajarani[1]
SA.23-V-D	Turiaçu[4]
SA.23-X-C	Cururupu[4]
SA.23-Y-B	Pinheiro[4]
SA.23-Z-A	São Luís[4]
SA.23-Z-C	Itapecuru-Mirim[4]
SB.22-X-C	Serra Pelada[4]
SB.22-X-D	Marabá[4]
SB.22-Y-B	São Félix do Xingu[4]
SB.22-Z-B	Xambioá[4]
SB.22-Z-C	Xinguara[4]
SB.23-V-D	Barra do Corda[4]
SB.23-X-A	Bacabal[4]
SB.23-X-C	Presidente Dutra[4]
SB.24-V-C-III	Crateús[3]
SC.23-Y-D	Formosa do Rio Preto[1]
SC.23-Z-C	Santa Rita de Cássia[1]
SD.22-Z-C-VI	Itaguaru[1]
SD.23-Z-D-II	Monte Azul[3]
SD.23-Z-D-IV	Rio Pardo de Minas[3]
SE.22-X-A-III	Itaberaí[1]
SG.22-Z-D-I-2	Botuverá[1]
SG.22-Z-D-II-1	Brusque[1]
SG.22-Z-D-V	Florianópolis[1]
SH.22-Y-A-I-4	Passo do Salsinho[1]
SH.22-Y-C-II	Piratini[1]

[1] Levantamento Geológico/Geoquímico/Metalogenético nas escalas 1:500:000, 1:250:000, 1:100:000, 1:50:000; [2] Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais escala 1:250:000; [3] Mapas de Previsão de Recursos Hídricos Subterrâneos escala 1:100:000; [4] Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás - Subprojeto Recursos Minerais; [5] Levantamento geológico visando ao meio ambiente; [6] Levantamentos aerogeofísicos; [7] Integração geológico/geoquímica de regiões metropolitanas

Endereços da CPRM

Sede
SGAN - 603 - Modulo J - 2º andar - Cep: 70830.030
Brasília - DF
Telefones: (061)223-1059 - (061)312-5121 (PABX)
Telex: 611355 - Fax: (061)225-3985

Escritório Rio
Av. Pasteur, 404 - Urca - Cep: 22290.240
Rio de Janeiro - RJ
Telefones: (021)295-5337 - (021)295-0032 (PABX)
Telex: 2122685 - 2132525 - Fax: (021)542-3647

Diretoria de Geologia e Recursos Hídricos
Telefones: (021)295-6647 - (021)295-0032 (PABX)
Fax: (021)542-3647

Departamento de Recursos Hídricos
Telefones:((021)295-4546 - (021)295-0032(PABX)

Centro de Documentação Técnica
Telefones: (021)295-5897 - (021)295-5997 -
(021)295-0032 R.250/389 - Fax: (021)295-6347

Superintendência Regional de Belém
Av. Dr. Freitas, 3645 - Marco - Cep: 66095.110
Belém - PA
Telefones: (091)226-0016 - (091)226-6066 (PABX)
Telex: 911149 - Fax: (091)226-0016

Superintendência Regional de Belo Horizonte
Av. Brasil, 1731 - Funcionários - Cep: 30140.002
Belo Horizonte - MG
Telefones: (031)261-3037 - (031)261-5977 (PABX)
Telex: 311011 - Fax: (031)261-5585

Superintendência Regional de Goiânia
Rua 148, 485 - Setor Marista - Cep: 74001.970
Goiânia - GO
Telefones: (062)281-1709 - (062)281-1522 (PABX)
Telex: 622157 - Fax: (062)281-1709

Superintendência Regional de Manaus
Av. Carvalho Leal, 1017 - Cachoeirinha - Cep: 69065.001
Manaus - AM
Telefones: (092)622-4387 - (092)622-4723 (PABX)
Telex: 922265 - Fax: (092)622-2977

Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 - Cep: 90840.030
Porto Alegre - RS
Telefones: (051)233-4643 - (051)233-7311 (PABX)
Telex: 511062 - Fax: (051)233-7772

Superintendência Regional de Recife
Av. Beira Rio, 45 - Madalena - Cep: 50610.100
Recife - PE
Telefones: (081)228-2988 - (081)227-0277 (PABX)
Telex: 811368 - Fax: (081)228-2142

Superintendência Regional de Salvador
6ª Avenida do Centro Administrativo da Bahia
Estrada da Sussuarana, 2862 - Cep: 41213.000
Salvador - BA
Telefones: (071)230-9977 (PABX)
Telex: 711182 - Fax: (071)371-4005

Superintendência Regional de São Paulo
Rua Domingos de Morais, 2463 - Vila Mariana
Cep: 04035.000 - São Paulo - SP
Telefones: (011)570-9296 - (011)549-1133 (PABX)
Telex: 1123758 - Fax: (011)549-1565

Residência de Fortaleza
Rua Henriqueta Galeno,380 - Dionísio Torres
Cep: 60135.420 - Fortaleza - CE
Telefones: (085)261-9098 - (085)244-7177 (PABX)
Telex: 851532 - Fax: (085)244-7237

Residência de Porto Velho
Av. Lauro Sodré, 2561 - Bairro Tanques
Cep: 78904.300 - Porto Velho - RO
Telefones: (069)221-5435 - (069)223-3544 (PABX)
Telex: 0692124 - Fax: (069)221-5435

Residência de Teresina
Rua Goiás, 312 – Sul
Cep: 64001-570 – Teresina – PI
Telefones: (086)222-6963 - (086)222-4153 (PABX)
Telex: 0862141 - Fax: (086)222-6651

Núcleo de Divulgação
Av. Brasil, 1731 - Funcionários - Cep: 30140.002
Belo Horizonte - MG
Telefones: (031)261-4300 - (031)261-5977 R.58
Telex: 311011 - Fax: (031)261-5585

CPRM
O Serviço Geológico do Brasil

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL
CARTA HIDROGEOLÓGICA - ESCALA 1:100.000 - ANEXO I

FOLHA SD.23- Z- D -II MONTE AZUL

ESPINOSA - SD.23-Z-B-V

CARTA HIDROGEOLÓGICA
FOLHA MONTE AZUL - SD.23-Z-D-II
ESCALA 1:100.00 - CPRM , 1994

QUALIDADE DA ÁGUA

escala: 1: 250 000

TIPOS QUÍMICOS

- bc — Bicarbonatada de cálcio
- bs — Bicarbonatada de sódio (+K)
- bm — Bicarbonatada mista
- sc — Sulfatada de cálcio
- cm — Cloretada de magnésio
- cc — Cloretada de cálcio
- cs — Cloretada de sódio (+K)
- cm — Cloretada mista
- mm — Mista mista
- Limite de áreas de tipos químicos de águas subterrâneas diferentes
- Área sem informação

CONCENTRAÇÃO DE SAIS NA ÁGUA

- Inferior a 1g / l
- Entre 1 e 2g / l
- Superior a 2g / l

DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUAS

1	2
3	4
5	6

1 - Dureza total, em mg / l de $CaCO_3$
2 - Índice de troca de base (Ibt)
3 - Taxa de absorção de sódio (SAR)
4 - rMg / rCa
5 - rCl / rHCO3
6 - rSO4 / rCl
- Curvas de igual resíduo seco (g / l) tracejadas quando aproximadas

CONDIÇÕES DAS ÁREAS DE EXPOSIÇÃO DOS AQÜÍFEROS E VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQÜÍFEROS À POLUIÇÃO

escala: 1: 250 000

CONDIÇÕES DAS ÁREAS DE EXPOSIÇÃO DOS AQÜÍFEROS

- Área de recarga de aqüíferos intergranulares sobrepostos a aqüíferos fraturados descontínuos,sujeita a inundações periódicas.
- Área de recarga em coberturas inconsolidadas sobre aqüíferos fraturados.
- Área de recarga/descarga de aqüíferos fraturados com relevo moderado a plano.
- Área de rochas impermeáveis a semi-permeáveis com infiltração negligenciável.
- Área de recarga de aqüíferos fraturados com relevo acidentado.

VUNERABILIDADE NATURAL DOS AQÜÍFEROS À POLUIÇÃO

- Negligenciável
- Baixa
- Moderada
- Alta

HIDROGEOLOGIA

IMPORTÂNCIA HIDROGEOLÓGICA RELATIVA LOCAL				SISTEMAS AQÜÍFEROS
NEGLIGENCIÁVEL 1	MUITO PEQUENA 2	PEQUENA 3	MEDIANA 4	
			a4	a - Aqüíferos intergranulares descontínuos, locais, livres, subordinados a cursos d' água. Espessura de até 22m. Permeabilidade alta a média. Alimentação direta através dos rios e chuvas. Aproveitamento por meio de poços escavados de grande diâmetro ou tubulares rasos. Principal fonte de abastecimento hídrico da área.
		b3		b - Aqüíferos intergranulares locais, livres, constituídos por sedimentos não consolidados, com espessura máxima de 20m. Sua principal função é alimentar o aqüífero fraturado subjacente. Permeabilidade alta a média. Aproveitamento por poços escavados de grande diâmetro. Importância apenas local. Reservas sujeitas a grandes variações sazonais. Espessura saturada muito variável.
	c2	c3		c - Aqüíferos intergranulares descontínuos de extensão variável, livres. Espessura máxima de 30m. Permeabilidade média a baixa. Aproveitamento por poços escavados de grande diâmetro. Ocorrem em áreas onde há abundância de água de superfície. Reservas sujeitas a grandes variações sazonais. Espessura saturada muito variável.
g4	g4	g3		g - Aqüíferos descontínuos fraturados, livres. Permeabilidade média a baixa. Aproveitamento por poços tubulares de até 100m.
h4	h2	h3		h - Aqüíferos locais restritos a zonas fraturas, ampliados pela presença de aluviões ou coberturas indiferenciadas, livres ou confinados. Permeabilidade média a baixa. Exploração restrita às áreas de relevo suave.
	i2			i - Aqüíferos intergranulares / fraturados extensos, livres. Pequena ocorrência na área. Permeabilidade variável, geralmente baixa. Relevo acidentado. Importância apenas local.
m4				m - Aqüíferos praticamente ausentes. Ocorrências de água subterrânea de pequena expressão restritas a níveis quartzíticos. Relevo acidentado. Não indicados para explotação.

PRODUTIVIDADE DE AQÜÍFERO (Capacidade específica dos poços)

- Inferior a 0,033 l / s / m
- Entre 0,033 e 0,33 l / s / m
- Superior a 0,33 l / s / m

PRODUTIVIDADE DE POÇO

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

- Seco
- Até $3m^3$ / h
- Entre 3 e $10m^3$ / h
- Entre 10 e $40m^3$ / h
- Entre 40 e $100m^3$ / h
- Superior a $100m^3$ / h
- Ponto de água com vazão estimada (vazões definidas para rebaixamento de nível de água de 25m)

1 / 2 — 3(2)-4(4) / 5(3)-6(2) — Disposição dos Elementos

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

$T = 2,2 \, 10^{+2}_{-5} \, t^{+5}_{-7}$ — Transmissibilidade (m^2 / s)

- Fratura com possibilidades de ocorrência de água subterrânea
- Limite de áreas de importância hidrogeológica relativa local
- Limite de extensão de áreas de produtividade de aqüífero

QUALIDADE QUÍMICA

- Curvas de igual resíduo seco (g / l), tracejadas quando aproximadas

USO DA ÁGUA

H - Consumo humano, G - Consumo animal
I - Irrigação, F - Abastecimento industrial

GEOLOGIA / LITOLOGIA

Coluvião (Quaternário)	Qdl	Sedimentos aluviais inconsolidados, arenosos, areno-argilosos, argilo-siltícos e, localmente, contendo seixos e matacões
Coluvião (Quaternário)	Qco	Sedimentos coluviais e resultantes do retrabalhamento de sedimentos pleistocênicos
Cobertura indiferenciada(Terciário-Quaternário)	TQci	Cobertura detrítica indiferenciada, total ou parcialmente laterizada
Grupo Macaúbas (Proterozóico Superior)	PSar	Arenitos
	PSpc	Paraconglomerados
	Pxt	Xistos, filitos grafitosos ou não, rítmicos e quartzitos
	Pxtqt	Xistos quartzosos com intercalações de quartzitos
Supergrupo Espinhaço (Proterozóico)	Pqt	Quartzitos com níveis subordinados de conglomerados
	Pmv	Xistos, filitos, quartzitos, rochas vulcanoclásticas e vulcânicas ácidas a intermediárias
	Pmc	Metaconglomerados, xistos e filitos
Pré- Espinhaço (Arqueano a Proterozóico Inferior)	APImx	Micaxistos e anfibolitos
	Pimt	Metatexitos
Associação Gnáissico-Migmatítica (Arqueano a Proterozóico Inferior)	Pign/mi	Gnáisses e migmatitos indivisos
	APIgt	Granitóides de filiação básica, associados a rochas porfiroblásticas, migmatíticas, gnáissicas e xistosas

ELEMENTOS ESTRUTURAIS

DENSIDADE DE FRATURAS

- <0,5Km / Km²
- 0,5 - 1,0Km / Km²
- >1,0Km / Km²

DIAGRAMAS DE FRATURAS (%)

- Contato definido, aproximado ou transicional
- Falha indiscriminada definida ou aproximada
- Zona de cisalhamento dúctil, contracional (empurrão), aproximada onde tracejada
- Zona de cisalhamento extensional (A - bloco alto, B - bloco baixo)
- Falha transcorrente dextral e sinistral
- Sinformal com indicação do caimento do eixo
- Antiformal
- Lineamento estrutural
- Zona de milonito
- Fratura definida e encoberta
- Fratura aberta com mergulho medido
- Fratura aberta vertical
- Fratura fechada com mergulho medido ou indicado
- Fratura fechada vertical
- Sistema de fraturas
- Foliação / bandamento gnáissico com mergulho medido ou indicado
- Foliação / bandamento gnáissico vertical
- Foliação milonítica medida ou indicada
- Foliação milonítica vertical
- Clivagem com mergulho medido
- Acamamento com mergulho medido
- Dobras menores com eixo sub-horizontal ou com indicação do caimento do eixo

HIDROLOGIA

PLUVIOMETRIA (mm)

- Curso de água perene
- Curso de água intermitente
- Lagoa intermitente
- Barragem com indicação de volume
- Área sujeita a inundação
- Captação de fonte

SEÇÃO GEOLÓGICA ESQUEMÁTICA

Escala Horizontal 1:100.000 Escala Vertical 1:40.000 Exagero 2,5 Vezes)

Base planimétrica elaborada a partir da Folha SD.23-Z-D-II, Monte Azul, escala 1: 100.000, 1ª edição - 1978, IBGE.
Tratamento cartográfico dos elementos da base e do tema sob a responsabilidade do SECART / SUREG - BH, com a supervisão geral do Centro de Cartografia - CECAR / CPRM.
Chefia do CECAR: Célio Lima de Macedo.
Planejamento cartográfico geral: Célio Lima de Macedo
Preparo da base para o desenho: Manoel Leite de Sá.
Orientação e preparo dos originais: Alba Martinho Coelho.
Execução cartográfica: Elizabeth de Almeida Cadete Costa (SECART/SUREG-BH), João de Matos Leão (SECART/SUREG-BH) e Terezinha Inácia de Carvalho Pereira (SECART/SUREG-BH).
Revisão da execução cartográfica: Denize Kistemann Chiodi (SECART/SUREG-BH)
Especificações e revisão cartográfica: Wilhelm Petter de Freire Bernard, Marilia Gomes dos Santos, Carlos Alberto da Silva Copolillo e Maria Luiza Poucinho.

O Projeto Mapas Hidrogeológicos é parte do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB, em execução pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, desde setembro de 1985.
Este mapa foi elaborado pela Superintendência Regional de Belo Horizonte, utilizando como base os mapas geológicos dos Projetos Leste do Tocantins / Oeste do Rio São Francisco (DNPM/CPRM - 1976, esc. 1:250.000) e Porteirinha-Monte Azul (DNPM/CPRM - 1980 - esc. 1:50.000), tendo sido concluído em fevereiro de 1993. Atualização e complementação de dados a partir de aerofotos, imagens de satélite e trabalhos de campo.
Coordenação Geral do PLGB: Inácio de Medeiros Delgado.
Coordenação Nacional de Hidrogeologia: Antônio de Souza Leal.
Coordenação Regional do PLGB: Clabion Piva Pinto.
Coordenadores Regionais de Hidrogeologia: Antônio de Souza Leal , José do Espírito Santo Lima.
Responsável técnico: José do Espírito Santo Lima.
As informações cartográficas e demais dados gerados e utilizados para execução deste documento estão disponíveis em meios convencionais e magnéticos, no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAS, concebido e implantado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM.

ESCALA 1: 100.000

PROJEÇÃO TRANSVERSA DE MERCATOR
Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano Central 45° WGr.,
acrescidas as constantes: 10 000km e 500km, respectivamente.
Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC.
Datum horizontal: Córrego Alegre, MG.
Declinação magnética do centro da folha em 1994: 21° 28' - cresce 7' anualmente.

CPRM
1994

CPRM BIBLIOTECA