



Município de Capim Branco

Informações Básicas para a Gestão Territorial

VOLUME II

Hidrologia

Hidrogeologia

Geotecnia

Espeleologia

Declividade

I-96

CPRM - BIBLIOTECA	
ARQUIVO	
Relatório nº	2254 5
N.º de Volumes	V: _____
PHL - 011998	



**Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CPRM**

**Programa Gestão e Administração Territorial
GATE**

**Projeto VIDA
Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental**

Gerente de Recursos Minerais:
Claiton Piva Pinto

Coordenação Técnica:
Fernando Antônio de Oliveira

Equipe Técnica:

Décio Antônio Chaves Beato – CPRM
Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira – CPRM
Gesler Ferreira – CPRM
Jayme Álvaro de Lima Cabral – CPRM
Líliá C. Senna Horta – CPRM
Maria Letícia R. Alves Patrus – CPRM

Mylène Luiza Berbert-Born – CPRM
Paulo Fernando P. Pessoa – CPRM
Elenice Maria Campos – Estag. Geografia – PUCMG
Frederico Soares Dias – Estag. Geologia – UFMG
Luciana Aguiar S. Lima – Estag. Geologia – UFMG
Múcio Amaral Figueiredo – Estag. Geografia – UFMG

Digitação:
Maria Alice Rolla Becho
Sarah Costa Cordeiro

Copidesque e Revisão:
Sueli Cardoso de Araújo

Edição de Mapas:
Edgar Shinzato
Luiz Alfredo Moutinho da Costa
Mário Osvaldo Fraenkel

APRESENTAÇÃO

Projeto Gráfico e Editoração Eletrônica:
Maria da Conceição Cavalcanti Jinno

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Município de Capim Branco: informações básicas para a gestão territorial. –
Vol. 2. Hidrologia, Hidrogeologia, Geotecnia, Espeleologia, Declividade. Belo Ho-
rizonte : CPRM, 1994.

128p. : mapas, fotos

“Projeto VIDA – Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental.”

1. Planejamento territorial regional – Minas Gerais. I. Minas Gerais. II. Título.

CDD 918.15

1. Introdução

2. Objetivos

3. Metodologia

4. Resultados

5. Conclusões

6. Referências

7. Anexos

8. Bibliografia

9. Índice

10. Apresentação

11. Conclusão

12. Referências

APRESENTAÇÃO

13. Anexos

14. Bibliografia

15. Índice

16. Conclusão

17. Referências

18.

19.

O Projeto VIDA – Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental representa uma saudável ação conjunta – governo, empresa, comunidade – visando ao melhor conhecimento e uso dos recursos naturais, aliando desenvolvimento socioeconômico com a qualidade ambiental de uma importante região centro-meridional do estado de Minas Gerais.

Abrange uma área aproximada de 1.800km², representada pelos municípios de Capim Branco, Funilândia, Lagoa Santa, Matozinhos, Pedro Leopoldo, Prudente de Moraes, Sete Lagoas e Vespasiano, formando importante pólo industrial, com mais de 200 indústrias de diferentes portes e ramos de atuação, com destaque para os bens minerais.

Os estudos empreendidos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM apresenta à comunidade um expressivo acervo de informações sobre o meio físico, capaz de subsidiar tecnicamente nas formulações de programas que visem equacionar possíveis conflitos entre as atividades econômicas e a preservação do meio ambiente.

Apontando as ações que deverão privilegiar procedimentos ambientalmente adequados ao desenvolvimento sustentado participativo e longe de esgotar o assunto, os trabalhos desenvolvidos mostram a necessidade de se avançar no aprofundamento dos estudos específicos que atendam a aspectos das vocações de cada município.

Carlos Oití Berbert
Presidente

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	iii
INTRODUÇÃO.....	1
HIDROLOGIA	5
Introdução.....	7
Caracterização Climática.....	7
Aspectos Hidrometeorológicos.....	7
Parâmetros Climatológicos	7
Precipitação.....	8
Balanço Hídrico.....	10
Classificações Climáticas	10
Hidrologia Superficial.....	12
Hidrografia.....	12
Avaliação das Disponibilidades Hídricas	13
Usos das Águas de Superfície	17
Abastecimento Urbano	17
Abastecimento Rural.....	17
Abastecimento Industrial.....	19
Irrigação.....	19
Assimilação e Transporte de Esgotos e Efluentes	19
Recreação.....	19
Qualidade das Águas de Superfície	19
Rede de Amostragem	19
Parâmetros Analisados	21
Análise dos Resultados.....	21
Referências Bibliográficas	24
 Anexos:	
I. Resultado das Análises de Águas de Superfície	
II. Documentação Fotográfica	
 HIDROGEOLOGIA	33
Introdução	35
Uso da Água.....	37
Abastecimento Público, Industrial e Rural.....	37
Quantificação da Demanda Atual e Futura.....	38
Hidrogeologia	39
Unidades Hidrogeológicas	39
Aqüíferos Fissurados	39
Aqüíferos Cársticos.....	40
Aqüíferos Granulares	42
Áreas de Favorabilidade à Exploração da Água Subterrânea.....	42
Aspectos Condicionantes para Locação de Poços	35
Vulnerabilidade dos Aqüíferos à Poluição.....	44
Qualidade das Águas Subterrâneas	45

	Química das Águas	46
46	Composição	46
49	Tipos Químicos das Águas	50
49	Poluição das Águas Subterrâneas	54
49	Estágio Atual: Níveis e Tipos de Contaminação	54
49	Origens e Causas	54
49	Qualidade das Águas para Consumo Humano e Animal	55
49	Qualidade das Águas para Uso Agrícola	56
49	Qualidade das Águas para Uso Industrial	56
49	Risco de Contaminação dos Aqüíferos	57
49	Conclusões	60
49	Recomendações	62
49	Referências Bibliográficas	64
49	Anexos:	
49	I. Catálogo Geral de Pontos d'Água	
49	II. Análises Químicas de Pontos d'Água	
49	III. Documentação Fotográfica	
49	Encarte:	
49	I. Mapa Hidrogeológico e de Favorabilidade à Exploração da Água Subterrânea	
49	II. Mapa de Vulnerabilidade e Risco de Contaminação dos Aqüíferos	
49	III. Mapa de Qualidade da Água Subterrânea	
49	GEOTECNIA	71
49	Finalidade dos Estudos Geotécnicos	73
49	Metodologia	73
49	Informações Básicas do Meio Físico	75
49	Padrões de Relevô	75
49	Substrato Rochoso	75
49	Mapa das Unidades Geotécnicas	76
49	Solos Residuais	76
49	Depósitos de Cobertura	76
49	Qualificação Geotécnica dos Terrenos de Capim Branco	77
49	Solos Residuais de Gnaisses e Migmatitos (CGr)	77
49	Solos Residuais de Metacalcários (CSr e CAr)	77
49	Solos Residuais de Metapelitos (CPr)	79
49	Complexo Coluvial (C1)	80
49	Complexo de Sedimentos Fluviais (Ca,t)	81
49	Complexo Coluvial em Rampa (Rc)	82
49	Mapa de Zoneamento Geotécnico	82
49	Caracterização e Aptidão dos Terrenos	84
49	Referências Bibliográficas	88
	Anexos:	
	I. Mapa de Unidades Geotécnicas	
	II. Mapa de Zoneamento do Substrato Rochoso	
	III. Documentação Fotográfica	
	Encarte: Mapa de Zoneamento Geotécnico	

ESPELEOLOGIA	95
Introdução	97
Metodologia	97
Aspectos Gerais	97
Descrição das Etapas de Trabalho	97
Etapa I	97
Etapa II	99
Etapa III	99
Estrutura de Informações	99
Levantamento Topográfico	104
A. Alinhamento Poligonal	104
B. Detalhamento dos Conduitos (Largura e Altura)	104
O Município de Capim Branco	104
A Gruta Córrego do Capão	106
Gruta Córrego do Capão (Ressurgência)	106
Dados Topográficos	106
Localização	106
Feições Externas	106
Feições Internas	106
Feições Litostratigráficas e Estruturais	108
Dados Hidrológicos	108
Gênese e Evolução	108
Avifauna	109
Fauna Hipógea	109
Comentários sobre Fauna	109
Informações Adicionais	110
Referências Bibliográficas	111

Anexo:

Documentação Fotográfica

DECLIVIDADE	117
Introdução	119
O Que É Declividade	119
Metodologia	119
Limitações à Utilização da Carta Clinométrica	120
A Classificação das Declividades	120
Aspectos Geomorfológicos e Geológicos	121
Utilização do Mapa de Declividade	122
Referências Bibliográficas	124

Anexo:

Documentação Fotográfica

OBS.: Os mapas deste volume estão em escala reduzida para fins de ilustração. Cópias desses documentos, em escala original, poderão ser obtidas na CPRM, em Belo Horizonte.

INTRODUÇÃO

O conjunto de informações geradas pelo Projeto VIDA está enfeixado em uma série de volumes, compreendendo estudos técnicos e mapas temáticos que abordam, individualmente, os municípios constantes da área estudada.

Buscou-se, partindo das informações essencialmente técnicas, fornecer subsídios que auxiliem a um planejamento adequado para o uso e ocupação do solo do município, em linguagem de fácil compreensão ao planejador ou profissional sem formação específica no assunto.

As informações referem-se a análises geológica, geomorfológica, de vegetação, de caracterização do solo, avaliação de uso da terra, estudos geotécnicos e hidrogeológicos, inventário espeleológico e dados socioeconômicos, que, no caso do presente volume, estão direcionados para o município de Capim Branco.

Essas informações foram avaliadas em função de suas potencialidades e limitações, considerando a existência de riscos às diferentes iniciativas de atividades econômicas.

Representam, por fim, o primeiro passo a ser dado para o conhecimento dos sistemas ambientais da região, com vistas a prognosticar a sua tolerância a ações antrópicas, permitindo um adequado planejamento de ocupação compatibilizado com os preceitos ambientais.

HIDROLOGIA

Eng^a Hidróloga Maria Letícia Rabelo Alves Patrus

INTRODUÇÃO

O conhecimento das características hidrológicas de uma região e das variáveis hidrometeorológicas intervenientes é essencial na elaboração de projetos de engenharia, como saneamento básico, drenagem urbana e rodoviária, abastecimento industrial, irrigação de culturas agrícolas, geração de energia, dentre outros.

O levantamento quantitativo dos recursos hídricos de superfície, associado ao cadastramento dos usuários da água e suas respectivas demandas e os estudos de qualidade da água, vêm subsidiar a formulação de critérios de controle desses recursos, de forma a minimizar futuros conflitos de uso ou impactos ambientais decorrentes de sua exploração.

Assim sendo, a avaliação dos recursos hídricos de superfície do município de Capim Branco poderá favorecer o estabelecimento de critérios de planejamento, com vistas ao seu desenvolvimento socioeconômico vinculado à preservação ambiental.

Para a elaboração dos estudos hidrológicos, efetivou-se, inicialmente, uma pesquisa bibliográfica junto a entidades públicas, incluindo o levantamento de dados hidrometeorológicos básicos disponíveis para a área municipal e regiões adjacentes. Dentre os órgãos contactados está o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE, que forneceu os dados hidrométricos, o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, responsável pela cessão dos dados das estações climatológicas existentes na região de entorno do município, e a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, que dispõe de diversos estudos relativos à bacia do alto São Francisco.

Realizaram-se viagens de campo, com a finalidade de levantar informações locais, inclusive através de contatos com a prefeitura municipal, lideranças locais, técnicos de instituições regionais, produtores rurais, dentre outros. As informações obtidas referem-se aos usos das águas de superfície, fontes de poluição, qualidade das águas e atividades desenvolvidas na área da bacia hidrográfica.

Os estudos e trabalhos de escritório desenvolveram-se com o objetivo de se proceder ao levantamento quantitativo dos recursos hídricos de superfície a partir de estudos de regionalização de

vazões, e à avaliação da qualidade das águas, através da interpretação dos resultados das análises de água coletados especificamente para esses estudos. Os pontos de amostragem pertencem à rede de monitoramento implantada pela CPRM para o Projeto VIDA.

Uma vez que a disponibilidade hídrica é alterada em função dos diversos usos das águas, o levantamento desses usos e de suas respectivas demandas também fez parte dos estudos. Cabe dizer que os usos considerados não foram apenas os consultivos, ou seja, aqueles em que ocorrem a retirada e perda de parte das águas dos cursos naturais, mas também os usos que alteram a qualidade das águas, restringindo, portanto, sua utilização para outros fins.

Realizou-se, também, uma caracterização climática da região, com o objetivo de quantificar as variáveis hidrometeorológicas intervenientes nas várias etapas do ciclo hidrológico.

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

Aspectos Hidrometeorológicos

De acordo com a configuração atmosférica de larga escala, a região do município de Capim Branco se encontra, durante todo o ano, sob o domínio do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, o que caracteriza a predominância do bom tempo verificada em grande parte do ano. As perturbações meteorológicas observadas na área estão normalmente associadas às frentes frias, responsáveis pelas precipitações de verão e pelas temperaturas mais baixas verificadas no inverno. As linhas de instabilidade provenientes de noroeste também atingem a área, principalmente na primavera e verão, causando a formação de chuvas geralmente de grande duração.

Parâmetros Climatológicos

Como não se dispõe de estação climatológica no município, foram utilizados dados da estação de Sete Lagoas, operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, relativos ao período de 1961/1990. Essa estação está localizada na Fazenda Experimental da Empresa Brasileira de

Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, adjacente ao município e distante apenas 8km da cidade de Capim Branco, tendo sido considerada representativa das características climáticas da área.

Segundo os dados da referida estação, a temperatura média anual no município é da ordem de 22,8°C. O inverno é ameno, sendo que as temperaturas mais baixas ocorrem normalmente devido à invasão das frentes frias, associadas ao anticiclone polar. As temperaturas média e média das mínimas de julho, o mês mais frio, são da ordem de 19,9 e 11,2°C, respectivamente. Já a estação quente é longa, normalmente se estendendo de outubro a março; as médias mensais nesse período variam entre 23,7 e 24,6°C. O mês mais quente, março, apresenta temperatura média das máximas da ordem de 29,6°C. Os histogramas das médias, médias das máximas e média das mínimas são apresentados na Figura 1.

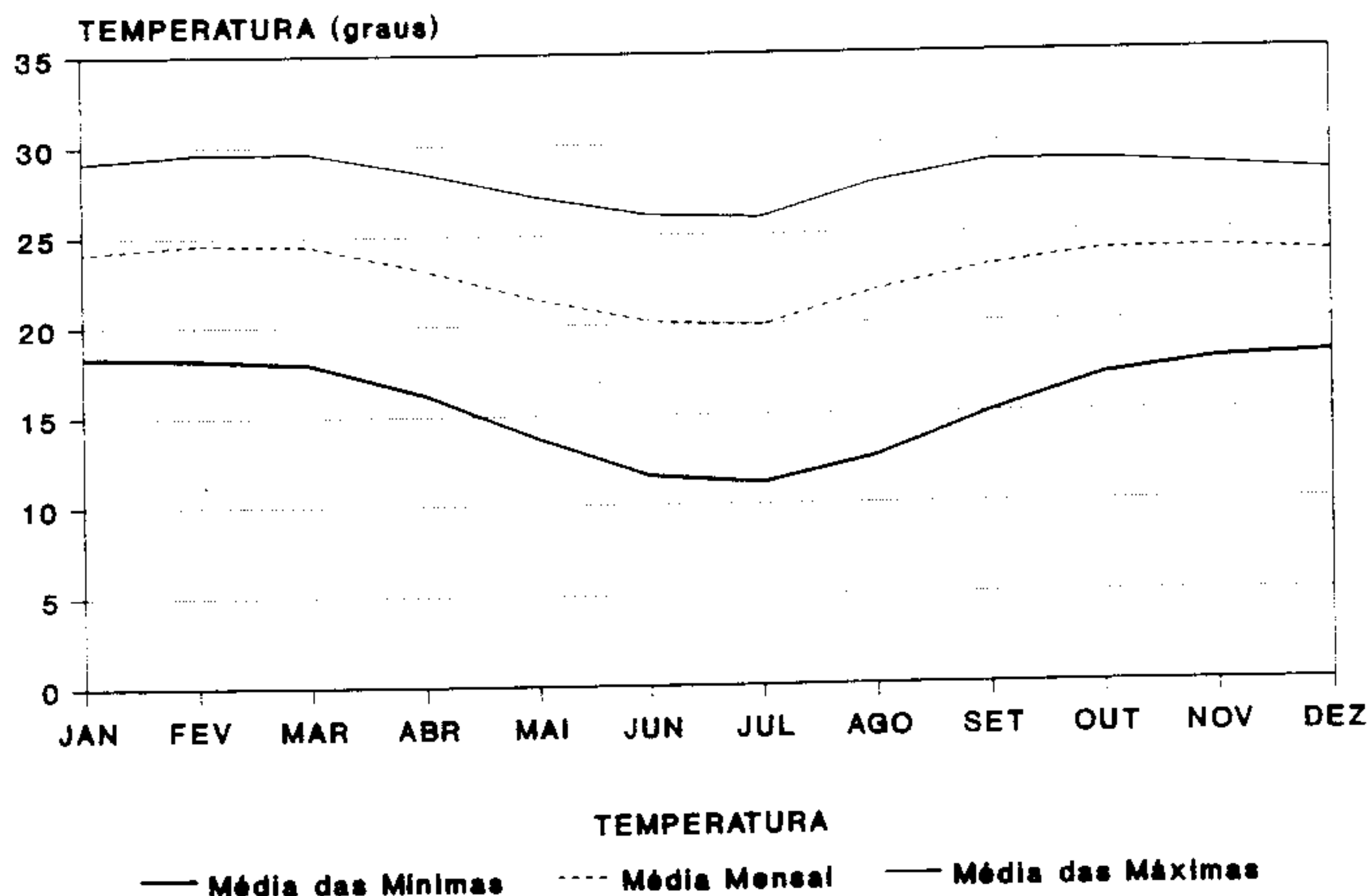


Figura 1 – Temperaturas mensais (Período: 1961-1990)

A umidade relativa média anual é de 67,8%. Os meses mais úmidos são dezembro e janeiro, cujas médias mensais giram em torno de 74,8%; em anos muito úmidos, esses valores chegam a atingir 95%. Agosto é o mês mais seco, com média de 56,4%.

Com relação à nebulosidade, a média anual está em torno de 5,1 décimos. Os maiores índices ocorrem em dezembro, da ordem de 7,4 décimos. Agosto, por sua vez, é o mês de menor ocorrência de nuvens, com média de 3,1 décimos.

Quanto à insolação, o total anual médio é da

ordem de 2.690 horas. De forma inversa à nebulosidade, o mês de maior insolação é agosto, com média de 277,5 horas; dezembro apresenta a menor insolação média, de cerca de 170,4 horas. A Figura 2 apresenta os valores mensais relativos à nebulosidade e insolação.

As direções predominantes dos ventos durante todo o ano são E (direção de leste para oeste) e S (direção de sul para norte), representando cerca de 30 e 16% do total das observações efetuadas no período estudado, respectivamente. A velocidade média anual dos ventos é da ordem de 1,5m/s; os maiores valores mensais são verificados em setembro, alcançando, em média, 1,9m/s. A rosa dos ventos representativa da região é apresentada na Figura 3.

Os totais evaporimétricos anuais são em média da ordem de 1.036mm para o evaporímetro tipo Piche e 1.756mm para o tanque Classe A. A relação média anual entre os dois aparelhos é da

ordem de 1,7. A Figura 4 apresenta os totais evaporimétricos médios mensais relativos ao período 1979/1990.

Precipitação

Com relação ao regime pluviométrico, o município de Capim Branco apresenta totais pluviométricos anuais variando em média entre 1.300 e 1.350mm. Em anos chuvosos, a precipitação total

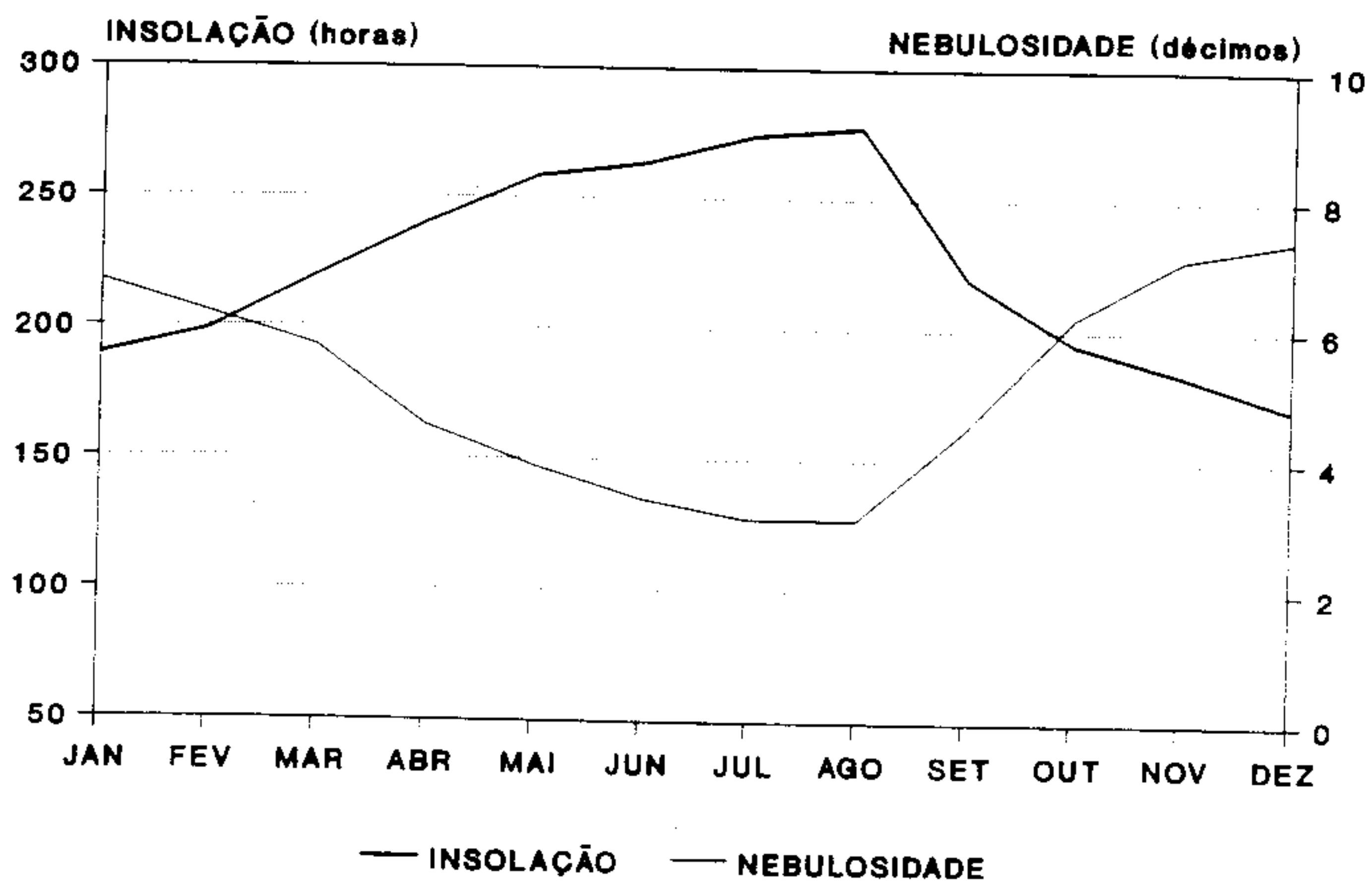


Figura 2 – Insolação Total Média x Nebulosidade Média Mensal (Período: 1961/1990)

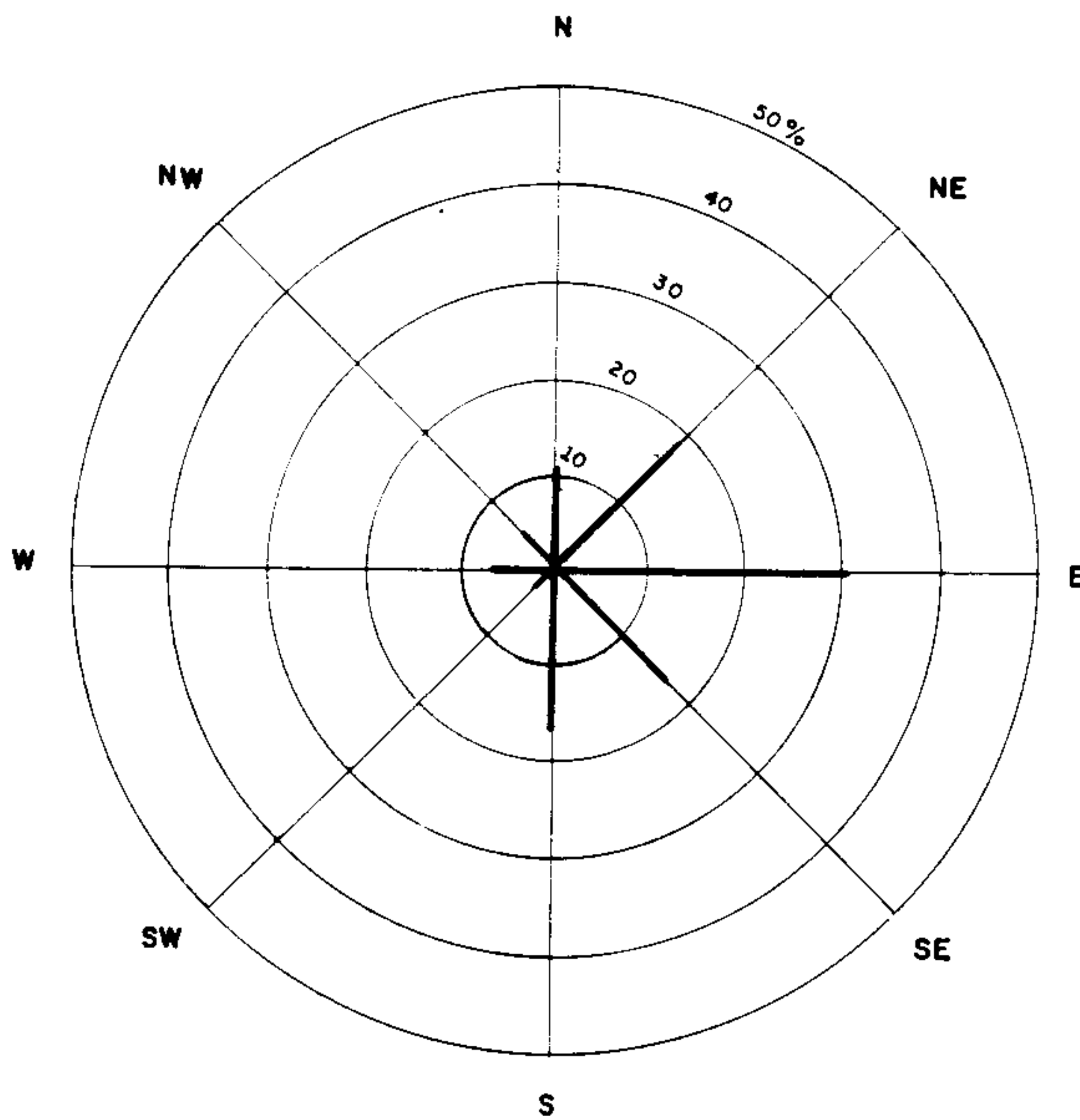
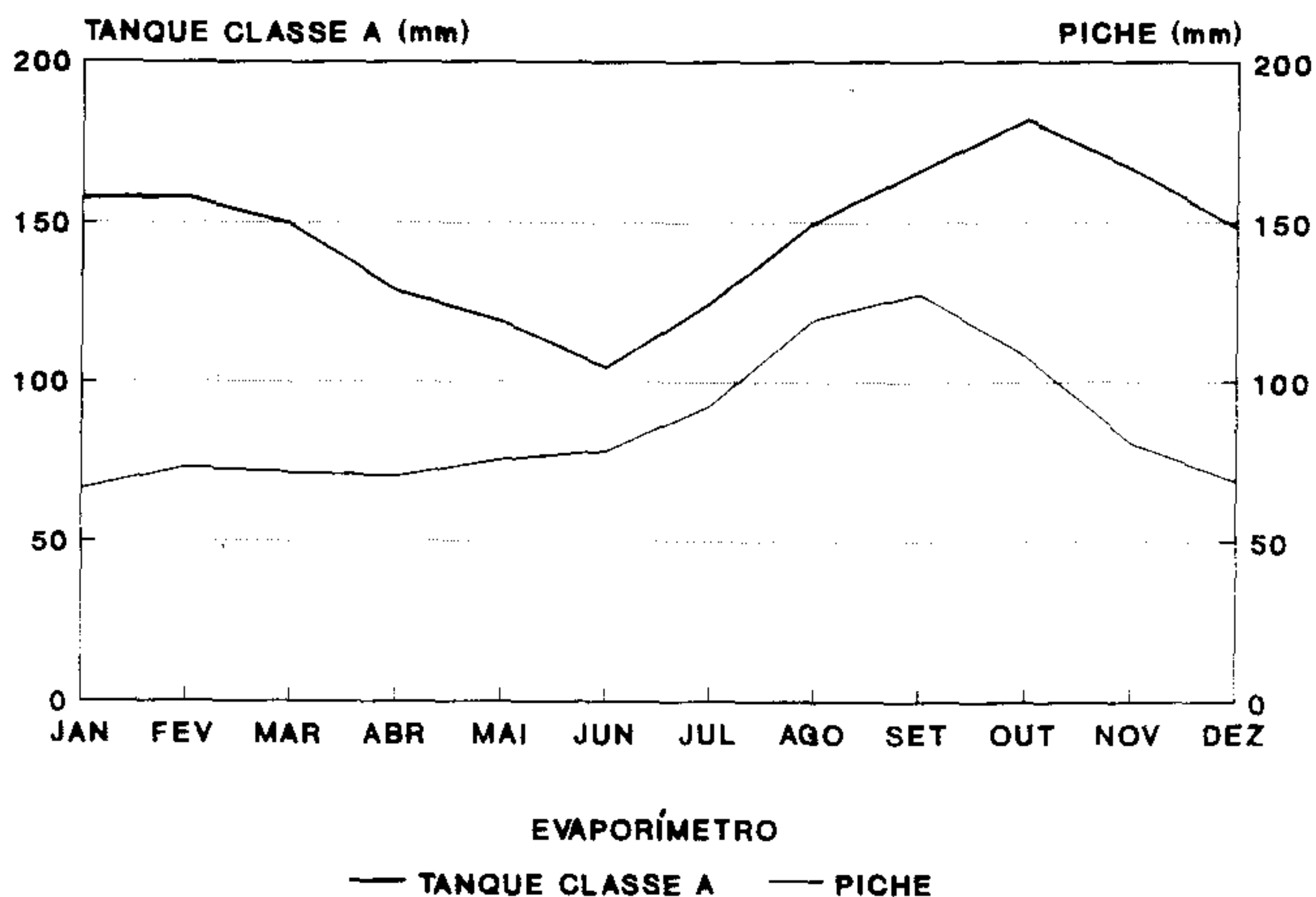


Figura 3 – Gráfico de Frequência Relativa das Direções dos Ventos (Período: 1985/1990)



**Figura 4 – Evaporação Total Mensal
(Período: 1979-1990)**

anual chega a alcançar índices superiores a 2.000mm. O coeficiente de variação anual das chuvas é de 26%; o número médio de dias de chuva é da ordem de 90 a 95.

Quanto à distribuição anual das precipitações, o trimestre mais chuvoso, correspondente aos meses de novembro, dezembro e janeiro, apresenta precipitação da ordem de 750mm, contribuindo com cerca de 57% do total anual precipitado. Já o período seco se estende por cinco meses, de maio a setembro, representando apenas 7% das chuvas anuais. A Figura 5 apresenta o histograma das precipitações médias mensais estimadas para o município.

Balanço Hídrico

A partir dos parâmetros climatológicos, foram determinados para a área municipal a evapotranspiração potencial e o balanço hídrico mensal, de acordo com a metodologia desenvolvida por Thornthwaite & Mather (1955). Adotou-se uma capacidade de campo de 150mm, em função dos tipos de solo e vegetação verificados no município. O balanço calculado está apresentado na Figura 6.

Os resultados obtidos para os parâmetros intervenientes são:

- Precipitação total anual: 1.333mm;
- Evapotranspiração potencial total anual: 1.152mm;
- Evapotranspiração real total anual: 962mm;
- Excedente hídrico: 371mm;
- Deficiência hídrica: 190mm.

O período de deficiência hídrica (precipitação inferior à evapotranspiração potencial) inicia-se em abril e se estende até setembro. Apesar de sua longa duração, o declínio da temperatura no inverno reduz o processo de evapotranspiração e os estoques de água do solo são utilizados lentamente pela vegetação, de forma que os maiores déficits só vêm a ocorrer em agosto e setembro. Com o início das chuvas, nos meses de outubro e novembro ocorre a reposição de água no solo, até que se alcance a capacidade de campo considerada, ou seja, 150mm. O excedente hídrico, bastante significativo, inicia-se a partir de dezembro, estendendo-se até março; nesse período, ocorrem as máximas descargas fluviométricas observadas.

Classificações Climáticas

As classificações climáticas são normalmente fundamentadas na relação entre algumas variá-

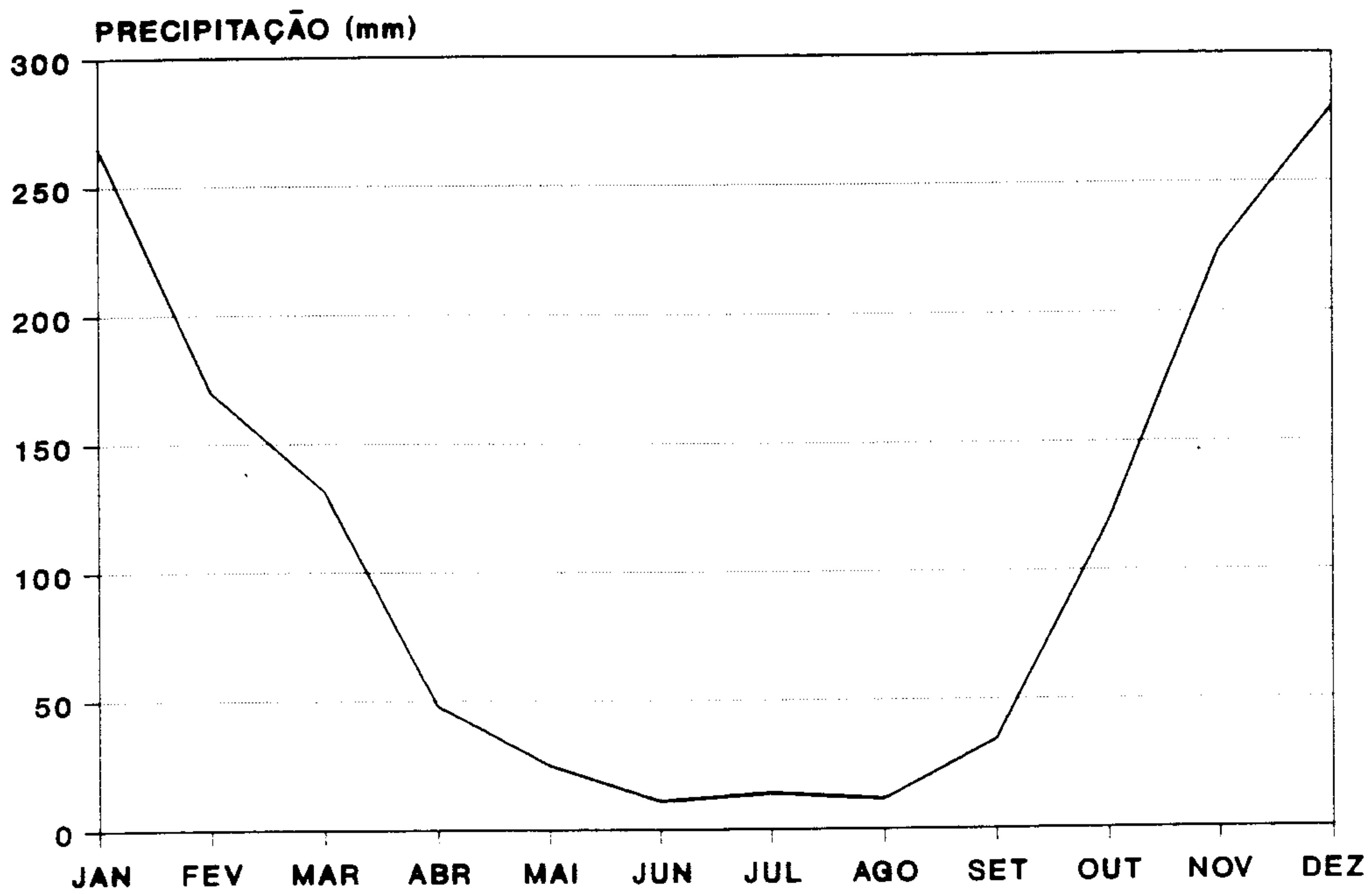


Figura 5 – Totais Pluviométricos Mensais
(Período: 1961/1990)

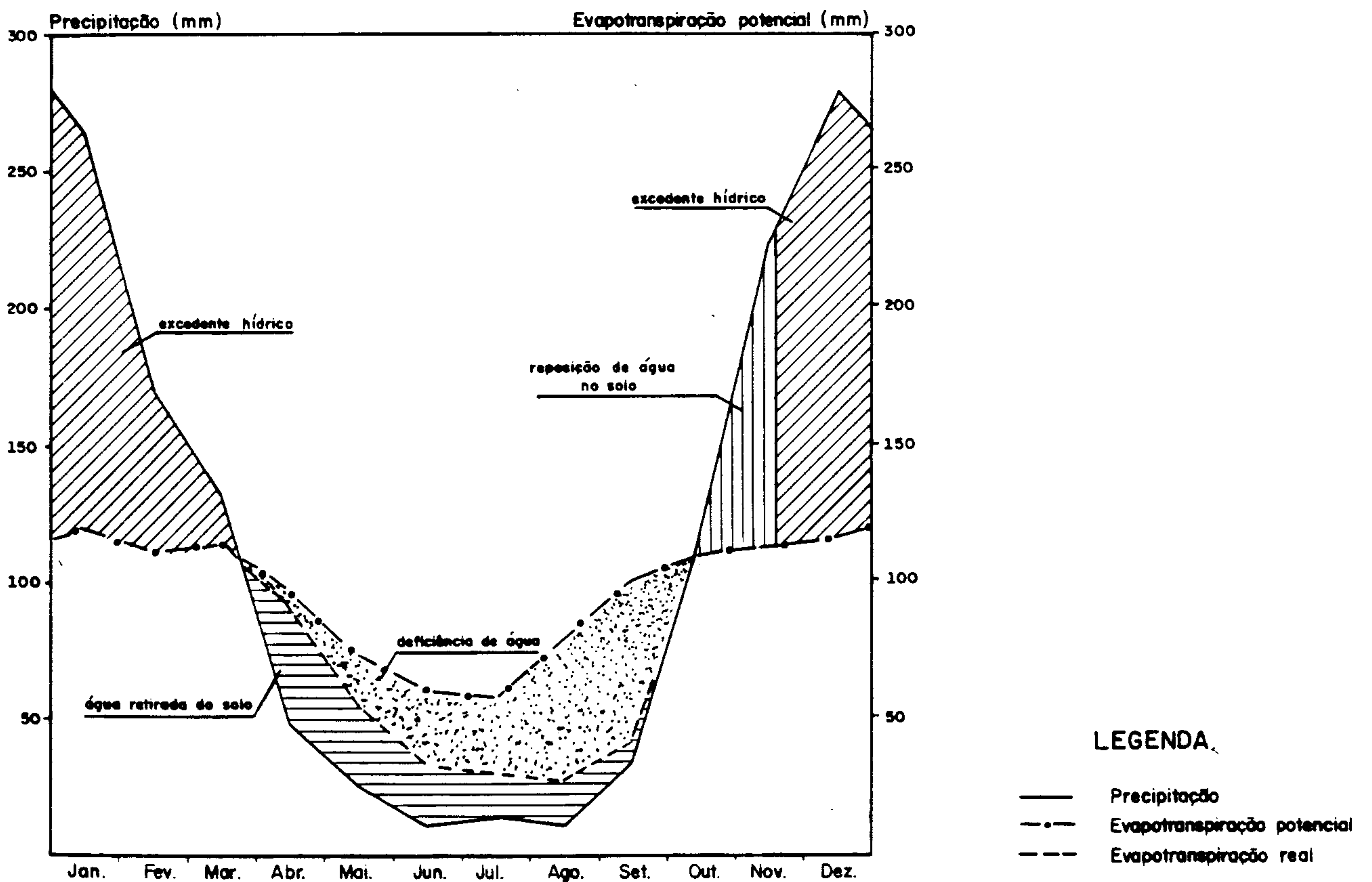


Figura 6 – Balanço Hídrico
Município de Capim Branco

veis climatológicas e fatores ambientais intervenientes, tais como vegetação, solo, dentre outros.

A classificação de Köppen (in Heras, 1972), universalmente conhecida, baseia-se na precipitação e temperatura do ar. De acordo com essa classificação, a região do município de Capim Branco apresenta clima do tipo Aw, ou seja, tropical úmido com inverno seco e verão chuvoso: a temperatura média do mês mais frio é sempre superior a 18°C e os totais pluviométricos anuais se encontram em média entre 1.000 e 1.500mm.

Outra classificação bastante difundida é a de Thornthwaite (1948), que emprega o índice hídrico para caracterizar a eficiência pluvial e a evapotranspiração potencial como indicador da eficiência térmica. O índice hídrico é função do excedente e da deficiência da água de chuva, determinados no balanço de águas (ver "Balanço Hídrico"), em relação à evapotranspiração potencial, ou seja:

$$I_m = I_h - 0,6 \times I_a, \text{ onde:}$$

I_m = índice hídrico;

I_h = índice de umidade, dado por:

$$I_h = (100 \times s) / EP, \text{ onde:}$$

s = excedente hídrico (mm);

EP = evapotranspiração potencial (mm);

I_a = índice de aridez, dado por:

$$I_a = (100 \times d) / EP, \text{ onde:}$$

d = deficiência hídrica (mm);

EP = conforme visto anteriormente.

Para a área em estudo, tem-se:

I_h	I_a	I_m	EP(mm)
32.2	16.5	22.3	1.152

Portanto, segundo a classificação de Thornthwaite (op. cit.), a região apresenta clima do tipo B₁rA'a', onde:

- B₁ corresponde ao tipo climático primeiro úmido (20 I_m 40);
- r indica pouca deficiência de água (0 I_a 16.7);
- A' corresponde ao tipo climático megatérmico indicador de grande eficiência térmica (EP 1.140 mm);
- a' indica que a concentração da eficiência térmica no verão é inferior a 48% da eficiência anual.

Nimer (1977) desenvolveu uma classificação climática para as regiões brasileiras baseada em critérios adaptados de diversos autores. De acordo com sua classificação, a região apresenta clima tropical quente semi-úmido, com um período seco de cinco meses.

HIDROLOGIA SUPERFICIAL

Hidrografia

A região do município de Capim Branco, sob o ponto de vista hidrográfico, é parte integrante da sub-bacia do rio das Velhas, por sua vez pertencente à grande bacia do rio São Francisco.

O ribeirão da Mata é o maior curso d'água do município. Suas nascentes estão localizadas na área circunvizinha pertencente ao município de Matozinhos, a uma cota altimétrica de 1.020m. Apresenta um desenvolvimento longitudinal total da ordem de 72,3km, sendo que nos primeiros 17 km, possui orientação predominante SE-NW até a confluência com o córrego Boa Vista. A partir daí, seu curso toma o sentido leste e posteriormente sudeste, até desaguar na margem esquerda do rio das Velhas, na cota altimétrica 668m. A Figura 7 apresenta o perfil longitudinal do ribeirão.

Do ponto de vista geomorfológico, a bacia do ribeirão da Mata apresenta rede essencialmente dendrítica, de textura média a fina. Sua área total é de 757km², sendo que até a divisa intermunicipal, à jusante da cidade de Capim Branco, a área parcial da bacia é de 113km²; destes, 76%, ou seja, 88km², pertencem ao município de Capim Branco. O desenvolvimento longitudinal do ribeirão nesse primeiro segmento é de 29km, apresentando como principais tributários, pela margem esquerda, os córregos da Laje, Boa Vista, Santo Antônio e Capão da Represa; pela margem direita, os córregos da Maricota e Várzea do Açude. À jusante do município de Capim Branco, os principais tributários do ribeirão se encontram na margem direita, possuindo em geral orientação S-N; são eles os ribeirões Braúnas, do Urubu, das Neves, Areias, e os córregos Carrancas e Sujo.

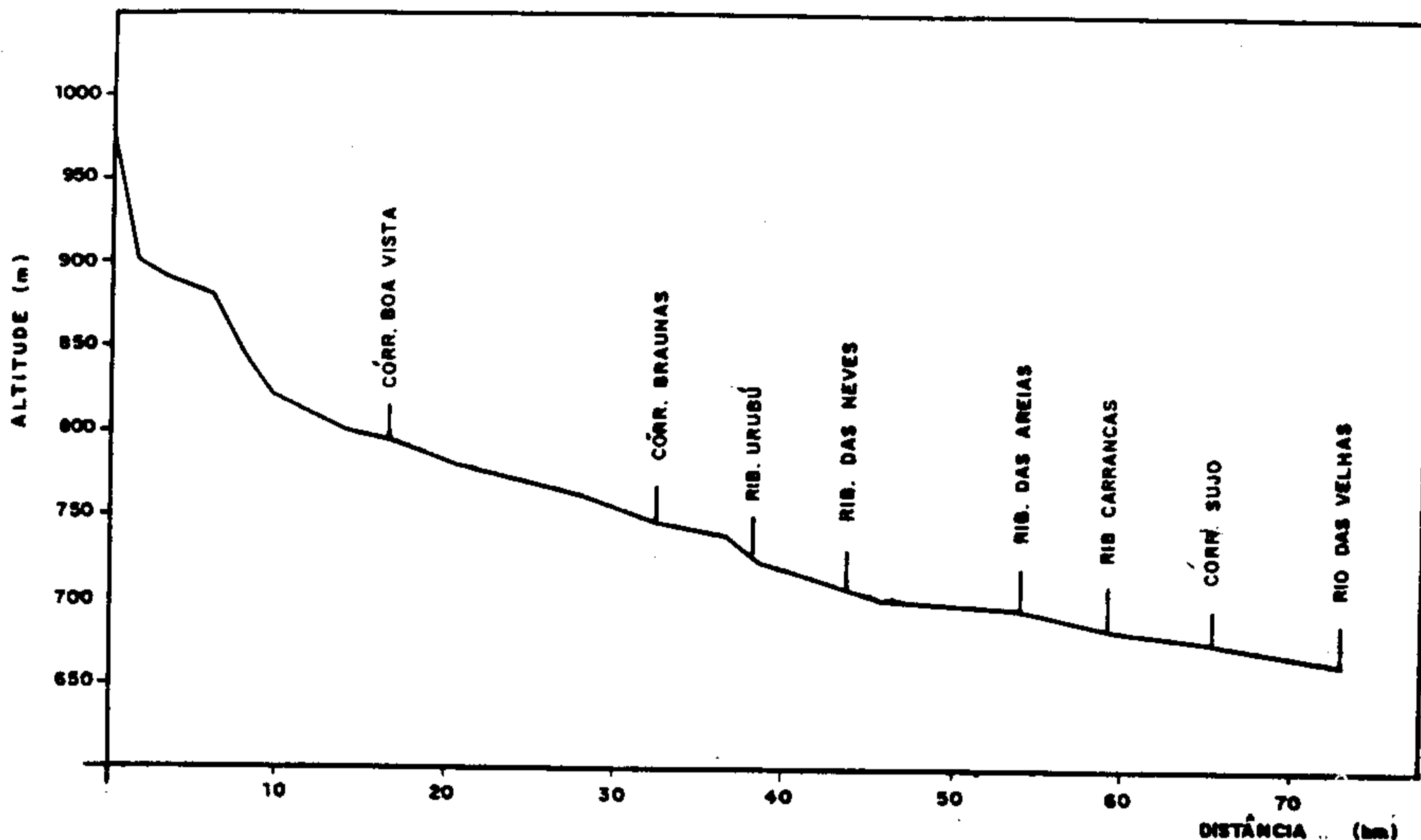


Figura 7 – Perfil Longitudinal do Ribeirão da Mata

A Figura 8 apresenta a bacia do ribeirão da Mata e dos seus principais tributários compreendidos até a divisa dos municípios de Capim Branco e Matozinhos. As características físicas da bacia e principais sub-bacias estão apresentadas no Quadro I.

CURSO D'ÁGUA	ÁREA DE DRENAGEM	COMPRIMENTO DO TALVEGUE (km)
Ribeirão da Mata		
• bacia total	756.8	72.3
• bacia parcial (*)	114.9	29.1
Córrego da Laje	10.1	6.4
Córrego Boa Vista	25.7	10.0
Córrego da Maricota	7.9	6.1
Córrego Santo Antônio	6.3	5.9
Córrego Várzea do Açude	5.6	4.4
Córrego Capão da Represa	4.1	3.6
Córrego Araçás	4.3	2.5

(*) Até a divisa intermunicipal, à jusante da cidade de Capim Branco.

Quadro I – Características Físicas da Bacia do Ribeirão da Mata e Suas Principais Sub-Bacias Situadas no Município de Capim Branco

Cabe observar que o córrego Capão da Represa não drena diretamente para o ribeirão da Mata, uma vez que é capturado pelo sistema aquífero cárstico cerca de 400m à montante do referido ribeirão. Pressupõe-se, contudo, que suas águas ressurgam em local próximo, provavelmente na própria calha do ribeirão da Mata.

As nascentes do ribeirão Jequitibá, tributário pela margem esquerda do rio das Velhas, também se encontram no município de Capim Branco, na área denominada Quebra Canzil, desenvolvendo-se no sentido norte até a divisa com o município de Prudente de Moraes. Entretanto, a área da bacia do Jequitibá pertencente ao município é muito reduzida, da ordem de 9km², representando menos de 2% do total da bacia e apenas 9% da área do município, não tendo sido enfatizada nestes estudos.

Avaliação das Disponibilidades Hídricas

Como não se dispõe de postos fluviométricos nos cursos d'água do município, a avaliação das disponibilidades hídricas para a área foi realizada através de estudos de regionalização de vazões, elaborados a partir dos dados das estações flu-

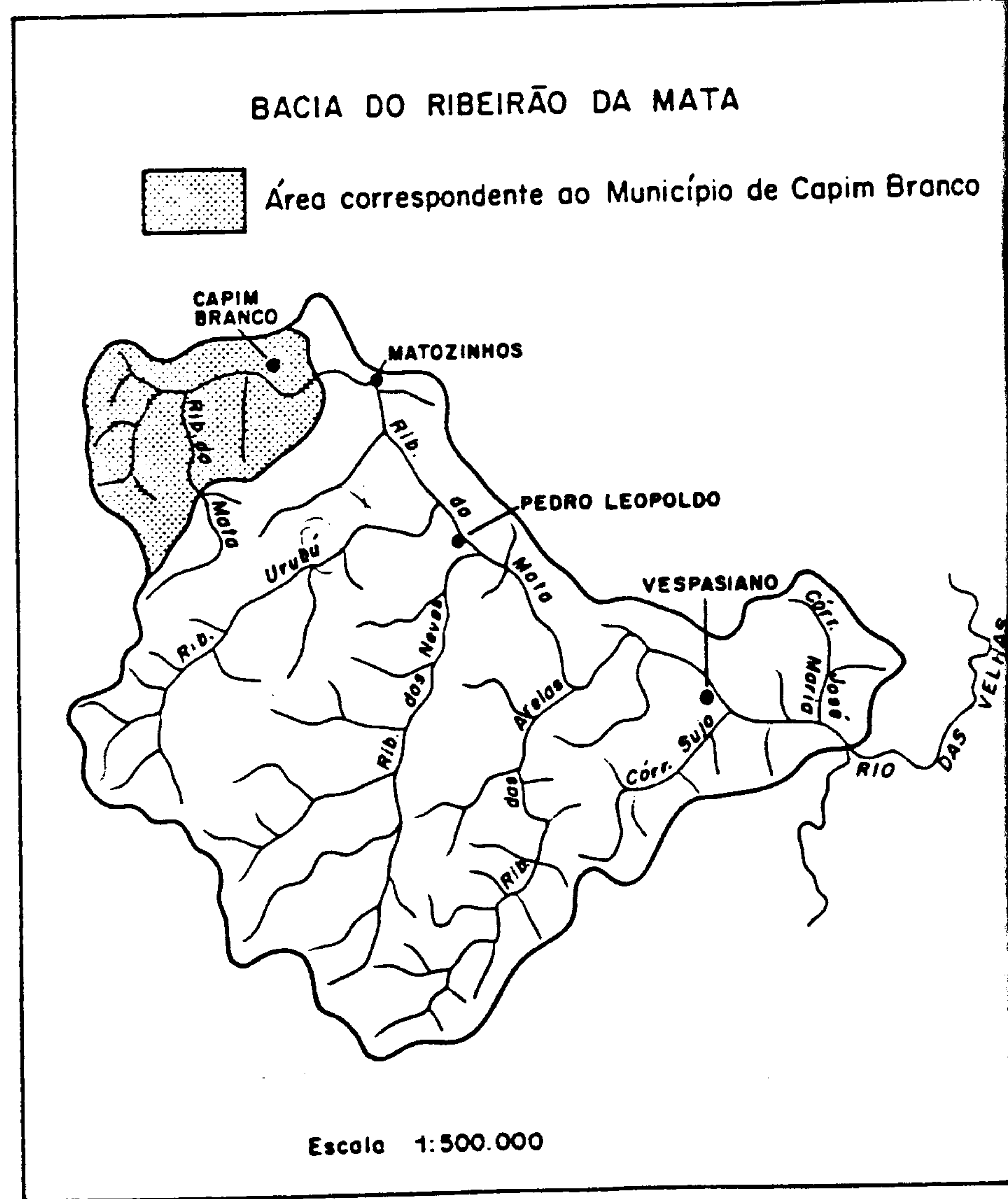
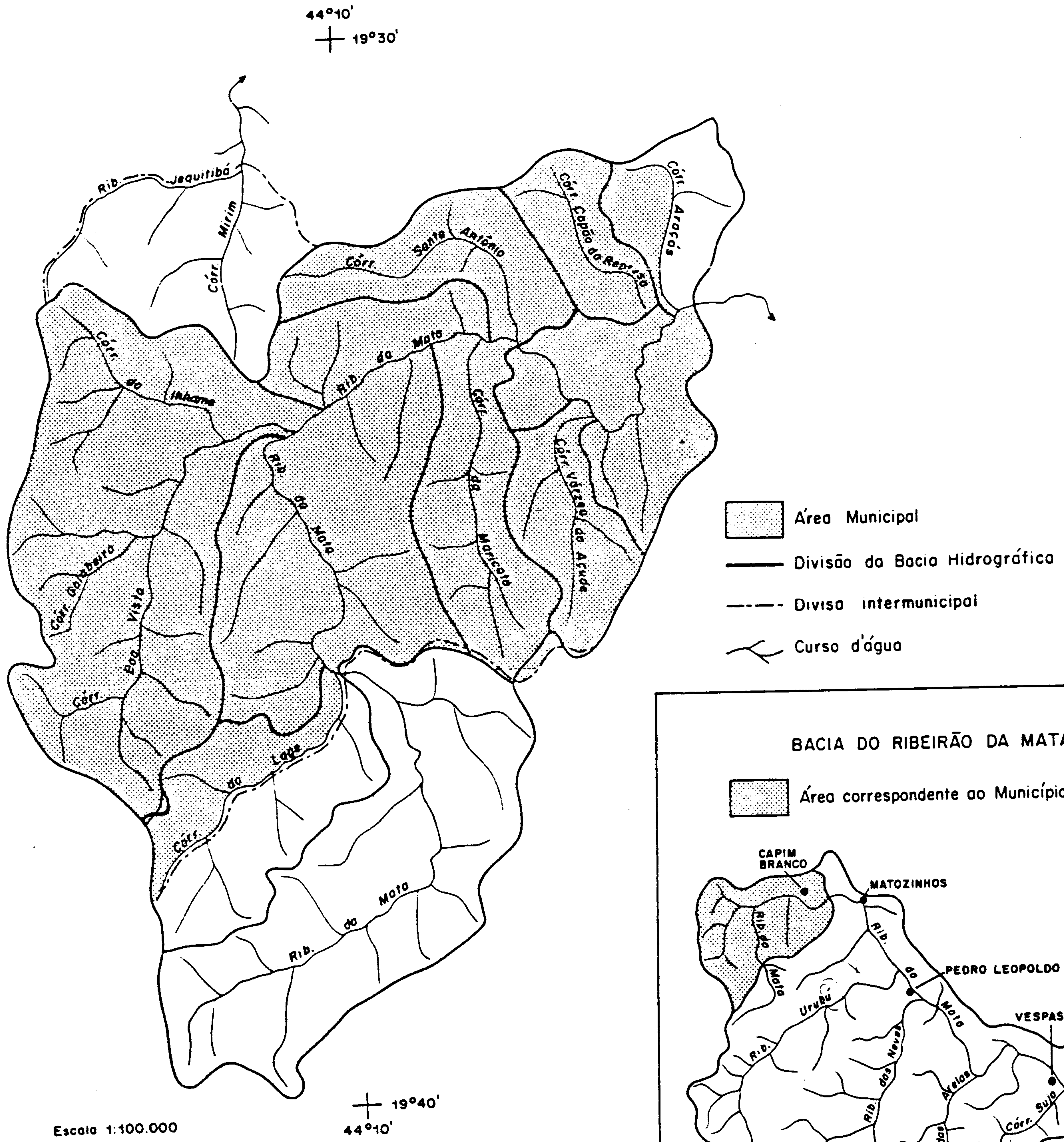


Figura 8 - Mapa Hidrológico do Município de Capim Branco

viométricas próximas, operadas pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE, e localizadas em área considerada homogênea do ponto de vista hidrológico. As estações utilizadas são apresentadas no Quadro II.

- Determinação da curva adimensional de frequência para vazões máximas e mínimas, de acordo com a distribuição de Gumbel (1941), adotada;
- Cálculo da precipitação média anual nas bacias a partir do mapa das isoietas;
- Determinação da curva adimensional de fre-

ESTAÇÃO	PERÍODO	CÓD. DNAEE	CURSO D'ÁGUA	MUNICÍPIO
Pinhões	1976 - 1990	41260000	Rio das Velhas	Pinhões
Ponte Raul Soares	1943 - 1990	41340000	Rio das Velhas	Lagoa Santa
Jequitibá	1965 - 1990	41410000	Rio das Velhas	Jequitibá
Vespasiano	1943 - 1990	41250000	Ribeirão da Mata	Vespasiano
José de Melo	1943 - 1965	41295000	Ribeirão Vermelho	José de Melo
Taquaraçu	1943 - 1990	41300000	Rio Taquaraçu	Taquaraçu
Ponte Preta	1943 - 1990	41380000	Ribeirão Jaboticatubas	Jaboticatubas
Represa Jusante	1979 - 1990	41440005	Ribeirão Jequitibá	Sete Lagoas
Fazenda Contagem	1965 - 1990	41540000	Ribeirão Jequitibá	Jequitibá

Quadro II – Relação de Estações Fluviométricas

Para o período anterior a 1976, utilizaram-se as séries de vazões constantes do Boletim Fluviométrico F-4.01 – 4^o volume – Bacia do Rio São Francisco, publicado pelo DNAEE em 1989. A partir de 1976, como só se dispunham das cotas linimétricas, tornou-se necessário o estabelecimento das curvas de descarga, objetivando a geração das vazões correspondentes. Realizou-se a análise de consistência dos dados obtidos, a partir da verificação da continuidade das séries de vazões médias, máximas e mínimas.

Obtidas as séries definitivas, foram realizados os estudos de regionalização de vazões, de acordo com a metodologia descrita na publicação *Metodologia para Regionalização de Vazões*, ELETROBRÁS (1985). Foram regionalizados os dados de vazões máximas para diversos períodos de retorno, vazões mínimas com 7 dias de duração e 10 anos de recorrência (Q_{7,10}), e vazões médias de longo período.

Esses estudos, aplicados à área municipal, poderão subsidiar projetos de obras hidráulicas em geral, como canais, pontes, galerias de águas pluviais, sistemas de captação de água de superfície para abastecimento urbano e industrial, sistemas de irrigação e estudos de qualidade de água.

Os trabalhos constaram das seguintes etapas:

- Determinação das características físicas das bacias intervenientes: área de drena-

gem, comprimento dos cursos d'água principais, declividade média da bacia (S_{10,85});

- Cálculo das equações de regressão em função das características físicas e precipitação média das bacias, para as vazões máximas, médias de longo período e mínimas.

A curva de frequência de vazões máximas regionalizadas está apresentada na Figura 9; as equações de regressão para vazões máximas, médias e mínimas estão apresentadas no Quadro III.

As equações foram selecionadas dentre aquelas calculadas para as demais características físicas das bacias, em função de sua boa representatividade e da facilidade de obtenção dos parâmetros intervenientes.

A partir dos estudos de regionalização, foram estimadas as vazões máximas de diferentes períodos de retorno, vazões médias de longo termo e vazões mínimas (Q_{7,10}) para as principais sub-bacias da área municipal, conforme o Quadro IV.

Esses resultados demonstram a expressiva disponibilidade hídrica do município, da ordem de 16 l/skm² para vazões médias e de cerca de 3 l/skm² para vazões de estiagem. Cabe ressaltar que nessa estimativa estão incluídos eventuais erros decorrentes das simplificações embutidas na metodologia aplicada, que podem interferir nos resultados obtidos.

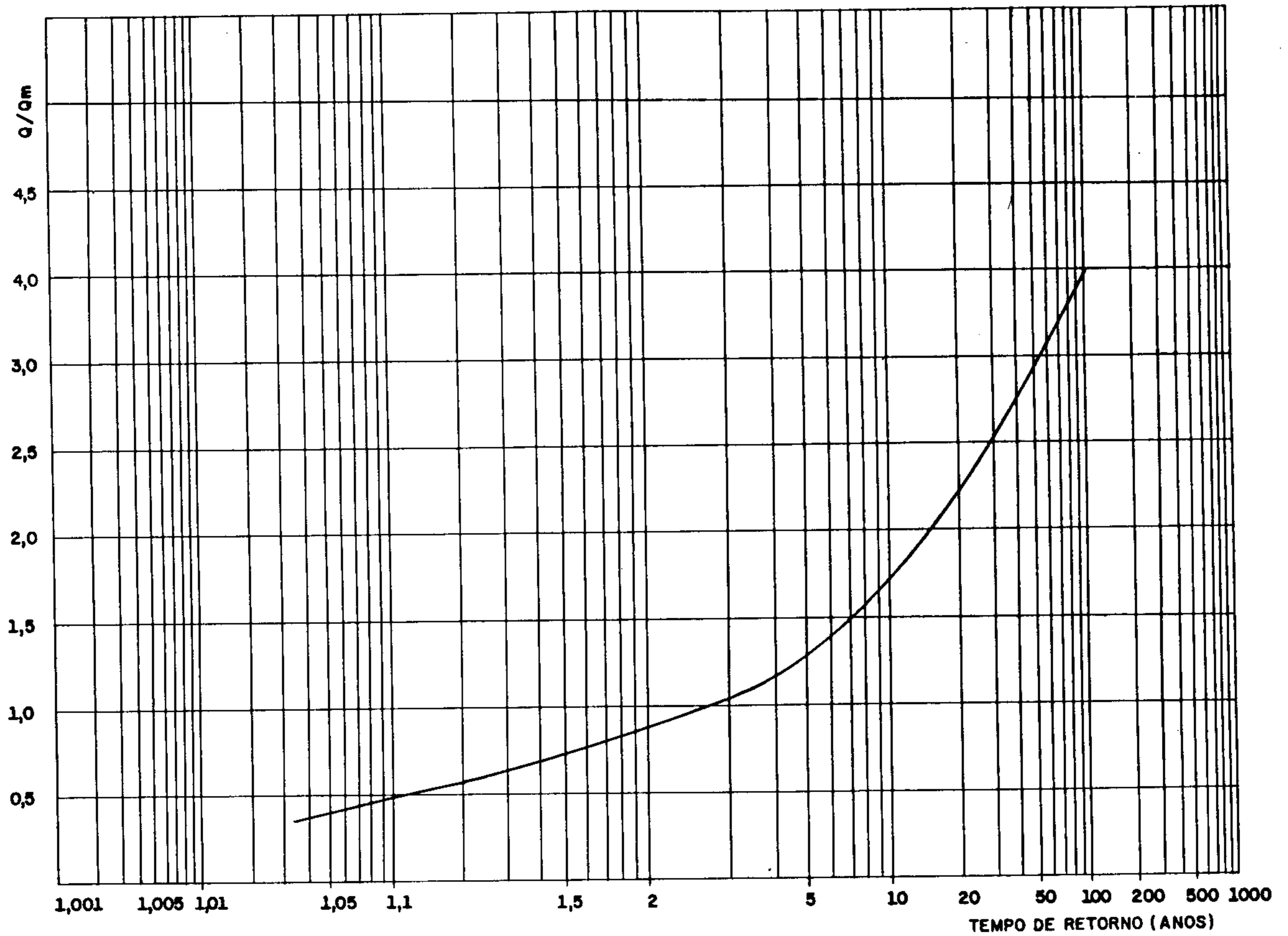


Figura 9 - Curva Adimensional de Freqüência de Vazões Máximas

TIPO	EQUAÇÃO	COEF. DE DETERMINAÇÃO (R ²)	ERRO-PADRÃO DA ESTIMATIVA
Vazão Máxima	$Q_m = 0.09730 A^{0.8173} P^{4.8406}$	0,9419	1,34
Vazão Média	$Q = 0.00634 A^{0.9377} P^{3.9127}$	0,9419	1,11
Vazão Mínima	$Q = 0.00040 A^{0.9133} P^{7.9397}$	0,9856	1,23

Quadro III – Equações de Regressão de Vazões Regionalizadas

onde:

- Q_m = vazão média máxima em m³/s;
 Q = vazão em m³/s;
 A = área de drenagem em km²;
 P = precipitação média anual da bacia (m).

CURSO D'ÁGUA	VAZÃO MÁXIMA PARA OS SEGUINTE PERÍODOS DE RETORNO (m ³ /s):				VAZÃO MÉDIA (m ³ /s)	VAZÃO MÍNIMA Q _{7,10} (l/s)
	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos		
Ribeirão da Mata até divisa do município de Matozinhos	31,4	43,0	52,3	60,5	1,60	292,0
Córrego da Lage	4,2	5,8	7,2	9,2	0,167	30,0
Córrego Boa Vista	9,1	12,7	15,6	19,8	0,400	72,2
Córrego da Maricota	3,5	4,8	6,0	7,6	0,132	24,7
Córrego Santo Antônio	2,9	4,0	5,0	6,3	0,107	20,0

Quadro IV – Vazões Máximas, Médias e Mínimas Estimadas

USOS DAS ÁGUAS DE SUPERFÍCIE

Identificaram-se os seguintes usos das águas de superfície: abastecimento rural e dessedentação de animais, abastecimento industrial, irrigação, diluição, assimilação e transporte de esgotos urbanos e industriais, e recreação, como mostra o mapa apresentado na Figura 10.

Abastecimento Urbano

O abastecimento de água para consumo urbano é realizado a partir da exploração de poços tubulares mantidos pela prefeitura da cidade e de alguns poços escavados, produzindo, segundo informações locais, cerca de 2.300m³/dia. Não há, portanto, captação superficial para fins de abastecimento doméstico. A demanda de água na área urbana, juntamente com as localidades de Araçás, Várzea do Açude e Barbosa, foi estimada em torno de 1.300m³/dia,

considerando-se uma população de 5.526 habitantes, de acordo com o Censo Demográfico de 1991, do IBGE.

Abastecimento Rural

O abastecimento rural é em geral proveniente de poços escavados, tendo sido verificada a utilização de algumas nascentes para consumo doméstico e dessedentação de animais; nesses casos, a captação é normalmente realizada por gravidade. A existência de pequenos açudes também pode ser observada em algumas propriedades rurais, sendo utilizados basicamente para a dessedentação do gado. A demanda de água para o abastecimento rural do município é, além de dispersa, muito reduzida: segundo o Censo do IBGE, a população rural em 1990 era de 820 habitantes; o setor pecuário contava com 7.985 bovinos, 2.077 suínos e 11.197 galináceos. Em função dessas populações, estimou-se a demanda rural em cerca de 420m³/dia.

Abastecimento Industrial

O consumo de água de superfície para fins industriais é também muito reduzido, uma vez que apenas a fábrica de tecidos Gabarito, instalada próximo ao limite intermunicipal, apresenta um sistema de captação de água. Esse sistema é constituído por um canal de derivação construído a partir do reservatório da antiga usina de geração de energia, situada no ribeirão da Mata, próximo ao bairro Barbosa. A vazão média estimada para a captação é da ordem de 80 l/s, suficiente para abastecer as dependências da fábrica e suas atividades industriais.

Irrigação

No que se refere à irrigação, segundo informações obtidas junto à prefeitura, o município apresenta uma área irrigada total da ordem de 150ha, constituída de pequenas culturas localizadas próximo à área urbana, junto ao ribeirão da Mata (60% da área total), córregos Santo Antônio (25%) e Capão da Represa (15%). A prática da irrigação foi iniciada no município em meados da década de 80, sendo utilizada em culturas temporárias, normalmente de hortaliças; o sistema adotado é o de aspersão convencional. A demanda, foi estimada na ordem de 1,0 l/s x ha nos meses de janeiro, fevereiro e março e de 0,5 l/s x ha nos demais meses, perfazendo uma média anual de 0,63 l/s x ha. Esse é o uso de maior consumo da água de superfície, uma vez que ocorrem perdas significativas por evapotranspiração.

Assimilação e Transporte de Esgotos e Efluentes

O ribeirão da Mata é também utilizado como corpo receptor de parte dos esgotos domésticos da cidade de Capim Branco. Estima-se que a rede de esgotos atenda a cerca de 25% da população urbana; o restante utiliza o sistema de fossas. Como Capim Branco não dispõe de estação de tratamento, os esgotos coletados são lançados *in natura* no ribeirão, à jusante da confluência com o córrego Santo Antônio. A carga orgânica equivalente foi estimada em 82kg DBO/dia.

Os efluentes industriais e esgotos da fábrica

de tecidos também são lançados no ribeirão, ocorrendo, inclusive, segundo o relato de moradores locais, a morte de peixes logo após o local de lançamento, dependendo da cor dos efluentes. Cabe observar que o ribeirão da Mata, principalmente nos períodos de estiagem, apresenta baixa capacidade de assimilação.

A poluição de origem agropecuária, decorrente de excrementos de animais, fertilizantes, pesticidas, produtos para o gado também pode alcançar os cursos d'água de forma difusa; estima-se que a carga orgânica proveniente dos dejetos animais seja da ordem de 7.200kg DBO/dia para todo o município. Parte dessa carga é transportada para os cursos d'água através das águas pluviais.

Recreação

O uso da água para recreação está associado a eventuais atividades de contato primário (natação) e contato indireto (pesca esportiva). Essas atividades devem restringir-se aos cursos d'água localizados na área rural, à montante da cidade de Capim Branco devido aos aspectos sanitários intervenientes.

QUALIDADE DAS ÁGUAS DE SUPERFÍCIE

Rede de Amostragem

Objetivando a caracterização qualitativa da água de superfície do município, implantou-se uma rede de monitoramento de qualidade da água, composta de quatro pontos de amostragem localizados no ribeirão da Mata, principal curso d'água do município.

Os pontos selecionados, apresentados na Figura 11, são:

- CB-M-97: ribeirão da Mata, à jusante da confluência com o córrego da Laje, na ponte da estrada de acesso à Boa Vista, próximo à fazenda Horto do Paiol;
- CB-M-49: ribeirão da Mata, junto à rua Antônio Caram em Capim Branco, à montante da confluência com o córrego Santo Antônio e do lançamento dos esgotos urbanos;

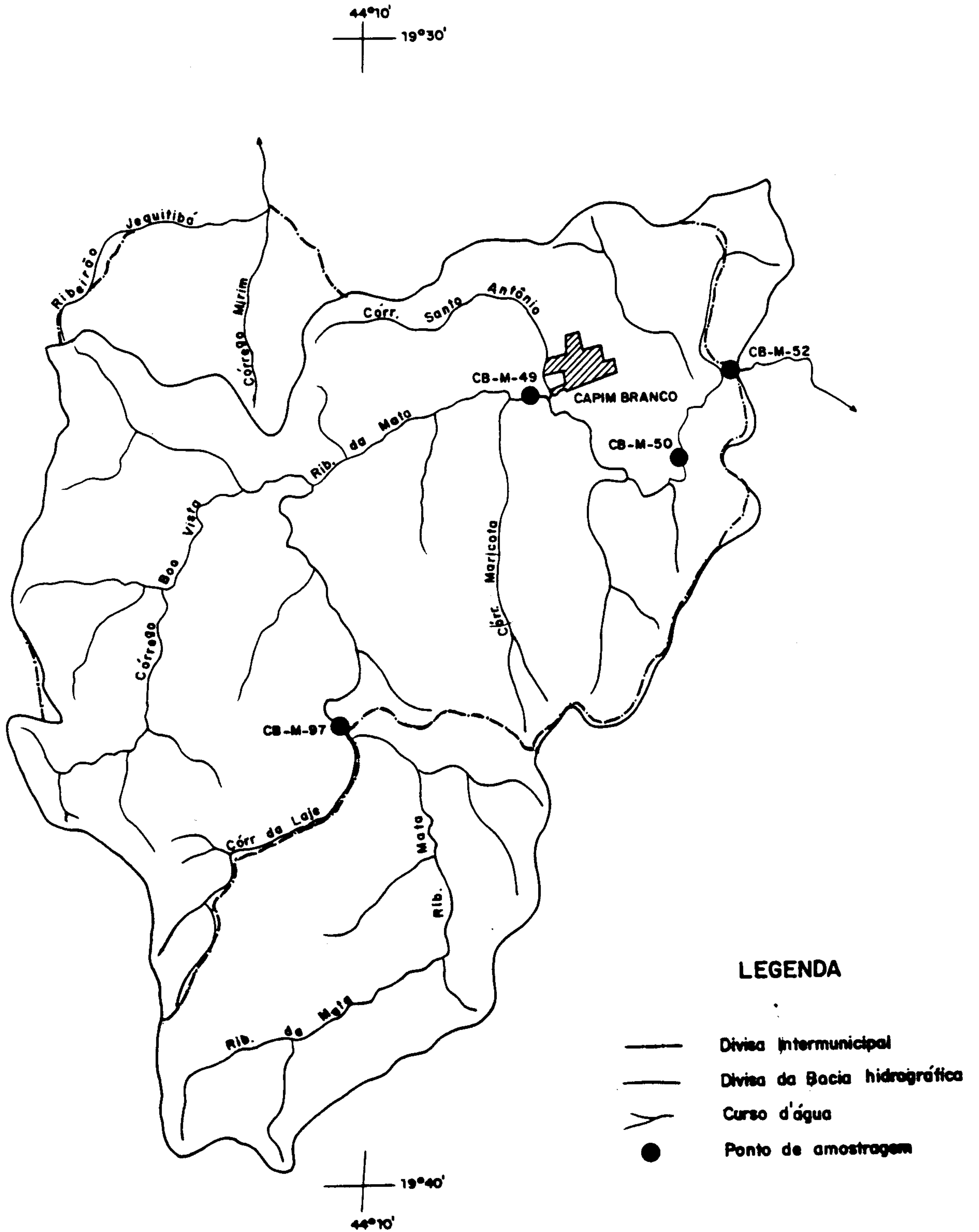


Figura 11 - Pontos de Amostragem de Qualidade da Água de Superfície Município de Capim Branco

- CB-M-50: ribeirão da Mata, à jusante da cidade de Capim Branco e à montante do lançamento dos efluentes industriais da fábrica de tecidos;
- CB-M-52: ribeirão da Mata, imediatamente à jusante do lançamento do efluente industrial da fábrica de tecidos.

Realizaram-se quatro campanhas de amostragem num período de dois anos e meio, nos meses de julho/91, dezembro/91, agosto/92 e março/93, de forma a se conhecer as variações sazonais de qualidade. As análises foram executadas pela própria CPRM, no laboratório da Superintendência Regional de Belo Horizonte.

Parâmetros Analisados

De acordo com a Deliberação Normativa nº 010/86, da Comissão de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais – COPAM, artigo 11, alínea c, todos os cursos d'água do município estão enquadrados nas coleções de águas Classe 2, devendo, portanto, apresentar padrões de qualidade compatíveis com os limites estabelecidos para essa classe. As águas Classe 2 se destinam:

- Ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- À proteção das comunidades aquáticas;
- À recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- À irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- À criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Diante do grande número de parâmetros cujos limites e condições de qualidade estão estabelecidos pela D.N. 010/86, foram selecionados aqueles que melhor expressassem as características físico-químicas das águas, as condições geológicas locais e os lançamentos de esgotos e resíduos industriais verificados no município. Dessa forma, os parâmetros analisados foram: temperatura, condutividade, pH, OD, DBO, DQO, oxigênio consumido, sólidos em suspensão, sólidos voláteis, óleos e graxas, turbidez, alcalinidade total, dureza total, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, detergentes, fenóis, nitrogênio orgâ-

nico, fósforo total, zinco, chumbo, cobre, cádmio, mercúrio, coliformes totais, coliformes fecais, estreptococcus fecais. Para o ponto CB-M-50, foram também realizadas análises dos parâmetros sulfetos e organoclorados; em CB-M-52, foram acrescentados os parâmetros estanho, sulfetos, sólidos sedimentáveis, níquel, cromo trivalente, cromo hexavalente e arsênio, em função dos efluentes da fábrica de tecidos.

Análise dos Resultados

Os resultados das análises realizadas, quando comparados aos limites estabelecidos para a Classe 2, conduzem às seguintes observações:

CB-M-97:

Esse ponto está situado a cerca de 10km das nascentes do ribeirão da Mata, em área estritamente rural. Na última análise realizada, foram detectados índices de turbidez bastante elevados, da ordem de 140 NTU, superiores aos limites estabelecidos para a Classe 2. Esses índices são decorrentes de materiais finos em suspensão transportados pelas águas pluviais, provenientes de áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal e sujeitas a processos erosivos, como é o caso de alguns loteamentos existentes nas cabeceiras da bacia.

Alguns parâmetros indicadores de presença de matéria orgânica provavelmente associada a detritos de origem animal também foram detectados na última análise realizada. Dentre eles, o nitrogênio amoniacal (0,82mg/l), nitrogênio orgânico (0,10mg/l) e coliformes totais (1.700 MMP/100ml). A DBO, apesar de se manter dentro dos limites da Classe 2, também apresentou valores elevados, da ordem de 4,32mg/l.

Índices significativos de compostos fenólicos, da ordem de 0,003mg/l, foram detectados na última análise realizada, estando provavelmente associados ao uso de desinfetantes e bactericidas nas propriedades rurais da região. Os fenóis, nessas concentrações, apesar de não produzirem efeitos tóxicos ao homem e peixes, podem comunicar sabor desagradável às águas para fins de abastecimento.

Os demais parâmetros analisados se encontram dentro dos limites estabelecidos para a Clas-

se 2. As águas apresentam bons índices de oxigênio dissolvido, indispensáveis à vida aquática. Não foi observada a presença de óleos e graxas, metais pesados ou substâncias tóxicas.

As análises indicam águas levemente básicas, de baixa condutividade, pouco duras e pouco alcalinas.

CB-M-49:

Nesse local foi detectada, em todas as análises realizadas, a presença de óleos e graxas em índices da ordem de 1,1mg/l. Como a bacia à montante é estritamente rural, esses índices podem estar relacionados à utilização de máquinas agrícolas ou à lavagem das estradas de acesso municipais pelas águas pluviais.

Os índices de nitrogênio amoniacal detectados em duas das análises realizadas podem indicar a contaminação por matéria orgânica, cuja origem está provavelmente associada à matéria orgânica de origem vegetal (folhas, capim etc.), excrementos de gado, podendo também advir de esgotos domésticos provenientes de ocupações suburbanas próximas à cidade de Capim Branco. As análises bacteriológicas também indicam a contaminação orgânica de origem fecal. Assim, a partir desse local, as atividades recreativas relativas à natação e mergulho devem ser evitadas pela população.

A última análise realizada nesse ponto também acusou a ocorrência de fenóis nas mesmas concentrações observadas no ponto CB-M-97, provavelmente associada à utilização de produtos de limpeza (desinfetantes) nas fazendas do município.

Nas quatro análises realizadas, a condutividade elétrica apresentou valores sempre inferiores a 100 μ mho/cm, indicando águas com baixa concentração de sais dissolvidos, e portanto, sob esse aspecto, favoráveis à prática da irrigação. Os parâmetros alcalinidade e dureza total apresentaram índices médios superiores aos encontrados no ponto de amostragem anterior (CB-M-97), indicando águas mais favoráveis ao desenvolvimento da vida aquática. Os índices de OD se mostraram bastante satisfatórios e a DBO se manteve abaixo dos limites estabelecidos para a Classe 2. Não foram detectados metais pesados e substâncias tóxicas à vida aquática.

As concentrações de ferro solúvel encontradas nas duas análises realizadas se apresentaram acima dos limites estabelecidos para a Classe 2; en-

tretanto, esses índices devem estar associados às características geológicas naturais, uma vez que não existem na área atividades minerárias ou industriais associadas a esse elemento.

CB-M-50:

Esse ponto de amostragem está localizado à jusante do bairro Barbosa; as análises realizadas indicaram que, a despeito de o ribeirão da Mata ter recebido parte dos esgotos domésticos da cidade de Capim Branco, a qualidade de suas águas não sofreu alterações significativas quando comparadas ao ponto de amostragem anterior, conforme mostram os índices de OD, DBO, condutividade, turbidez, alcalinidade, dureza, nitrogênio amoniacal, metais em geral, dentre outros.

Verifica-se que os compostos fenólicos continuaram presentes na última análise realizada em índices da ordem de 0,002mg/l. A ocorrência de fósforo total nessa mesma análise (0,1mg/l) é provavelmente decorrente do uso de fertilizantes agrícolas e do lançamento de matéria orgânica e detergentes provenientes dos esgotos domésticos.

Em função da ocorrência de culturas irrigadas na área, principalmente de hortaliças, realizou-se a análise de organoclorados. Tais compostos, presentes em vários defensivos agrícolas, são extremamente estáveis, persistindo nos ambientes e acumulando-se ao longo do tempo. Mesmo não tendo sido detectados nas análises de água, podem estar presentes, incorporados aos sedimentos provenientes do carreamento de finos pelas águas pluviais e depositados ao longo do curso d'água. Seu emprego deve estar sujeito a rigoroso controle, uma vez que, devido a seu caráter lipofílico, acumulam-se nas gorduras do organismo humano e de animais, causando danos à saúde e ao meio ambiente.

CB-M-52:

Esse ponto de amostragem, situado à jusante da indústria textil Gabarito, foi determinado em função do lançamento dos efluentes da fábrica. Como tais efluentes apresentam variação temporal em decorrência de suas atividades, adotou-se para esse ponto amostras do tipo compostas, que são constituídas por uma mistura de várias amostras simples, coletadas em diferentes intervalos

de tempo durante todo o período em que ocorrem os lançamentos.

De acordo com as análises realizadas, observa-se que as águas do ribeirão da Mata no local apresentam uma significativa alteração de qualidade. O pH alcançou, em duas das análises, valores superiores a 9,0, indicando águas muito básicas, prejudiciais à vida aquática. A condutividade elétrica, que nos pontos de amostragem à montante vinha apresentando valores da ordem de 90 $\mu\text{mho/cm}$ em média, chegou a atingir índices de até 298 $\mu\text{mho/cm}$, o que corresponde a um aumento substancial nas concentrações de íons dissolvidos.

A DBO se manteve acima dos limites estabelecidos para a Classe 2 em três das quatro análises realizadas, atingindo valores de até 17,8mg/l, decorrentes do lançamento de matéria orgânica. Valores altos de DQO também foram detectados nas mesmas análises. Duas das análises bacteriológicas apresentaram número de coliformes fecais bastante elevado, confirmando a presença de matéria orgânica de origem fecal. Entretanto, o ribeirão apresentou, em todas as amostras, bons

índices de oxigênio dissolvido, sempre superiores aos limites da Classe 2.

As águas apresentaram concentrações de fósforo total da ordem de 0,05mg/l, duas vezes acima do permitido para a Classe 2. O fósforo é naturalmente encontrado nas águas em função de processos de lixiviação de minerais. Entretanto, essas concentrações indicam alteração decorrente provavelmente da presença de adubos químicos, do lançamento de resíduos industriais e matéria orgânica proveniente de esgotos, principalmente detergentes.

O elemento mercúrio foi detectado, na primeira análise realizada, em índices bastante altos, da ordem de 0,0018mg/l, cerca de nove vezes o limite estabelecido para a Classe 2. Nas análises subsequentes, entretanto, tal elemento não foi encontrado. O mercúrio é tóxico e, devido às suas características cumulativas, pode causar profundos danos ao homem e animais aquáticos. Seu emprego deve ser objeto de rigoroso controle.

Os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas estão apresentados no Anexo I.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTH, F.T. et al. *Modelos para gerenciamento de recursos hídricos*. São Paulo, Nobel, ABRH, 1987, 526p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, vol.1).
- BRANCO, S.M. et al. *Hidrologia ambiental*. São Paulo, EDUSP/ABRH, 1991. 414p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, vol.3).
- BRASIL. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. *Sistemática para análise de consistência e homogeneização de dados pluviométricos*. Brasília, DNAEE, 1984. 67p.
- . *Sistemática para análise de consistência de dados fluviométricos*. Brasília, DNAEE, 1989. 127p.
- . *Boletim fluviométrico F-4.01; Bacia do rio São Francisco*. Brasília, DNAEE, 1989. 680p. (atualizado até 1975.)
- CHOW, V.T. *Handbook of applied hydrology*. New York, Macgraw Hill, 1964. s.p.
- ELETROBRÁS. *Metodologia para regionalização de vazões*. s.l., s.e., 1985.
- FELLENBERG, G. *Introdução aos problemas de poluição ambiental*. Universidade de São Paulo, São Paulo, EDUSP, 1980. 196p.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. *Estudos integrados de recursos naturais - bacia do alto São Francisco e parte central da área mineira da SUDENE*. Belo Horizonte, 1984 (rel. inéd.).
- GUMBEL, E.J. The return of flood flows. *Ann. Math. Statis.*, 1941. 12(2): 163-190.
- HERAS, R. *Manual de hidrologia; principios basicos en hidrologia*. Madrid, Escuela de Hidrologia, 1972. v.1. 473p.
- LAFUENTE, JOSÉ G. C. *Química del agua*. Madrid, Blume, 1969. 355p.
- MOTA, F. S. *Meteorologia agrícola*. São Paulo, Nobel, 1983. 376 p.
- NETO, J.M.A. et al. *Técnica de abastecimento e tratamento de água*. São Paulo, CETESB/ASCE-TESB, 1987. v.1. 549p.
- NIMER, E. Clima *In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Geografia do Brasil: região sudeste*. Rio de Janeiro, IBGE, 1957. p.51-89.
- NIMER, E. & BRANDÃO A.M.P.M. *Balanço hídrico e clima da região dos cerrados*. Rio de Janeiro, IBGE, 1989. 166p.
- RAMOS, F. et al. *Engenharia hidrológica*. Rio de Janeiro, Ed. UFRJ/ABRH, 1989. 404p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 2).
- SECRETARIA ESTADUAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº 010/86. Minas Gerais, I.O./MG, 10/jan/1987. p.13-15 (parte1).
- THORNTHWAITE. C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geog. Rev.*, 1948. 38:55-94.
- THORNTHWAITE. C.W. & MATHER, J.R. The water balance in climatology. *Lab. Climatology*, 1955. 8(1): 1-104.
- TUCCI, C.E.M. et al. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre, Ed. UFRG/ABRH/EDUSP, 1993. 943P. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4).

ANEXOS

Anexo I – Resultado das Análises de Águas de Superfície

NÚMERO DA AMOSTRA: CB-M-49			DATA DA COLETA			
PARÂMETRO	UNID.	VMP	16/07/91	09/12/91	31/08/92	22/03/93
TEMPERATURA DA ÁGUA	oC	--	19.0	23.0	18.0	25.0
pH		6.0-9.0	6.00	7.6	7.30	7.2
CONDUTIVIDADE MEDIDA	umo/cm	--	66.00	81.00	76.00	100.00
CONDUTIVIDADE A 25°C	umho/cm	--	74.54	84.22	87.73	100.00
OD	mg/l	> 5.0	8.50	6.90	8.00	7.00
DBO	mg/l	<5.0	0.70	4.00	3.58	2.00
DQO	mg/l	--	1.43	0.25	5.16	6.62
OXIGÊNIO CONSUMIDO	mg/l		0.33	1.37	0.11	0.44
SÓLIDOS EM SUSPENSÃO	mg/l	--	5.66	10.02	23.36	9.86
SÓLIDOS VOLÁTEIS	mg/l	--	15.00	NA	73.00	29.00
ÓLEOS E GRAXAS	mg/l	AUS.	1.1 #	1.1 #	ND	1.1 #
TURBIDEZ	NTU	100	4.5	15	5.5	6.7
ALCALINIDADE TOTAL	mg/l	--	35.91	40.40	42.00	37.00
DUREZA TOTAL	mg/l	--	38.20	35.40	37.40	29.80
NITROGÊNIO AMONÍACAL (NH)	mg/l	--	< 0.02	0.25	0.11	0.05
NITROGÊNIO TOTAL	mg/l	--	NA	NA	0.16	0.05
NITRITO	mg/l	1.000	NA	NA	0.001	0.001
FERRO SOLÚVEL	mg/l	0.3	0.75 *	0.46 #	NA	NA
DETERGENTES	mg/l	0.500	0.03	0.05	0.06	ND
FENÓIS	mg/l	0.001	0.000	ND	ND	0.003 #
NITROGÊNIO ORGÂNICO	mg/l	0.020	NA	NA	0.05 #	ND
FÓSFORO TOTAL	mg/l	0.025	< 0.02	0.07 #	< 0.025	< 0.01
ZINCO	mg/l	0.180	0.008	0.048	0.027	0.007
CHUMBO	mg/l	0.030	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
COBRE	mg/l	0.020	0.003	0.004	0.003	< 0.003
CADMIO	mg/l	0.001	< 0.001	0.001	< 0.001	< 0.001
MERCÚRIO	mg/l	0.0002	0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002
NITRATO	mg/l	10.00	< 0.05	NA	0.44	0.14
CLORETOS	mg/l	250.00	< 0.01	NA	0.40	1.00
ARSÊNIO	mg/l	0.05	NA	NA	NA	NA
SELÊNIO	mg/l	0.01	NA	NA	NA	NA
ESTANHO	mg/l	2.0	NA	NA	NA	NA
SULFETOS	mg/l	0.002	NA	NA	NA	NA
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	mg/l	AUS.	NA	NA	NA	NA
NÍQUEL	mg/l	0.025	NA	NA	NA	NA
CROMO TRIVALENTE	mg/l	0.5	NA	NA	NA	NA
ALDRIN	ug/l	0.01	NA	NA	NA	NA
CLORDANO	ug/l	0.04	NA	NA	NA	NA
DDT	ug/l	0.002	NA	NA	NA	NA
DIELDRIN	ug/l	0.005	NA	NA	NA	NA
ENDRIN	ug/l	0.004	NA	NA	NA	NA
ENDOLSSUFAN	ug/l	0.056	NA	NA	NA	NA
HEPTACLORO EPOXIDO	ug/l	0.01	NA	NA	NA	NA
HEPTACLORO	ug/l	0.01	NA	NA	NA	NA
LINDANO	ug/l	0.02	NA	NA	NA	NA
METOXICLORO	ug/l	0.03	NA	NA	NA	NA
TOXAFENO	ug/l	0.01	NA	NA	NA	NA
MALATION	ug/l	0.1	NA	NA	NA	NA
PARATION	ug/l	0.04	NA	NA	NA	NA
COLIFORMES TOTAIS	NMP/100m	5000	500	24000 #	1300	5400 #
COLIFORMES FECAIS	NMP/100m	1000	500	24000 #	50	1100 #
ESTREPTOCOCUS FECAIS	NMP/100m	--	2700	16000	5400	700

= Valor Acima do Permitido

NA=Não Analisado

ND=Não Detectado

* = Ferro Total

Continuação do Anexo I

NÚMERO DA AMOSTRA: CB-M-50			DATA DA COLETA			
PARÂMETRO	UNID.	VMP	17/07/91	19/12/91	31/08/92	22/03/93
TEMPERATURA DA ÁGUA	oC	--	17.5	23.0	18.5	25.0
pH		6.0-9.0	6.20	7.8	7.50	7.2
CONDUTIVIDADE MEDIDA	umo/cm	--	66.00	90.00	80.00	100.0
CONDUTIVIDADE A 25°C	umho/cm	--	77.04	93.57	91.34	100.0
OD	mg/l	> 5.0	8.20	7.20	8.00	7.00
DBO	mg/l	<5.0	0.70	4.72	3.27	1.45
DQO	mg/l	--	2.56	4.80	6.35	6.84
OXIGÊNIO CONSUMIDO	mg/l		0.55	1.99	0.11	0.44
SÓLIDOS EM SUSPENSÃO	mg/l	--	1.91	16.20	9.85	7.62
SÓLIDOS VOLÁTEIS	mg/l	--	9.00	NA	64.00	34.00
ÓLEOS E GRAXAS	mg/l	AUS.	0.0	0.1 #	ND	ND
TURBIDEZ	NTU	100	7.3	18	6.8	6.8
ALCALINIDADE TOTAL	mg/l	--	37.91	42.8	43.80	38.00
DUREZA TOTAL	mg/l	--	46.20	39.6	38.40	35.20
NITROGÊNIO AMONÍACAL (NH)	mg/l	--	0.00	0.4	0.12	0.10
NITROGÊNIO TOTAL	mg/l	--	NA	NA	0.14	0.15
NITRITO	mg/l	1.000	NA	NA	0.001	0.001
FERRO SOLÚVEL	mg/l	0.3	0.75 *	0.36 #	NA	NA
DETERGENTES	mg/l	0.500	< 0.01	0.07	0.05	0.03
FENÓIS	mg/l	0.001	0.000	ND	ND	0.002 #
NITROGÊNIO ORGÂNICO	mg/l	0.020	NA	NA	0.020	0.05 #
FÓSFORO TOTAL	mg/l	0.025	< 0.02	0.02	< 0.025	0.100 #
ZINCO	mg/l	0.180	0.009	0.028	0.022	0.011
CHUMBO	mg/l	0.030	0.00	ND	< 0.02	< 0.02
COBRE	mg/l	0.020	0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003
CADMÍO	mg/l	0.001	< 0.001	0.001	ND	0.001
MERCÚRIO	mg/l	0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002
NITRATO	mg/l	10.00	NA	NA	0.57	0.11
CLORETOS	mg/l	250.00	NA	NA	0.50	0.50
ARSÊNIO	mg/l	0.05	< 0.05	NA	NA	NA
SELÊNIO	mg/l	0.01	< 0.01	NA	NA	NA
ESTANHO	mg/l	2.0	NA	NA	NA	NA
SULFETOS	mg/l	0.002	NA	NA	0.003 #	0.002
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	mg/l	AUS	NA	NA	NA	NA
NÍQUEL	mg/l	0.025	NA	NA	NA	NA
CROMO TRIVALENTE	mg/l	0.5	NA	NA	NA	NA
ALDRIN	ug/l	0.01	NA	NA	ND	NA
CLORDANO	ug/l	0.04	NA	NA	ND	NA
DDT	ug/l	0.002	NA	NA	ND	NA
DIELDRIN	ug/l	0.005	NA	NA	ND	NA
ENDRIN	ug/l	0.004	NA	NA	ND	NA
ENDOSSFULFAN	ug/l	0.056	NA	NA	ND	NA
HEPTACLORO EPOXIDO	ug/l	0.01	NA	NA	ND	NA
HEPTACLORO	ug/l	0.01	NA	NA	ND	NA
LINDANO	ug/l	0.02	NA	NA	ND	NA
METOXICLORO	ug/l	0.03	NA	NA	ND	NA
TOXAFENO	ug/l	0.01	NA	NA	ND	NA
MALATION	ug/l	0.1	NA	NA	ND	NA
PARATION	ug/l	0.04	NA	NA	ND	NA
COLIFORMES FECAIS	NMP/100m	1000	1700 #	280	130	1800 #
ESTREPTOCOCUS FECAIS	NMP/100m	--	4300	2400	1100	5400
COLIFORMES TOTAIS	NMP/100m	5000	3300	2400	> 24000 #	1600

= Valor acima do permitido

NA= Não Analisado

ND=Não Identificado

* = Ferro Total

Continuação do Anexo I

NÚMERO DA AMOSTRA: CB-M-52			DATA DA COLETA			
PARÂMETRO	UNID.	VMP	17/07/91	10/12/91	31/08/92	22/03/93
TEMPERATURA DA ÁGUA	oC	—	19.0	22.5	20.5	25.0
pH		6.0-9.0	6.20	9.8 #	9.10	6.9
CONDUTIVIDADE MEDIDA	um/cm	—	210.00	230.00	273.00	150.0
CONDUTIVIDADE A 25°C	umho/cm	—	237.18	241.53	298.67	150.0
OD	mg/l	> 5.0	7.20	5.90	9.10	7.20
DBO	mg/l	<5.0	11.20 #	4.64	17.86 #	5.50 #
DQO	mg/l	—	12.00	1.04	31.94	17.11
OXIGÊNIO CONSUMIDO	mg/l		1.21	2.94	0.42	2.40
SÓLIDOS EM SUSPENSÃO	mg/l	—	9.26	15.50	16.06	11.80
SÓLIDOS VOLÁTEIS	mg/l	—	37.00	NA	127.00	43.00
ÓLEOS E GRAXAS	mg/l	AUS.	0.0	ND	0.4 #	2.0 #
TURBIDEZ	NTU	100	2.7	9.2	5.3	7.8
ALCALINIDADE TOTAL	mg/l	--	50.26	203.30	103.00	68.00
DUREZA TOTAL	mg/l	--	34.80	40.20	46.80	38.00
NITROGÊNIO AMONÍACAL (NH)	mg/l	--	0.00	ND	0.25	0.14
NITROGÊNIO TOTAL	mg/l	--	NA	NA	0.31	0.14
FERRO SOLÚVEL	mg/l	0.3	0.9 #	0.38 #	NA	NA
DETERGENTES	mg/l	0.500	0.05	0.09	0.16	0.52 #
FENÓIS	mg/l	0.001	0.000	0.001	ND	0.003 #
NITROGÊNIO ORGÂNICO	mg/l	0.020	NA	NA	0.06 #	ND
FÓSFORO TOTAL	mg/l	0.025	0.05 #	0.07 #	0.050 #	0.050 #
ZINCO	mg/l	0.180	0.012	0.025	0.012	0.012
CHUMBO	mg/l	0.030	0.00	< 0.02	< 0.02	ND
COBRE	mg/l	0.020	0.004	0.004	0.010	< 0.003
CADMIO	mg/l	0.001	< 0.001	0.001	0.001	0.001
MERCÚRIO	mg/l	0.0002	0.0018 #	< 0.0002	0.0002	< 0.0002
NITRATO	mg/l	10.00	NA	NA	NA	NA
CLORETOS	mg/l	250.00	NA	NA	18.46	3.49
ARSÊNIO	mg/l	0.05	< 0.05	NA	< 0.05	< 0.05
SELÊNIO	mg/l	0.01	< 0.01	NA	NA	NA
ESTANHO	mg/l	2.0	NA	NA	0.1	ND
SULFETOS	mg/l	0.002	NA	NA	ND	ND
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	mg/l	AUS	NA	NA	< 0.1	< 0.1
NÍQUEL	mg/l	0.025	NA	NA	< 0.005	< 0.005
CROMO TRIVALENTE	mg/l	0.5	NA	NA	< 0.005	< 0.005
ALDRIN	ug/l	0.01	NA	NA	NA	NA
CLORDANO	ug/l	0.04	NA	NA	NA	NA
DDT	ug/l	0.002	NA	NA	NA	NA
DIELDRIN	ug/l	0.005	NA	NA	NA	NA
ENDRIN	ug/l	0.004	NA	NA	NA	NA
ENDOLSSUFAN	ug/l	0.056	NA	NA	NA	NA
HEPTACLORO EPOXIDO	ug/l	0.01	NA	NA	NA	NA
HEPTACLORO	ug/l	0.01	NA	NA	NA	NA
LINDANO	ug/l	0.02	NA	NA	NA	NA
METOXICLORO	ug/l	0.03	NA	NA	NA	NA
TOXAFENO	ug/l	0.01	NA	NA	NA	NA
MALATION	ug/l	0.1	NA	NA	NA	NA
PARATION	ug/l	0.04	NA	NA	NA	NA
COLIFORMES TOTAIS	NMP/100m	5000	22000 #	540	1700	> 24000 #
COLIFORMES FECAIS	NMP/100m	1000	22000 #	170	50	> 24000 #
ESTREPTOCOCUS FECAIS	NMP/100m	--	17000	920	2800	> 24000

= Valor Acima do Permitido

NA=Não Analisado

ND=Não Detectado

Continuação do Anexo I

NÚMERO DA AMOSTRA: CB-M-97			DATA DA COLETA		
PARÂMETRO	UNID.	VMP	20/08/92	01/03/93	
TEMPERATURA DA ÁGUA	oC	--	18.0	26.0	
pH		6.0-9.0	7.00	7.6	
CONDUTIVIDADE MEDIDA	um/cm	--	50.00	65.00	
CONDUTIVIDADE A 25 ^o C	umho/cm	--	57.72	63.78	
OD	mg/l	> 5.0	8.20	7.30	
DBO	mg/l	<5.0	1.16	4.32	
DQO	mg/l	--	2.62	5.80	
OXIGÊNIO CONSUMIDO	mg/l		0.32	2.16	
SÓLIDOS EM SUSPENSÃO	mg/l	--	4.63	7.33	
SÓLIDOS VOLÁTEIS	mg/l	--	23.00	21.00	
ÓLEOS E GRAXAS	mg/l	AUS.	0.1 #	ND	
TURBIDEZ	NTU	100	6.1	140 #	
ALCALINIDADE TOTAL	mg/l	--	25.50	25.00	
DUREZA TOTAL	mg/l	--	18.80	20.00	
NITROGÊNIO AMONÍACAL (NH)	mg/l	--	0.30	0.82	
NITROGÊNIO TOTAL	mg/l	--	0.46	0.92	
NITRITO	mg/l	1.000	NA	NA	
FERRO SOLÚVEL	mg/l	0.3	NA	NA	
DETERGENTES	mg/l	0.500	0.03	0.01	
FENÓIS	mg/l	0.001	ND	0.003 #	
NITROGÊNIO ORGÂNICO	mg/l	0.020	0.16 #	0.10 #	
FÓSFORO TOTAL	mg/l	0.025	< 0.025	< 0.025	
ZINCO	mg/l	0.180	0.021	0.008	
CHUMBO	mg/l	0.030	ND	< 0.02	
COBRE	mg/l	0.020	< 0.003	< 0.003	
CADMIO	mg/l	0.001	ND	< 0.001	
MERCÚRIO	mg/l	0.0002	< 0.0002	< 0.002	
NITRATO	mg/l	10.00	NA	NA	
CLORETOS	mg/l	250.00	NA	NA	
ARSÊNIO	mg/l	0.05	NA	NA	
SELÊNIO	mg/l	0.01	NA	NA	
ESTANHO	mg/l	2.0	NA	NA	
SULFETOS	mg/l	0.002	NA	NA	
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	mg/l	AUS	NA	NA	
NÍQUEL	mg/l	0.025	NA	NA	
CROMO TRIVALENTE	mg/l	0.5	NA	NA	
ALDRIN	ug/l	0.01	NA	NA	
CLORDANO	ug/l	0.04	NA	NA	
DDT	ug/l	0.002	NA	NA	
DIELDRIN	ug/l	0.005	NA	NA	
ENDRIN	ug/l	0.004	NA	NA	
ENDOLSSUFAN	ug/l	0.056	NA	NA	
HEPTACLORO EPOXIDO	ug/l	0.01	NA	NA	
HEPTACLORO	ug/l	0.01	NA	NA	
LINDANO	ug/l	0.02	NA	NA	
METOXICLORO	ug/l	0.03	NA	NA	
TOXAFENO	ug/l	0.01	NA	NA	
MALATION	ug/l	0.1	NA	NA	
PARATION	ug/l	0.04	NA	NA	
COLIFORMES TOTAIS	NMP/100m	5000	170	1700	
COLIFORMES FECAIS	NMP/100m	1000	< 2	70	
ESTREPTOCOCUS FECAIS	NMP/100m	~	1300	330	

= Valor Acima do Permitido

NA=Não Analisado

ND=Não Detectado

Anexo: Documentação Fotográfica



Foto 1 – Irrigação de plantação de alho com água do ribeirão da Várzea do Açude



Foto 2 – Ribeirão da Mata no limite dos municípios de Capim Branco e Matozinhos

HIDROGEOLOGIA

**Geólogos: Décio Antônio Chaves Beato
Paulo Fernando P. Pessoa**

INTRODUÇÃO

Os estudos hidrogeológicos destinaram-se à determinação das características gerais de armazenamento, circulação e qualidade da água subterrânea, nas suas diversas formas de ocorrência e de distribuição ao longo da área delimitada pelo Projeto VIDA, restringindo-se, neste estudo, às observações pertinentes ao município de Capim Branco.

Esse levantamento foi possível a partir das atividades de campo e de escritório realizadas em períodos distintos, com o objetivo de agrupar dados básicos necessários ao conhecimento da situação atual de exploração da água subterrânea, da sua qualidade e do regime de bombeamento dos poços tubulares profundos, que abastecem o município.

Foram realizadas várias campanhas de campo, quando foram obtidas informações diversas sobre as características gerais dos poços tubulares, como localização, métodos de perfuração, testes de vazão, fontes de poluição, uso e qualidade da água etc. O Mapa Hidrogeológico e de Favorabilidade à Exploração da Água Subterrânea apresenta os dados coletados nos 24 pontos d'água cadastrados.

Os levantamentos de dados básicos no campo foram direcionados à caracterização dos recursos hídricos subterrâneos, seja na forma qualitativa, através das campanhas de amostragem da água dos poços e nascentes, seja na forma quantitativa, através das medições de níveis d'água, seguidas pelos levantamentos altimétricos dos poços tubulares.

As atividades de escritório consistiram na elaboração de um banco de dados, onde foram armazenadas as informações coletadas em campo, e da análise e interpretação de fotografias aéreas, em escala 1:60.000, o que possibilitou a identificação dos principais elementos estruturais e morfológicos, considerando-se os aspectos texturais de relevo e de drenagem. Foram tratados todos os dados relativos aos resultados das análises químicas e biológicas das águas subterrâneas, visando à identificação dos teores de diversos elementos.

Considerando o volume de informações armazenadas, foi desenvolvida uma metodologia que pudesse gerar bases cartográficas capazes de

apresentar um conteúdo representativo do número de dados coletados e, simultaneamente, permitisse o agrupamento dos parâmetros em categorias distintas, em cartas temáticas mais consistentes. Conforme foram sendo desenvolvidas as atividades, pôde-se identificar aquelas com mesmos atributos, possibilitando, dessa forma, a elaboração de um organograma geral das bases de serviço (Quadro I).

A execução dos temas finais baseou-se na superposição de diversas bases de serviço, de acordo com a categoria de cada parâmetro a ser avaliado. A seguir, são descritas cada uma das categorias, para um melhor entendimento de como foram gerados e a que se destinam os temas finais.

Categoria I: São enquadradas nessa categoria todas as bases de serviço, consideradas de 1ª ordem, ou seja, aquelas que são desprovidas de fatores interpretativos, agrupando apenas os caracteres que designam a situação topográfica atual:

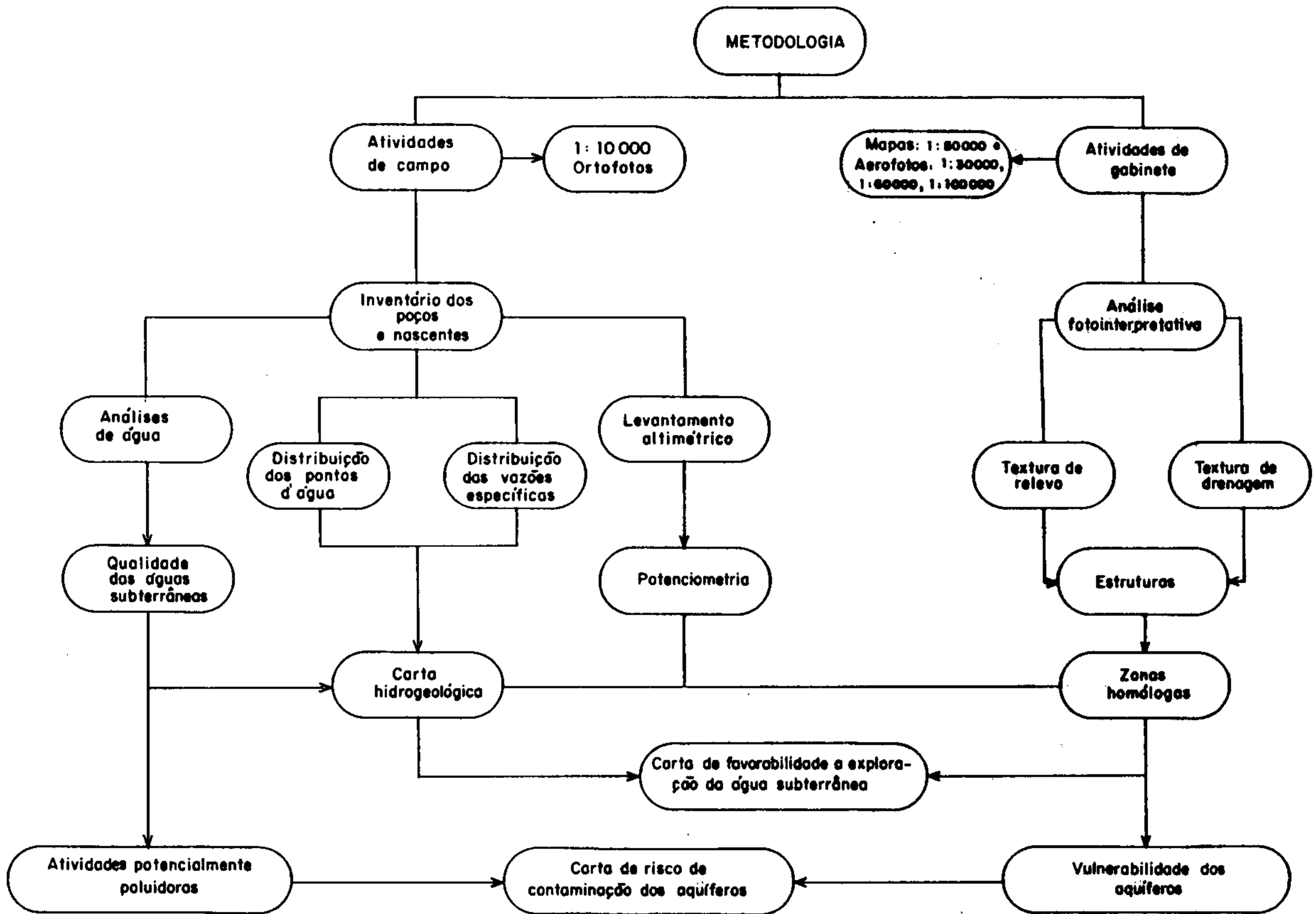
- Mapa Planialtimétrico
- Mapa de Bacias Hidrográficas com Rede de Drenagem
- Mapa de Declividades

Categoria II: Essa categoria é representada por bases de serviço geradas a partir das interpretações diretas dos dados obtidos no campo e no escritório, através de fotointerpretação:

- Mapa Geológico
- Mapa de Pontos d'Água
- Mapa de Fontes Potencialmente Poluidoras
- Mapa de Isolinhas de Condutividade Elétrica da água
- Mapa de Feições Morfoestruturais
- Mapa Potenciométrico

Categoria III: Nessa categoria estão contidos os produtos finais (Anexos I e II), cuja definição ocorreu a partir da superposição de bases de serviço específicas, conforme a necessidade de integração dos parâmetros a serem abordados em cada tema.

- Mapa Hidrogeológico e de Favorabilidade à Exploração da Água Subterrânea
- Mapa de Qualidade da Água Subterrânea



Quadro I - Organograma Geral das Bases de Serviço

- Mapa de Vulnerabilidade e Risco de Contaminação dos Aqüíferos

Os parâmetros geodinâmicos utilizados como recurso para a elaboração dos referidos temas são apresentados na Tabela 1, conforme a base de coleta de dados e os atributos a serem analisados.

Dentre os trabalhos anteriores, que tratam dos aspectos relativos aos recursos hídricos subterâneos em Capim Branco, destacam-se os estudos de Kohler (1989), quando da apresentação de sua tese de doutoramento, intitulada *Geomorfologia Cárstica da Região de Lagoa Santa*. Esse estudo, embora releve mais o conteúdo geomorfológico regional, trata de determinados aspectos ligados à bacia do ribeirão da Mata.

O CETEC, em 1987, realizou o trabalho denominado *Estudos da Dinâmica dos Recursos Hídricos da Região Cárstica dos Municípios de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo e Matozinhos*, caracterizando alguns aspectos relativos às condições hidrogeológicas da região, abrangendo municípios vizinhos de Capim Branco.

USO DA ÁGUA

Abastecimento Público, Industrial e Rural

O sistema público de água, que atende a domicílios e pequenas indústrias na sede municipal e nas comunidades de Araças e Várzea do Açude, funciona através de cinco poços tubulares (ptos. 01, 16, 18, 20 e 21) distribuídos dentro do perímetro urbano e operados pela prefeitura municipal. Fornecem em conjunto um volume aproximado de 2.300m³/dia, podendo oscilar, a depender da demanda da época do ano.

Do volume total de água distribuída, somente 720m³/dia (ptos. 16 e 18) são clorados; o restante é lançado diretamente na rede de distribuição.

A maioria dos domicílios urbanos é atendida pela distribuição de água proveniente dos poços tubulares; o restante utiliza água de poços escavados (5-10m).

A população da zona rural, de uma maneira geral, é abastecida por águas provenientes de

BASE DA COLETA	ATRIBUTOS ANALISADOS	OBJETOS DE ESTUDO
Geologia	Tipos de Rocha	Calcários, siltitos (metapelitos), gnaiss-migmatito, material inconsolidado, elúvios, colúvios e alúvios.
Fotointerpretação	Texturas de Relevô Texturas de Drenagem (Zonas Homólogas)	Assimetria, tipos de encosta, densidade (morfoestruturas). Densidade, sinuosidade, angularidade, tropia, assimetria e formas anômalas.
Hidrogeologia	Distribuição dos Poços com Vazão Formas de Conexão Hidráulica Explotabilidade	Variações dos valores de vazão (m ³ /h) por poço cadastrado. Estimativa das características fundamentais dos aqüíferos cársticos, granulares e fissurados.
Potenciometria	Direção de Fluxo Zonas de Recarga e Descarga Espessura da Zona de Aeração	Determinação dos principais caminhos de fluxo subterrâneo. Identificação das principais ressurgências e sumidouros. Medição dos níveis estáticos nos poços (NEs).
Hidroquímica	Qualidade da Água	Determinação dos teores dos elementos químicos em áreas distintas, através de análise físico-química em poços e nascentes.
Perfis Construtivos dos Poços Tubulares	Litostratigrafia Entradas de Água Níveis de Base	Espessura das camadas litológicas. Indicação dos níveis de fluxo subterrâneo. Localização dos contatos com o embasamento gnaiss-migmatítico.
Declividade	Classes de Declive	Identificação das zonas de maior escoamento superficial e de maior infiltração.

Tabela 1 – Parâmetros Geodinâmicos

pequenas nascentes ou poços escavados que, juntamente com as águas superficiais, também são utilizadas para dessedentação animal e pequenas irrigações. Algumas fazendas possuem poços tubulares (ptos. 08, 09, 10, 12 e 198), que atendem plenamente às suas necessidades domésticas e de dessedentação animal.

A comunidade de Boa Vista, situada na zona rural, é abastecida por poços escavados individuais, apesar de contar com um poço tubular, não-instalado por problemas relacionados com a qualidade da água.

Os poços tubulares existentes têm diâmetro de 152mm (6") e profundidade média de 50,0m, tendo o mais profundo 72,0m (pto. 21) e o mais raso 35,0m (pto. 20). Dos três dados de testes de bombeamento recuperados, o poço que apresentou a maior vazão específica foi o de Araçás (pto. 01), com 7,70m³/h por metro de rebaixamento; e o de menor, na comunidade de Boa Vista (pto. 05), com 0,15m³/h/m. Os níveis estáticos em geral são rasos (0,0 a 4,0m), excetuando-se os poços 08 e 09, com 23,0m e 9,0m, respectivamente.

O equipamento de bombeamento dos poços tubulares operados pela prefeitura e nas fazendas Bela Vista e do Moinho são bombas submersas. Os outros são equipados com compressores. As nascentes são aduzidas por gravidade em tubos plásticos ou canaletas; nos poços escavados, utilizam-se pequenas bombas submersas ou até sarrilho.

Quantificação da Demanda Atual e Futura

A previsão de demanda de consumo de água é o fator mais importante na planificação hídrica de um município, e a maior dificuldade, para tanto, recai na caracterização da evolução econômica do município. O nível de vida da população local, as vocações agrícolas e industriais, a evolução tecnológica etc. serão bastante variadas e dependerão de fatores econômicos, sociais e políticos. Portanto, são várias as dificuldades para se estabelecer em dotações para usos domésticos, industriais e agrícolas em números exatos, razão pela qual serão dados valores estimados a partir de dados estatísticos.

A economia do município caracteriza-se pela agricultura de subsistência, excetuando-se as poucas plantações de alho que resistiram à "po-

dridão branca", e uma pecuária leiteira e de corte não muito expressiva, apesar de ser a atividade econômica mais importante.

Pelo exposto, o maior consumo de água feito por seus habitantes é para usos domésticos, seguido de dessedentação animal. A demanda para irrigação não será considerada, pois não foi identificada utilização dessa prática. Também não será considerada a demanda industrial em razão da ausência de indústrias.

A população do município, de acordo com o último censo do IBGE, realizado em 1990, era de 6.346 habitantes; residindo 5.526 (87%) na zona urbana e 820 (13%) na zona rural. Estabelecendo-se um consumo médio diário de 250 l/hab. para a população urbana e 150 l/hab. para a população rural, obtém-se uma demanda média total da ordem de 1.504m³/dia, sendo 1.381m³/dia da população urbana e 123 m³/dia da população rural.

Ainda de acordo com o censo de 1990, a atividade pecuária contava com um rebanho de 7.975 bovinos, 2.077 suínos e 11.197 galináceos. Estabelecendo um consumo médio diário por cabeça de 40 litros para bovinos, 20 litros para suínos e 5 litros para galináceos, obtém-se uma demanda média total da ordem de 416m³/dia.

Esses valores médios de demanda incluem as perdas na distribuição, pequenas irrigações (hortas e jardins), pequenas indústrias (sorvetes, cerâmica, postos de gasolina etc.), consumo humano, animal e de higiene.

Os poços tubulares em operação na sede municipal fornecem cerca de 145,0m³/h, ou um volume total de 2.300m³/dia, para 16h/dia de funcionamento, suficiente para atender à demanda atual da população urbana, apesar das reclamações de falta de água dos usuários.

A demanda na zona rural, em 1990, era da ordem de 539,0m³/dia para atender a seus habitantes e ao rebanho bovino e suíno. Essa demanda encontra-se dispersa no município em várias pequenas propriedades e, para atendê-la, são utilizados vários pontos de captação, como nascentes, poços escavados, pequenos córregos, açudes, poços tubulares etc. Alguns desses sistemas de captação encontram-se em uso há muito tempo e demonstram ser bastante eficientes para suprir a demanda.

A demanda futura foi obtida por estimativa do crescimento populacional e dos rebanhos bovino e suíno. Esses resultados constam na Tabela

2, tendo sido obtidos segundo a projeção de crescimento populacional médio de 30% por decênio e de crescimento do rebanho bovino e suíno da ordem de 16% por decênio, como observado nos censos já realizados. Esses valores poderão variar para mais, caso haja um crescimento econômico atípico que proporcione o surgimento de novas práticas agropecuárias e industriais.

	1990	2000	2010
População (hab).	6.346	8.250	10.725
Demanda (m ³ /dia)	1.504	1.956	2.543
Pecuária (1 bovino=2 suínos) (cabeça)	9.013	10.455	12.128
Demanda (m ³ /dia)	361	418	485
Demanda Total (m³/dia)	1.865	2.374	3.028

Tabela 2 – Projeção do Crescimento de Demanda de Água

A demanda futura poderá ser atendida com a perfuração de novos poços tubulares, a opção mais viável economicamente, desde que seja feito um detalhado estudo de locação. As atividades agropecuárias e algumas indústrias poderão utilizar as águas superficiais, desde que não estejam contaminadas. A população rural poderá continuar utilizando as atuais captações individuais (poços escavados e pequenas nascentes), aconselhando-se pequenas melhorias que atendam às exigências sanitárias de água para consumo humano, tais como: construção de filtros de areia nas captações de nascentes, revestimento dos poços escavados e cimentação ao seu redor, canalização do ponto de captação até as casas; limpeza periódica dos poços escavados e caixas de areia com cloro; desativação das fossas, depósitos de lixo, hortas e currais próximos às fontes de captação. As localidades rurais com maior concentração populacional poderão ser atendidas por poços tubulares.

Os recursos de água subterrânea disponíveis no município são aqui definidos como as vazões de fluxo de água subterrânea que deságuam naturalmente nos rios. Os estudos hidroclimatológicos realizados para este projeto na bacia do ribeirão da Mata estabeleceram, nos cálculos do balanço hídrico, uma taxa média de infiltração da ordem de 15%, que equivale a um volume anual médio de recarga dos aquíferos de 194.000 m³/ano/km². Esse seria o volume que, durante o ano, em regime de

precipitação normal, infiltra no solo, escoia subterraneamente, atinge os vales dos rios e a partir daí escoia em superfície. Hipoteticamente, seria esse o volume de água subterrânea disponível. No entanto, na prática, há de se considerar somente os recursos técnicos e economicamente exploráveis, que se situam nas áreas de maior porosidade e permeabilidade, o que irá diminuir bastante o volume de água explotável, mas que é suficiente para atender às demandas futuras.

HIDROGEOLOGIA

Unidades Hidrogeológicas

A ocorrência de água subterrânea está ligada à existência de formações geológicas capazes de acumular e possibilitar a sua circulação. Dessa forma, as unidades hidrogeológicas descritas relacionam-se com determinados tipos de rocha, cujas características indicam a sua potencialidade aquífera.

Aquíferos Fissurados

A seqüência de rochas que constitui a base da coluna estratigráfica regional, denominada embasamento cristalino, é representada por rochas gnaisse-migmatíticas, dominando em cerca de 80% a área total do município. Raramente, essas rochas afloram em superfície, estando geralmente sob manto de alteração, ou, então, sob formações rochosas superiores, como é o caso dos calcários, pelitos e aluviões.

Em termos hidrogeológicos, os aquíferos fissurados estão condicionados às zonas de fraturas ou fissuras oriundas de processos tectônicos antigos, que provocaram a abertura de determinadas zonas de maior fraqueza da rocha, mostrando ser a única maneira de se acumular água. Geralmente, essas fissuras podem ser detectadas em aerofotos, permitindo seu mapeamento. Como a ocorrência, distribuição e densidade dessas fraturas são aleatórias, esses aquíferos refletem um nível elevado de heterogeneidade, pró-

prio de seu arranjo morfológico e estrutural. Tais características, somadas à própria natureza de coesão e massividade dos gnaisses, concorrem como fator restritivo à explotabilidade desses aquíferos.

Dentre os 13 poços perfurados no município, apenas 3 (pontos 05, 09 e 10) são coletores de água desses aquíferos, apresentando vazões de 5,5, 9,0 e 16,0m³/h, respectivamente. A vazão média apresentada pode ser considerada muito boa (10m³/h); convém salientar que o poço 5 é inoperante.

Comparando-se o número de poços tubulares em relação à área de distribuição dos aquíferos fissurados, nota-se que o aproveitamento por captação de água subterrânea é pouco utilizado, advindo dois aspectos:

- As águas superficiais nessas zonas são mais facilmente utilizáveis;
- Os poços tubulares são economicamente inviáveis, devido à pouca probabilidade de se obter boas vazões.

As condições de exploração verificadas por esses poços tubulares evidenciam, através de seus perfis litostratigráficos e construtivos, o posicionamento altimétrico do topo desses aquíferos, oscilando entre 14 e 50m abaixo da "boca" dos poços (05 e 12). Se considerarem as cotas de 807 e 790m de altitude medidas na "boca" desses poços (Mapa Hidrogeológico e de Favorabilidade à Exploração da Água Subterrânea), verifica-se uma diferença de 53m, variando de 793m para 740m de altitude em uma distância de apenas 6km. Essa variação do nível altimétrico, re-presentada pelo topo das seqüências gnáissicas, conduz às seguintes interpretações:

- As formações aquíferas superiores e de maior potencial hídrico (calcários) não terão espessura elevada, devido à profundidade do embasamento cristalino ser rasa em toda a extensão do município;
- Considerando que o gradiente hidráulico é de oeste para leste, e que na porção leste estão situados os calcários, confere-se para tais áreas as maiores capacidades de armazenamento e também as maiores vazões.

Aquíferos Cársticos

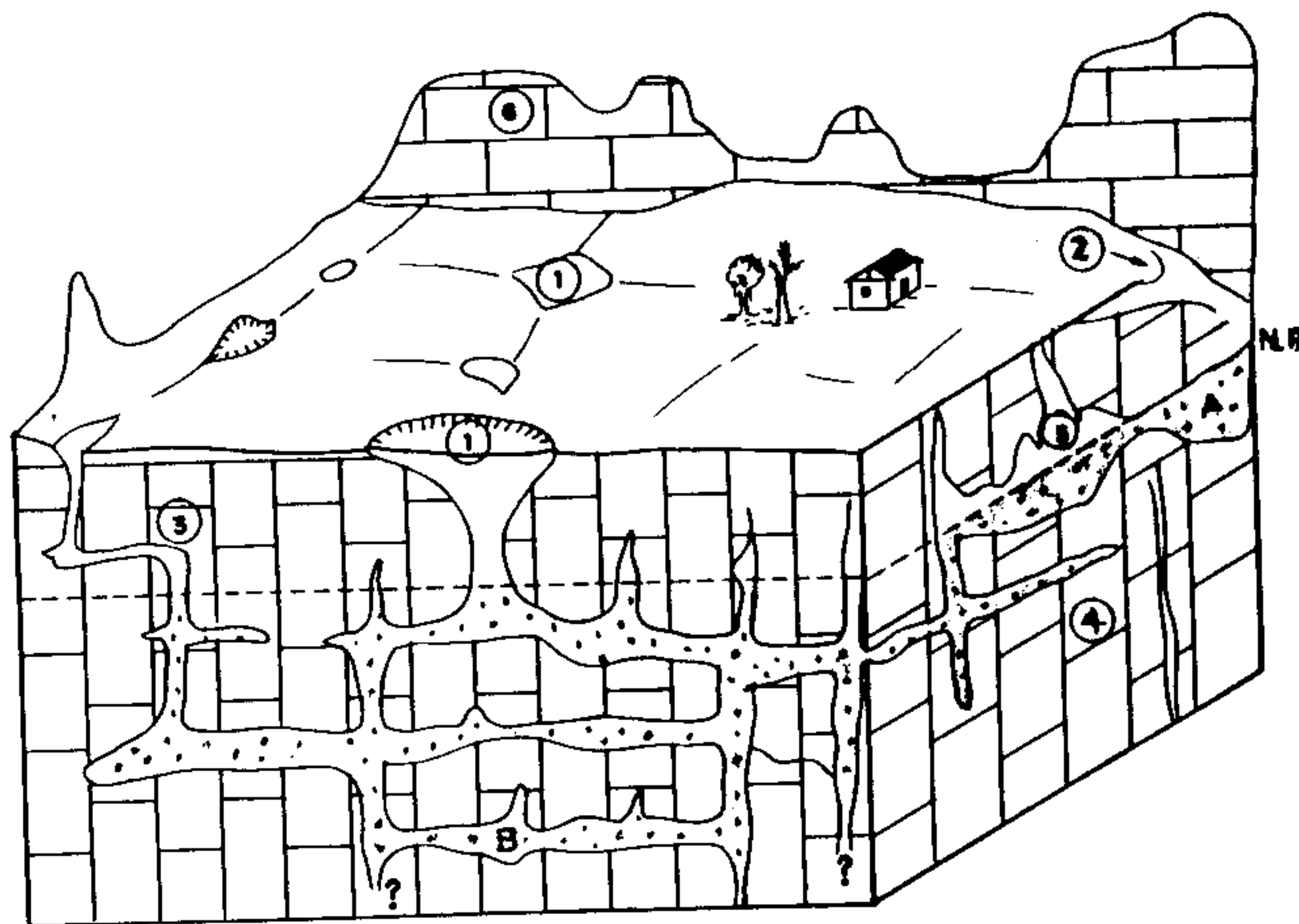
As seqüências de rochas calcárias correspondentes à Formação Sete Lagoas são aqui tratadas como aquíferos cársticos, os quais abrangem cerca de 15% das formas de ocorrência rochosa na área do município. Estão geralmente encobertos pelo próprio material de alteração dos carbonatos, exceto na porção sudeste, onde afloram paredões calcários. Tais aquíferos ocupam a porção leste do município.

Revelam-se os maiores produtores de água subterrânea, sendo responsáveis por 97% do consumo urbano. A rocha calcária, por suas características químicas, permite a ação da água como agente de dissolução, criando e desenvolvendo o alargamento de fraturas e abertura de enormes espaços, ou condutos, por onde se dá a circulação da água.

Podem apresentar uma diversidade de aspectos hidrogeológicos ligados às formas de conexão hidráulica entre tais condutos. A Figura 1 apresenta algumas características comuns no meio cárstico, e elucida as formas mais comuns pelas quais a água subterrânea fica armazenada (A e B). As dolinas, às vezes alinhadas, podem indicar zonas de fraturamento em subsuperfície, delineando os principais caminhos de fluxo subterrâneo, além de indicarem áreas potencialmente favoráveis à exploração.

A alimentação desses aquíferos é feita através das águas pluviais que infiltram nos materiais porosos posicionados em níveis altimétricos mais elevados, que não apresentam traços de drenagem, não havendo, portanto, escoamento superficial. A água da chuva infiltra-se e, dependendo da porosidade desse material, pode demorar a alcançar os aquíferos, retardando sua recarga. Podem, ainda, ocorrer formas de alimentação derivadas de interligação das rochas calcárias com outros aquíferos. Esse tipo de interconexão foi notado nas imediações do poço nº 10, com a presença de águas mistas (ver "Qualidade das Águas Subterrâneas"), possivelmente decorrentes de zonas de comunicação entre as fraturas.

Conforme o grau de dissolução das rochas carbonáticas, os fluxos subterrâneos podem alcançar velocidades elevadas, designando valores apreciáveis da condutividade hidráulica (K). Em geral, esses valores, bem como outros parâmetros hidráulicos representados pela Transmis-



LEGENDA

- ① Dolinas
- ② Sumidouro
- ③ Fraturas
- ④ Acamamento / estratos
- ⑤ Cavernas
- (NP) Nível piezométrico
- ⑥ Paredão calcário

**Figura 1 - Bloco-Diagrama Esquemático
Aqüífero Cárstico**

sividade (T) e coeficiente de armazenamento (S), são calculados a partir dos testes de bombeamento dos poços tubulares. As vazões encontradas para os poços que abastecem o setor público/urbano, referentes aos pontos 01 e 16 a 20, indicam valores característicos de aquíferos ricos, com manutenção da taxa de bombeamento ao longo de muitos anos.

O controle de descarga desses aquíferos é feito a partir de ressurgências e/ou fontes presentes na área do município ou mesmo em zonas que extrapolam esse limite. As nascentes de grande volume de descarga, como os pontos 02, 11 e 14, caracterizam essas fontes. Note-se que, às vezes, dependendo do local onde é caracterizada a descarga (ponto 14), ela pode refletir condições intermediárias de fluxo: a água poderá somar-se a um curso superficial, ou então reintegrar-se novamente ao sistema hídrico subterrâneo através de um sumidouro (Figura 1), como é o caso da porção sudeste da área do município. Caracterizado por fotointerpretação e trabalhos de campo, detectou-se o sumidouro do córrego Várzea do Açude, cujo curso d'água é proveniente, em parte, da nascente nº 11.

No Mapa de Vulnerabilidade e Risco de Contaminação dos Aquíferos são apresentadas as indicações dos pontos cadastrados, com as respectivas formas de ocorrência e outros dados relevantes, referentes ao caráter de disponibilidade da água subterrânea.

Aquíferos Granulares

Essa unidade aquífera apresenta características hidrogeológicas vinculadas à sua localização junto aos cursos d'água, sendo seu comportamento restrito à zona freática.

Correspondem a materiais areno-argilosos desagregados, formando corpos de espessura média de 10m, situados nos talwegues e margens do ribeirão da Mata e afluentes. Conformam-se através de faixas longilíneas predominantemente na porção central do município. Esses materiais são transportados de zonas topográficas mais elevadas (alúvio-colúvios), terraços de antigas planícies de inundação.

O comportamento hidráulico desses aquíferos é determinado pela sazonalidade climática que

controla o regime de oscilação dos níveis freáticos. São, geralmente, aquíferos pouco espessos, homogêneos, apresentando-se com propriedades hidráulicas similares em todas as direções.

O posicionamento desse aquífero superficial, dentro da bacia hidrográfica do ribeirão da Mata, adquire certas restrições quanto ao uso para abastecimento, uma vez que, em determinados pontos, detectaram-se parâmetros químicos acima do permitido para consumo. Em geral, os aquíferos granulares servem mais a pequenas propriedades, através de poços escavados de pequenas vazões ($<1,0\text{m}^3/\text{h}$).

Áreas de Favorabilidade à Exploração da Água Subterrânea

Conforme apresentado no Mapa Hidrogeológico e de Favorabilidade à Exploração da Água Subterrânea, a definição de domínios hidrogeológicos é função do caráter produtivo dos aquíferos, em razão da combinação de diversos elementos morfológicos e estruturais, que distinguem zonas com características hidrogeológicas semelhantes, dentro de um mesmo domínio.

Os três domínios delimitados para o município abrangem quatro escalas de favorabilidade, definidas de acordo com a vocação que determina a zona demonstra em produzir água subterrânea. Esses domínios são descritos baseando-se na metodologia de Soares & Fiori (1976), cujos elementos de análise principais são as texturas de drenagem, o relevo, a intensidade de fraturamento e coberturas de material intemperizado.

Domínio I: É encontrado com maior frequência nas rochas do embasamento cristalino; apresenta geformas elaboradas em material de alteração gnaiss-migmatítico, e mais raramente em afloramentos. Subordinadamente, ocorre em terrenos calcários, onde a taxa de escoamento superficial é incipiente.

Em geral, são bem marcados os elementos de drenagem e de relevo, onde o controle estrutural da drenagem pode ser observado através da hierarquia fluvial. Os grandes alinhamentos, supostamente traços refletidos por planos de falhas normais, correspondem aos vales fluviais de maior ordem, como o ribeirão da Mata, em sua porção de alto a médio curso. Seus tributários refletem,

secundariamente, traços de fratura pouco penetrativos, perceptíveis nas direções paralelas e às vezes perpendiculares aos caminhamentos de fluxos secundários, e por vezes, assumindo traços perpendiculares a estes, como forma de dissecação primária, muito incipiente.

Corresponde, na maior parte dos casos, às porções marcadas por uma elevada densidade de drenagem, apresentando formas de dissecação em áreas de colinas com topos arredondados e aplainados, e vertentes convexas. Predominam em quase toda a extensão do município, sendo limitados por rupturas de declive do relevo, contatos geológicos ou zonas diferenciadas pela densidade de drenagem.

Esse domínio apresenta escalas de favorabilidade muito baixa, baixa e média a alta, sendo que, estatisticamente, há predominância das zonas de baixa favorabilidade devido à maior ocorrência das rochas granito-gnáissicas não-fraturadas.

Domínio II: Coincide essencialmente com terrenos calcários que não apresentam traços de alinhamentos estruturais evidentes, apenas detectados por feições cársticas posicionadas de forma retilínea ou mesmo agrupadas em regiões cujos processos de dissolução são mais atuantes, como é o caso das dolinas. Ocorrem formas típicas de relevo cárstico e a presença esporádica de colinas com exposição de afloramentos rochosos. Localmente, mostram evidências de processos erosivos, tanto de decomposição química como desagregação mecânica.

Esse domínio pode apresentar-se através de formas delimitadas por superfícies de aplainamento, como ocorre em menor escala no domínio anterior; e como subdomínio, onduladas, com depósitos de cobertura, predominantemente de composição argilosa, com espessura entre 10 e 40m, nas cotas acima de 850m. Contribui para a delimitação desse subdomínio a inexistência da rede de drenagem, o que atesta uma considerável taxa de infiltração, com armazenamento de grande quantidade de água, além do suprimento dos aquíferos inferiores, através de drenança vertical.

Nas zonas de colinas de topos arredondados e de vertentes convexas, e também em zonas de vertentes baixas originadas por escoamento superficial difuso, onde se encontram rampas de colúvio, a drenagem é incipiente. No subsolo, onde as rochas calcárias afloram como maciços

escarpados, dolinas e sumidouros, a vulnerabilidade é extrema face à ausência de camada de material argiloso. Por outro lado, indicam alta transmissividade e, por conseguinte, uma produtividade elevada, como pode ser observado através dos poços nele situados, confirmando estarem estruturados por canais de dissolução da rocha carbonática. Face aos fatores hidrogeológicos, poder-se-á ter zonas de média a alta favorabilidade à exploração hídrica subterrânea.

Domínio III: Corresponde aos terrenos formados por material inconsolidado que ocupam as calhas dos cursos d'água e suas margens, sendo a composição predominante os materiais de fração areno-argilosa. Estruturalmente, apresenta-se bem caracterizado, por se instalar ao longo de planos de falha e fraturas, coincidentes aos talvegues dos cursos d'água, sendo o ribeirão da Mata o nível de base local. Dessa forma, todas as direções de fluxo convergem para seu traçado, indicando ser uma área de fluxo com índice altamente favorável à exploração da água subterrânea. Pode-se verificar nos poços localizados nos limites desse domínio maior vazão, pois há uma tendência dos fluxos em concentrarem-se, em virtude da ruptura de declive do relevo e da facilidade de acúmulo da água, possibilitada pela ocorrência das unidades aquíferas cársticas nas porções inferiores. Esse domínio ocorre sobreposto às rochas do embasamento cristalino e sobre calcários; no primeiro caso, situa-se em porções mais elevadas altimetricamente, o que restringe, moderadamente, sua condição de favorabilidade. O Mapa Hidrogeológico e de Favorabilidade à Exploração da Água Subterrânea apresenta as zonas de maior vocação à exploração por poços escavados e tubulares e as respectivas estimativas de vazões potenciais. No segundo caso, assentado sobre rochas calcárias e em cotas mais baixas, assume importância hidrogeológica relevante e de extrema favorabilidade à sua exploração.

Aspectos Condicionantes para Locação de Poços

As diversas informações obtidas dos trabalhos de campo, cadastramento de pontos d'água e fotointerpretações permitem traçar algumas diretrizes que poderão servir como dados indicativos

para uma melhor escolha de locais para perfuração de poços para água subterrânea.

Os domínios de favorabilidade distribuídos na área do município propiciam a seleção das zonas de maior tendência ao acúmulo de água, condicionando, portanto, melhores áreas à captação por poços profundos. Contudo, em sua grande parte, os aquíferos apresentam características de heterogeneidade e anisotropia, o que possibilita resultados muito diferenciados. Numa mesma zona de favorabilidade, poços pouco distantes entre si podem fornecer uma elevada quantidade de água e outros, não.

A exploração da água subterrânea nesses domínios de alta favorabilidade geralmente está vinculada a alguns aspectos que condicionam a locação de poços tubulares, como:

- Qualidade da água subterrânea;
- Profundidade de perfuração e captação;
- Profundidade do nível da água;
- Capacidade de produção do aquífero;
- Características hidráulicas locais.

Analisando os pontos de captação e suas respectivas capacidades de produção, vê-se que a maior concentração de poços e maiores vazões situam-se nas zonas cársticas, onde alguns critérios básicos são usados para definição de zonas com maior potencial hídrico subterrâneo e para locação de poços:

- As zonas onde há intersecção de fraturas, bem como o alinhamento de dolinas segundo a direção do fraturamento;
- As bordas de dolinas, uma vez que o centro pode apresentar-se colmatado, com espessa camada de argila;
- As zonas de menor altitude, localizadas nos fundos dos vales, que normalmente estão coincidentes aos alinhamentos de fraturas.

VULNERABILIDADE DOS AQUIFEROS À POLUIÇÃO

A vulnerabilidade dos aquíferos à poluição pode ser definida através da combinação de fatores próprios do meio físico:

- Tipo de rocha (permeabilidade);
- Grau de fraturamento;
- Profundidade do nível d'água;
- Grau de declividade topográfica;
- Presença de material de cobertura (espessura e porosidade);
- Direção e tipo de fluxo subterrâneo.

O grau de vulnerabilidade do aquífero dependerá do tipo de associação desses fatores em determinado local. À intensidade em que cada um atua é atribuído um valor arbitrário de 0 a 3, respectivamente às vulnerabilidades desprezível, baixa, média e alta, como se vê no Quadro II.

Vulnerabilidade Desprezível (0): Zonas com fraturamento nulo, elevada densidade de drenagem. Declividade elevada e fluxo laminar.

Vulnerabilidade Baixa (1): Em geral, são terrenos constituídos por materiais pouco permeáveis relacionados ao domínio das rochas granito-gnáissicas, onde estão presentes os aquíferos fissurados. São terrenos marcados por uma baixa densidade de fraturamento ou até mesmo nula. O valor médio do nível da água nos poços é de 10m e a densidade de drenagem é muito elevada, ocorrendo em declividades acima de 25% ou então em zonas planas com ausência de drenagem e espessa cobertura de material argiloso, onde o fluxo laminar (intersticial) é predominante.

Vulnerabilidade Média (2): Está associada predominantemente às zonas constituídas por rochas com fraturamento incipiente, em domínios granito-gnáissicos ou cársticos pouco desenvolvidos. Ocupam áreas de contatos geológicos em que o fluxo subterrâneo é caracterizado por três situações:

1) Podem ocorrer nas rupturas de declive do terreno, onde há geralmente fontes de contato, marcadas pela mudança do regime de fluxo laminar dos aquíferos porosos (granulares), para regime de fluxos turbulentos, em zonas cársticas ou fissuradas;

2) Nos aquíferos cársticos pouco desenvolvidos, estão entre as fraturas pouco abertas por dissolução, associados ao regime de fluxo laminar de porosidade primária da rocha

FATORES ANALISADOS NO MEIO FÍSICO	GRAUS DE VULNERABILIDADE			
	DESPREZÍVEL (0)	BAIXO (1)	MÉDIO (2)	ALTO (3)
Tipo de rocha, permeabilidade (K=cm/s)	$K \leq 10^{-3}$	$10^{-3} < k < 10^{-1}$	$K \leq 10^{-1}$	$K > 10^{-1}$
Densidade de fraturamento (γ em m/km ²)	Nula	$\gamma < 133$	$133 < \gamma \leq 500$	$\gamma \leq 500$
Profundidade do nível d'água (NA)	NA > 20m	$10 < NA < 20$	$5 < NA < 10m$	NA < 5m
Declividade (α)	$\alpha > 40\%$	$25 < \alpha < 40\%$	$10 < \alpha < 25\%$	$\alpha < 10\%$
Coberturas argilosas – espessura (b)	b > 10m	$5 < b < 10m$	b < 5m	Ausente
Tipo de fluxo subterrâneo	Laminar	Laminar e Turbulento	Turbulento e Laminar	Turbulento

Quadro II – Graus de Vulnerabilidade

sã ou, então, em zonas de intemperismo marcadas pela pouca permeabilidade dos mantos de alteração argilosos, de baixa transmissividade (velocidade horizontal muito baixa) e pouca drenança vertical;

3) Os aquíferos fissurados podem apresentar, através de suas fendas apertadas, fluxo laminar (lento), podendo alcançar espaços maiores da rocha, devido a irregularidades estruturais do pacote rochoso, representado pelo embasamento cristalino.

Vulnerabilidade Alta (3): Marcada por zonas de alta permeabilidade dos aquíferos granulares (aluviões), fissurados (diáclases) e/ou em zonas onde há elevado grau de fraturamento e intersecção de aquíferos. Geralmente, está associada à áreas com declividade baixa (>10%), com taxas de infiltração elevadas, ou em zonas de exposição rochosa, com recarga direta do aquífero. É caracterizada, ainda, por apresentar fluxo subterrâneo em regime turbulento (rápido), mais comum nos aquíferos cársticos desenvolvidos, onde há porosidade secundária, predominantemente.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A qualidade de uma água é definida pela sua composição, e o estudo dos efeitos que cada um dos elementos poderá causar, ou o conjunto de

todos eles, permitirá estabelecer as possibilidades de seu uso: doméstico, agrícola, pecuário ou industrial. Para cada utilização são requeridos padrões específicos; as águas destinadas ao abastecimento público vinculam uma combinação desses tipos principais.

Uma vez definidas as características químicas e biológicas de uma água subterrânea, esta poderá apresentar pequenas variações naturais em função da dinâmica dos aquíferos. Por outro lado, grandes variações poderão ocorrer em decorrência de atividades industriais, agrícolas, minerárias, acidentes com cargas tóxicas, lixões e cemitérios, entre outras. Essas atividades poluentes podem comprometer irremediavelmente a qualidade das águas.

Este item tratará basicamente da avaliação da qualidade das águas subterrâneas do município de Capim Branco, caracterizando a sua composição, grau de contaminação e, por último, as possibilidades de uso doméstico, agrícola e industrial.

Os resultados não devem ser considerados conclusivos, uma vez que a quantidade de informações não permite precisar o grau de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos locais. Será feita, basicamente, uma análise dos resultados obtidos nas campanhas realizadas durante o projeto; no item referente a "Recomendações", indicar-se-ão sugestões para melhor caracterizar e remediar as alterações de qualidade.

Durante a fase de execução do projeto, foram feitas, nos 24 pontos de água identificados, medidas *in loco* da condutividade, pH e temperatura, utilizando-se equipamentos portáteis. Também fo-

ram realizadas 10 coletas de água em 6 pontos escolhidos, sendo: 3 para análises físico-químicas e bacteriológicas, 4 para análises físico-químicas e 3 para análises bacteriológicas. Na escolha dos pontos de coleta e dos parâmetros para análises, utilizaram-se os seguintes critérios: proximidade do poço às fontes poluentes, interesse hidrogeológico e interesse sanitário. Nos poços que abastecem comunidades, foi feita mais de uma análise em diferentes datas para a confirmação de resultados. A escolha dos parâmetros foi em função das prováveis fontes contaminantes, utilizando-se a Tabela 3 como orientação. As coletas foram feitas e as amostras analisadas por técnicos da CPRM no período de 1991 a 1993.

Para a classificação das águas destinadas ao consumo humano, empregaram-se padrões ditados pela legislação brasileira e normatizados pelo Ministério da Saúde através da Portaria nº 36 de 19.01.1990, em vigor desde 1992. Para os elementos que não constam nessa portaria, utilizaram-se os padrões da Resolução nº 20 (1986) do CONAMA – Classe Especial/Classe I ou da Organização Mundial de Saúde (1984), ou ainda, padrões de potabilidade do DNPM. Esses valores estão relacionados na Tabela 4.

Química das Águas

Composição

A composição química das águas subterrâneas é o resultado das interações água-terreno, dependendo muito das condições do aquífero, de seus tipos de rocha, da velocidade de circulação, da qualidade da água de infiltração e das relações entre aquíferos. A análise química auxilia na caracterização do meio em que as águas encontram-se expostas no ciclo hidrológico.

Mais de 50 constituintes ou propriedades podem ser determinados em análises de água. Tratar-se-á aqui dos constituintes essenciais e eventualmente de algum outro que permita relacioná-lo às fontes poluentes existentes na área.

Considerando-se a necessidade de facilitar a interpretação dos resultados obtidos, serão apresentados os elementos analisados que obtiveram resultados além dos padrões exigidos, com uma breve introdução de suas propriedades físico-químicas, seguidos dos valores encontrados. É

prudente que para outras conclusões, ou estudos posteriores, recorra-se a orientação técnica especializada.

Cor. A cor é geralmente causada pela presença de substâncias de origem mineral e/ou orgânica dissolvidas, ou em suspensão e a colóides. Essas substâncias normalmente estão relacionadas a efluentes industriais e atividades agrícolas. Águas subterrâneas em geral apresentam valores menores que 5 UH (a legislação brasileira estabelece o valor máximo de 5 UH para águas destinadas ao consumo humano).

Esse parâmetro foi analisado em duas coletas em dois pontos distintos (ptos. 01 e 16). Os resultados apresentaram valores de 5 UH para o ponto 01 (no limite permitido por lei) e 10 UH para o ponto 16. A análise feita na data da perfuração do poço tubular 12 (1983), apresentou o valor de 5 UH.

Turbidez. Está relacionada à presença de matéria em suspensão, como: argila, silte, matéria orgânica finamente dividida, plâncton e outros microorganismos. A água transparente apresenta valores inferiores a 1 UT (a legislação brasileira estabelece um limite de 1 UT para águas de consumo humano). A turbidez causa um aspecto desagradável na água, como também é indício de algum problema na construção de poços tubulares.

As duas coletas de água feitas nos pontos 01 e 16 apresentaram resultados no limite permitido por lei de 1 UT. Em uma análise feita quando da perfuração do poço tubular 12, encontrou-se 0,5 UT.

pH. É utilizado para expressar a concentração de íons hidrônio e reflete o estado de equilíbrio químico da água. Em geral, apresenta valores entre 6,5 e 8,0. Águas com $\text{pH} < 7$ se tornam agressivas a materiais principalmente metálicos, como: revestimento de poços, tubulações, caldeiras etc. O $\text{pH} > 9$ cria dificuldades para as plantas. Os peixes suportam valores entre 5,0 e 9,5. A legislação brasileira estabelece valores entre 6,5 e 8,5 para águas destinadas ao consumo humano.

O pH medido em campo com um pH-metro portátil, na época do cadastramento dos pontos de água (poços tubulares, escavados e nascentes), mostrou uma variação de 4,5 (pto. 06) a 8,0 (ptos. 05 e 20). Os valores abaixo de 6,0 estão relacionados a poços escavados e nascentes

TIPOS DE PROCESSOS	ÁGUAS RESIDUAIS PROVENIENTES DAS INDÚSTRIAS DE:																				(A)	
	ALCÓOL	ALIMENTOS	ALUMÍNIO	AUTOMÓVEIS	BEBIDAS	CEREAIS	CIMENTO	CURTUME	FERTILIZANTES	LATICÍNIOS	MATADOUROS	PLÁSTICOS	PAPEL	PROD. FARMACÊUT.	PROD. FRIGORÍF.	PROD. INORGÂNICOS	PROD. ORGÂNICOS	SIDERURGIA	TÊXTIL	TRAT. METAIS	VIDROS E CERÂM.	EST. TRAT. ESGOTO
ALCALINIDADE	*				*		*	*	*					*		*			*			*
ALUMÍNIO			*						*							*					*	*
ARSÊNIO									*							*			*			
BORO																*						
CÁDMIO				*					*		*					*	*	*	*	*		
CÁLCIO	*						*		*									*				
CHUMBO				*							*					*	*	*	*	*	*	
CIANETO				*							*					*	*	*	*	*	*	*
CLORETOS				*				*	*	*						*		*		*		*
CLORO			*													*						
COBRE				*												*		*	*	*	*	*
COLIFORMES FECAIS									*					*								*
COLIFORMES TOTAIS					*			*	*					*								*
COR	*	*		*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CROMO TOTAL				*			*	*	*							*	*	*	*	*	*	*
DUREZA								*														*
ESTANHO				*												*	*	*	*	*	*	*
FENOL			*	*							*	*			*	*	*	*	*	*	*	*
FERRO TOTAL	*		*	*				*							*	*	*	*	*	*	*	*
FLUORETO			*					*								*						*
FOSFATOS	*						*	*	*					*		*						*
FÓSFORO TOTAL		*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
MANGANÊS			*					*	*					*		*	*	*	*	*	*	*
MERCÚRIO							*	*	*				*		*	*	*	*	*	*	*	*
NÍQUEL			*													*	*	*	*	*	*	*
N-AMONÍACAL		*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
N-NITRATO	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
N-NITRITO	*	*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
N-ORGÂNICO		*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
N-TOTAL	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
ÓLEOS E GRAXAS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
pH	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
SILICATOS																*						
SÓDIO	*						*					*										
SOL. DISSOLVIDOS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
SÓLIDOS TOTAIS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
SULFATOS	*		*				*	*	*			*			*	*	*	*	*	*	*	*
SULFETOS	*						*	*				*			*	*	*	*	*	*	*	*
TURBIDEZ	*				*			*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
URÂNIO								*	*								*	*	*	*	*	*
ZINCO	*		*				*	*	*		*					*	*	*	*	*	*	*

(A) Águas Residuais Domésticas

Tabela 3 – Recomendações de Parâmetros Mínimos para o Controle de Efluentes Líquidos

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

* MINISTÉRIO DA SAÚDE - Portaria nº 36 (19.01.1990)

** CONAMA - Resolução nº 20 (18.06.1986) - Classe Especial/Classe 1

*** O.M.S. *International Standards For Drinking Water* (1984). Concentração máxima aceitável.

(1) 95% das amostras devem apresentar ausência de coliformes totais em 100ml, no 5% restantes serão tolerados até 10 coliformes totais em 100ml, desde que não ocorram em duas análises consecutivas.

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

Tabela 4 - Padrões de Potabilidade de Água Destinada ao Consumo Humano

(ptos. 06, 07, 13, 15 e 199). As medidas em laboratório das águas dos poços tubulares apresentaram resultados que variam de 6,9 (pto. 09) a 8,4 (pto. 12). Dos pontos com análises em diferentes datas (ptos. 01 e 12), somente um deles (pto. 12) mostrou variação, de 7,5 para 8,4.

Condutividade: É a capacidade de uma água conduzir energia elétrica. A presença de sais faz com que a água seja condutora, tanto mais quanto maior for a concentração de sais. Em águas doces, a condutividade varia entre 100 e 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C. Em águas de um mesmo aquífero é possível estabelecer uma relação com o resíduo seco.

Durante o cadastramento de pontos de água foram realizadas medidas de condutividade *in loco*, com um condutímetro portátil, que mostraram valores variando entre 10,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (pto. 06) e 388,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (pto. 01) a 25°C. Os valores abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ estão relacionados a poços escavados e nascentes (ptos. 06, 07, 13, 15 e 199). As medidas obtidas em laboratório apresentam variações de 135,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 400,95 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em águas de rochas carbonáticas, com média de 281,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (25°C). Para as águas provenientes de rochas do embasamento, o valor médio é 143 C $\mu\text{S}/\text{cm}$, e sua relação com o resíduo seco é de C $\mu\text{S}/\text{cm}$ (25°C) = 1,35 Rs.

Dureza: Representa a capacidade de uma água consumir sabão ou produzir incrustações. Os valores encontrados normalmente nas águas subterrâneas variam entre 10 e 300mg/l de CaCO_3 . As águas podem ser classificadas por sua dureza em: brandas, com menos de 50mg/l; até 100mg/l, ligeiramente duras; até 200mg/l, moderadamente duras e, acima, muito duras (a legislação brasileira estabelece um valor máximo de 500mg/l de CaCO_3 para consumo humano).

Os resultados obtidos mostram uma variação da dureza total de 37,0 a 227,0mg/l de CaCO_3 .

Ferro (Fe): Sua química é relativamente complexa, podendo ocorrer na forma de colóides (Fe_2O_3) ou precipitar-se (Fe_3O_2) em função do pH, Eh e composição da solução. Algumas matérias orgânicas e outras inorgânicas podem complicar ainda mais o seu comportamento. Certos microorganismos (ferrobactérias) utilizam a energia de passagem de Fe^{++} para Fe^{+++} em seus

processos vitais e geram colônias que formam precipitações gelatinosas. Esses crescimentos bacterianos são favorecidos em águas com excesso de O_2 e abundante CO_2 . O ferro tem sua origem na lixiviação de silicatos ferríferos, sulfetos e óxidos de ferro e lixiviação da maioria das rochas sedimentares; também procede lenta e localmente do revestimento dos poços tubulares. A concentração de Fe^{++} (dissolvido) varia entre 0 e 10mg/l, sendo menos de 0,5mg/l em águas aeradas. Em águas muito ácidas (pH < 7), pode-se chegar a quantidades expressivas de $\text{Fe}^{++} + \text{Fe}^{+++}$; em águas alcalinas (pH > 7), os teores de Fe^{++} são muito baixos. A legislação brasileira estabelece o valor máximo para consumo humano em 0,3mg/l.

O ferro ocorre em apenas quatro das seis análises (ptos. 01, 09, 10 e 20) em concentrações que variam de 1,79mg/l (pto. 10) e 1,05mg/l (pto. 09) a 0,01 (ptos. 12 e 16). A presença de concentrações elevadas é, provavelmente, um fenômeno local, não refletindo as condições químicas do aquífero.

Fosfato (PO_4^{--}): A solubilidade em geral é baixa, e a presença de anidrido carbônico (CO_2) dissolvido favorece o aumento da sua concentração, enquanto o íon cálcio a limita. Tem sua origem relacionada ao processo de lixiviação do mineral apatita, freqüente em muitos tipos de rochas, também relacionado ao uso de fertilizantes para agricultura, da decomposição de matéria orgânica, resíduo industrial, esgoto doméstico e detergentes. Sua concentração varia em geral entre 0,01 e 1mg/l (o CONAMA estabelece o valor máximo de 0,025mg/l de P Total para águas da Classe Especial). Em concentrações usuais não causa problemas; sendo um nutriente essencial nos seres vivos, elevadas concentrações criam condições para a reprodução anormal de algas e outros microorganismos.

O fosfato foi detectado em todas as seis análises requisitadas. Tanto as águas provenientes de rochas carbonáticas (ptos. 01, 12, 16 e 20) quanto as de rochas do embasamento (ptos. 09 e 10) apresentaram teores consideráveis, principalmente nas últimas, que exibiram valores acima do permitido para consumo humano. As concentrações variaram de 0,04mg/l PO_4 (ptos. 01 e 16) a 0,10mg/l PO_4 (pto. 10). O teor médio para águas de rochas carbonáticas (ptos. 01, 12, 16 e 20), é

de 0,06mg/l PO₄; para águas de rochas de embasamento (ptos. 09 e 10), é de 0,09mg/l PO₄.

Coliformes: Bactérias coliformes têm sido utilizadas como o principal indicador no controle bacteriológico da água para consumo humano. Essas bactérias residentes no intestino do homem e de outros animais estão presentes em grandes quantidades nas fezes. As bactérias e vírus patogênicos originam-se da mesma fonte, ou seja, as descargas fecais de pessoas ou animais contaminados ou portadores. Como essas bactérias coliformes podem originar-se de animais de sangue quente e estarem presentes no solo e vegetação, em adição às fezes do homem, são utilizados dois outros indicadores (ambos presentes nas fezes de homens e animais): os coliformes fecais e estreptococos fecais. Os últimos são mais numerosos que os primeiros nas fezes dos bovinos, suínos e outros animais (exceto o homem). A legislação brasileira estabelece que 95% das amostras devem apresentar ausência de coliformes totais; nos 5% restantes serão tolerados até 10 coliformes totais, desde que não ocorram em duas análises consecutivas.

Análises bacteriológicas foram solicitadas para águas provenientes de três poços tubulares destinados ao abastecimento público, totalizando seis análises: três para o ponto 01, duas no ponto 16 e uma no ponto 20. Todos os seis resultados acusaram a presença de bactérias coliformes.

O ponto 01 chegou a atingir 2.400 NMP de coliformes fecais e totais e 23 NMP de estreptococos fecais na primeira coleta; esses valores caíram para 20 NMP, < 2 MMP e < 2 NMP, respectivamente, passado um mês. Após dois anos, praticamente esses últimos valores sustentaram-se: 29 NMP de coliformes totais, 7,3 NMP de coliformes fecais e ausência de estreptococos fecais.

No ponto 16, a primeira coleta mostrou a presença de 4 NMP de bactérias do tipo estreptococos fecais e ausência de outras, enquanto a segunda coleta, seis meses após, identificou 35 NMP de coliformes totais e ausência de outras.

A única coleta feita no ponto 20 acusou a presença de 3,6 NMP de bactérias do tipo estreptococos fecais, 9,1 NMP de coliformes totais e ausência de coliformes fecais.

Tipos Químicos das Águas

Observando-se o mapa hidrogeológico municipal, identificam-se três tipos principais de aquíferos, descritos em detalhe no item "Unidades Hidrogeológicas". São eles: aquíferos granulares, aquíferos cársticos e aquíferos fissurados.

Tais tipos, diferentes em composição, grau de alterabilidade dos minerais constituintes, grau de aeração, permeabilidade etc., exibem também diferenças na composição química das águas. Fundamentados nessas diferenças, estabeleceu-se o critério de separação dos tipos químicos de água de acordo com a rocha aquífera por onde circulam as águas. Todavia, condições especiais de fluxo subterrâneo poderão conectar águas de diferentes aquíferos originando águas quimicamente mistas.

Os aquíferos granulares, distribuídos ao longo das calhas dos rios, de pouca espessura e distribuição em superfície, formados de diversos tipos de materiais transportados, não despertaram interesse no estudo hidroquímico, a ponto de não terem sido feitas coletas de água para caracterizá-los.

Entretanto, durante a etapa de identificação dos pontos de água, observou-se que essas águas (ptos. 04, 07, 22 e 199) apresentaram baixa condutividade e um pH ácido (< 7). Tais características não são suficientes para uma classificação, mas é possível adiantar que sendo o material granular resultante do intemperismo das rochas situadas à montante (gnaisse-migmatíticas), esses aquíferos são predominantemente formados de grãos de sílica, já que a maior parte dos elementos solúveis foi dissolvida durante o processo de intemperismo e transporte. Por conseguinte, as águas serão pouco mineralizadas, como é comprovado pelos baixos valores de condutividade medidos.

A matéria orgânica, transportada e sedimentada juntamente com as partículas minerais e a que constitui o solo que recobre o sedimento, é responsável pelo pH ácido.

Certos locais poderão apresentar águas com composições químicas diferentes, mais em razão de atividades antrópicas do que da composição original do sedimento.

O aquífero cárstico, situado principalmente na porção NE do município, é composto de rochas carbonáticas que são dissolvidas ao longo das

fraturas e planos de acamamento por águas ácidas a levemente ácidas. A dissolução lenta e progressiva da rocha libera na água bicarbonato de cálcio e algum bicarbonato de magnésio. Águas provenientes desses aquíferos (ptos. 01, 12, 16 e 20) serão, portanto, ricas em cálcio, bicarbonato e algum magnésio, como é observado na representação das análises em diagramas de Stiff (Figura 2).

As águas de nascentes situadas no domínio de rochas carbonáticas (ptos. 02, 03, 11 e 14) não foram amostradas e apresentaram valores de condutividade, medidos *in loco*, próximos aos das águas de poços tubulares situados no mesmo domínio. Essas águas, provavelmente, apresentarão características químicas próximas das águas calcárias profundas, ainda que estejam conectadas às águas meteóricas superficiais.

As relações iônicas entre magnésio e cálcio apresentaram baixos valores nas águas relacionadas a esses aquíferos (Tabela 5). Essa baixa relação rMg/rCa sugere, com certa prudência, que o aquífero cárstico no município corresponde a uma zona de recarga, pois não houve tempo suficiente de interação água-rocha para solubilizar o magnésio existente na rocha.

As águas examinadas, oriundas do aquífero cárstico, são de um modo geral:

- Duras, segundo a dureza;
- Bicarbonatadas cálcicas, segundo os íons dominantes;
- Agressivas a calcita no ponto 16, e incrustantes nos pontos 01, 12 e 20, segundo o seu pH de equilíbrio (cronograma de Hoover-Langelier, *in* Custódio & Llamas, 1983, p. 197);
- SAR Tipo C2-S1 (águas de média salinidade e baixo conteúdo em sódio), segundo o U.S. Salinity Laboratory Staff, para águas usadas em irrigação (Custódio & Llamas, 1983, p. 189).

O aquífero fissurado exhibe ampla distribuição em superfície na faixa sul-noroeste do município. Restringe-se às zonas de fraturamento das rochas gnaisse-migmatíticas ricas em feldspatos alcalinos e quartzo. Os processos intempéricos atuam lentamente sobre as rochas, liberando os elementos constituintes dos minerais (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , SiO_2 , Fe^{++} e Al^{+++}), que farão parte da composição essencial das águas.

A composição química representativa desse aquífero é a do ponto 09. A diferença em relação às outras águas é visível quando comparada com as representações das outras análises em diagramas de Stiff (Figura 2). É uma água pouco mineralizada, com predomínio de ânion bicarbonato e cátions sódio, cálcio e magnésio. O potássio é pouco expressivo porque tende a ser fixado irreversivelmente pelas argilas.

A análise de água proveniente do ponto 10, apesar de estar localizada no aquífero fissurado, apresenta características químicas de uma mistura com águas carbonáticas (Figura 2). É uma água pouco menos mineralizada em comparação às oriundas de rochas carbonáticas e pouco mais em relação às de rochas gnáissicas. Quando se observa o diagrama triangular de Piper (Figura 3), nota-se, na figura do romboedro, que o ponto 10 situa-se na linha que une pontos de composição extrema na área (ptos. 01, 12 e 09), indicando que, possivelmente, a água do ponto 10 é uma mistura das águas representadas em 12 e 09. Outro indício que reforça essa possibilidade é a presença de uma lente calcária situada a montante do ponto 10, por onde águas meteóricas infiltradas dissolveriam o calcário e atingiriam as fraturas das rochas gnáissicas.

Águas de nascentes e poços escavados provenientes do manto de intemperismo dessas rochas são muito pouco mineralizadas e de boa qualidade, em razão do pouco tempo de intera-

Nº DO PONTO	001	009	010	012	016	020
rMg/rCa	0,010	0,280	0,149	0,128	0,114	0,200
K/rNa	0,015	0,079	0,101	0,138	0,075	0,002
rSO_4/rCl	0,518	1,643	0,250	1,500	0,162	0,237
$rCl/rHCO_3$	0,014	0,016	0,052	0,005	0,131	0,088
itb	+0,001	-0,332	-0,022	-0,007	+0,010	-0,119
SAR	0,038	0,514	0,125	0,024	0,232	0,464

$r=meq/l$

Tabela 5 – Principais Reações Iônicas

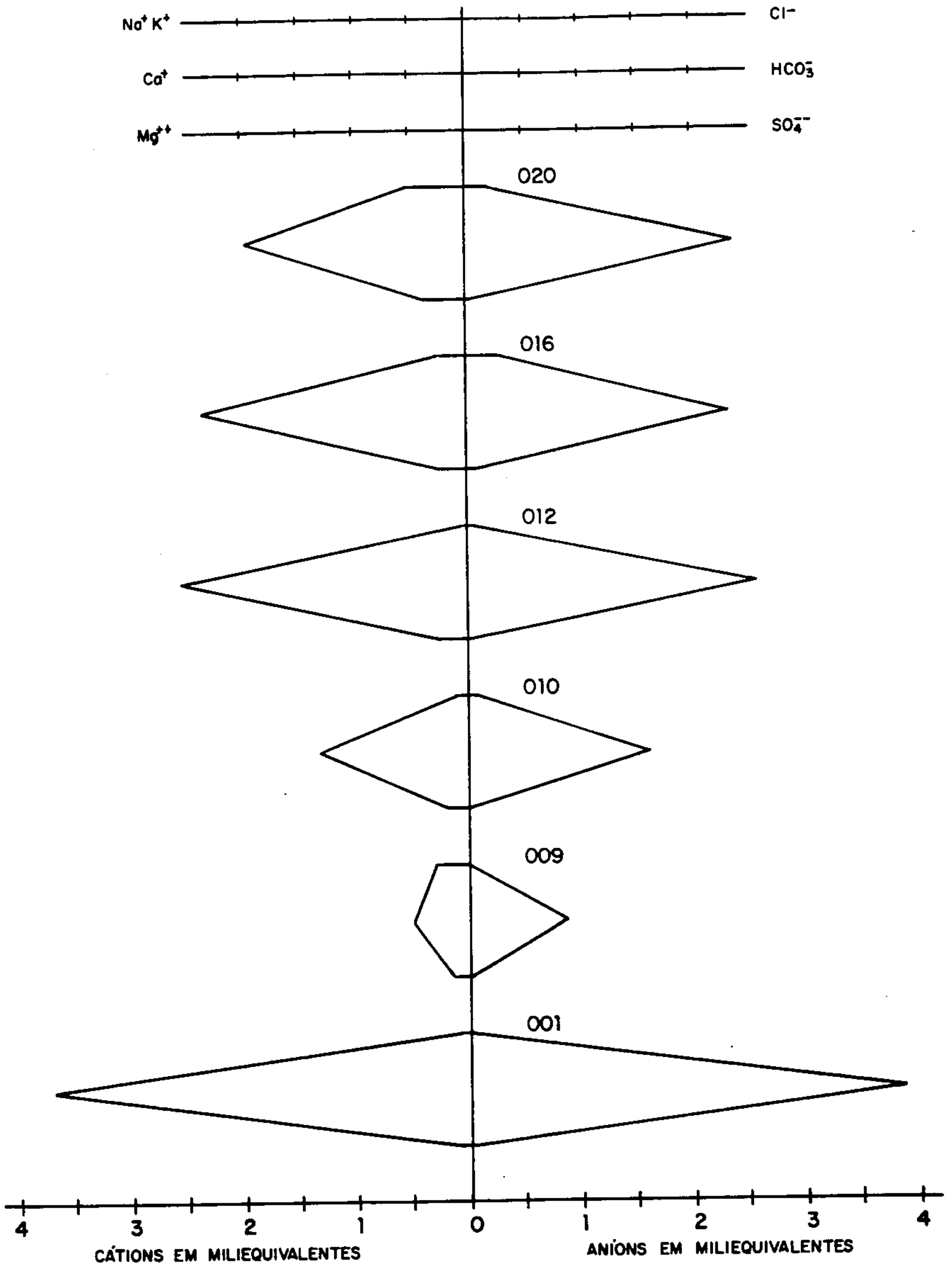
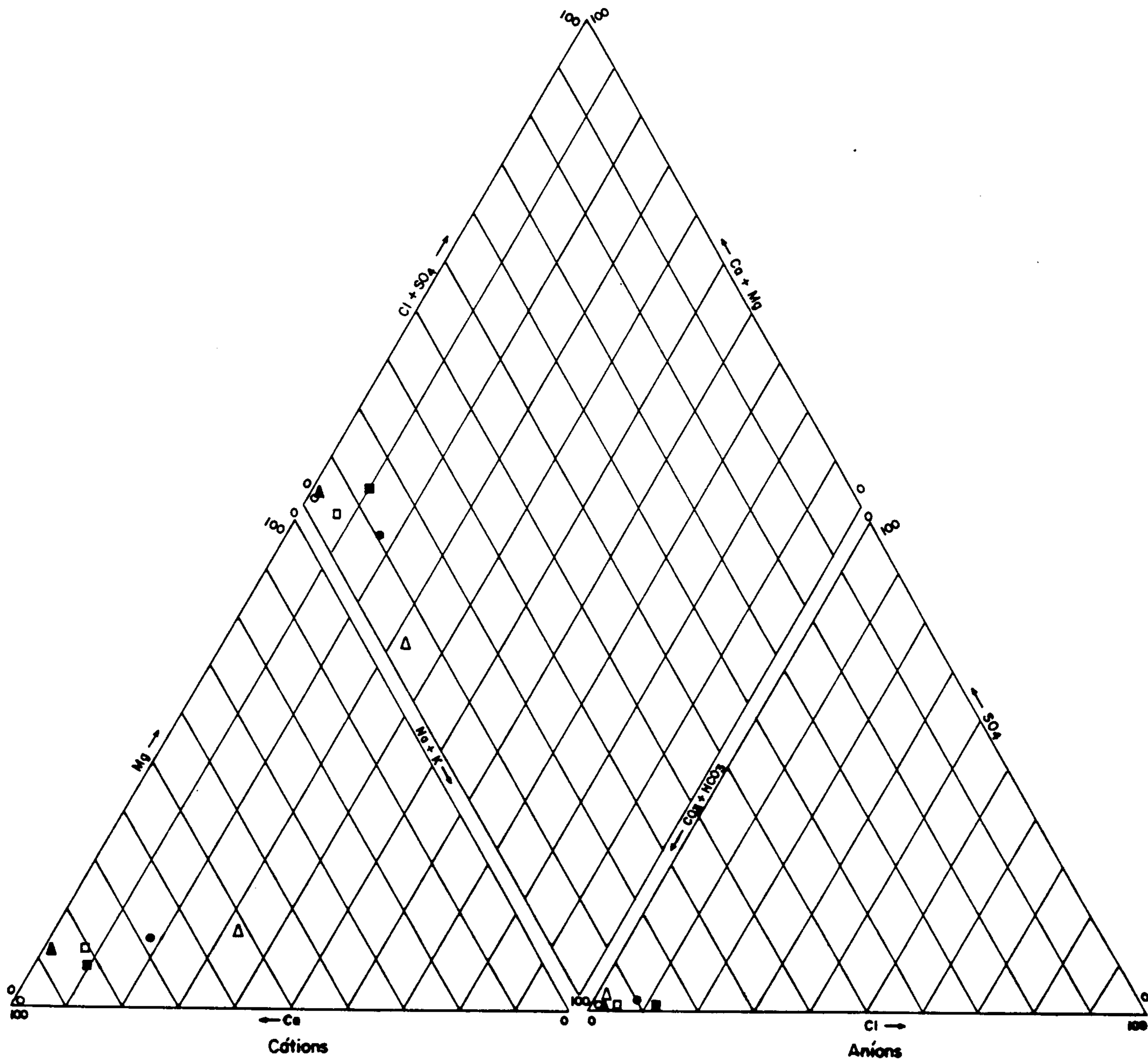


Figura 2 – Análises Representadas em Diagramas de Stiff (Modificado)
 (Data: 09/93)



Nº do Ponte	Localidade
001	• Aroças
008	Δ Faz. Boa Esperança
010	□ Faz. do Carlos
012	▲ Faz. do Moinho
016	■ Sede
020	● Sede

Figura 3 – Diagrama Triangular de Piper de Análise de Água
(Teores em % de miliequivalentes por litro)

ção água-rocha e de que grande parte dos elementos solúveis já foi lixiviada.

As águas desse aquífero são classificadas como:

- Brandas, em relação à dureza;
- Bicarbonatadas mistas, segundo os íons dominantes;
- Agressivas a calcita, segundo o seu pH de equilíbrio (diagrama de Hoover-Langelier *in* Custódio & Llamas, 1983, p. 197);
- SAR Tipo C1-S1 (baixa salinidade e baixo conteúdo em sódio), segundo o U. S. Salinity Laboratory Staff, para águas usadas em irrigação (Custódio & Llamas, 1983, p.189).

Os tipos químicos de água ficam evidentes quando se observa a isolinhas de condutividade no Mapa de Qualidade da Água Subterrânea. Utilizaram-se para sua elaboração os valores de condutividade medidos *in loco* de águas relacionadas aos aquíferos profundos. Os menores valores correspondem ao domínio de rochas do embasamento, situados na porção sudoeste do município, crescendo gradativamente para nordeste, onde encontram-se as rochas calcárias. Constam também desse mapa os valores de resíduo seco, dureza, SAR e fosfato dos pontos onde foram feitas coletas de água.

Poluição das Águas Subterrâneas

Estágio Atual: Níveis e Tipos de Contaminação

A apreciação dos resultados das análises de água realizadas mostra que todos os pontos onde foram feitas as coletas apresentaram um ou mais parâmetros acima dos permitidos para consumo humano, em certos casos bastante elevados, como nos poços tubulares operados pela prefeitura municipal e destinados ao abastecimento público. Esses resultados, provavelmente, estão mais relacionados às más condições de captação dos poços do que propriamente às características químicas dos aquíferos.

As amostras coletadas dentro do perímetro urbano indicaram uma contaminação orgânica por

coliformes de origem humana, com risco de veiculação de bactérias patogênicas que podem comprometer a saúde dos usuários. Os poços 16 (rua Antônio Caran), 20 (rua Francisco Mendes) e 01 (Araçás) apresentaram coliformes que, associados à presença de nitrato e detergentes, ainda que com valores abaixo do permitido, indicam que está ocorrendo um processo de contaminação. Valores elevados de nitrogênio albuminóide e amoniacal encontrados no ponto 01 reforçam o grau de contaminação da água desse poço.

As águas dos poços tubulares construídos na área rural (09 – Faz. Boa Esperança; 10 – Faz. do Carlos e 12 – Faz. Moinho) e situados em diferentes meios geológicos e ambientais não apresentaram problemas graves relacionados a contaminações. Os elementos que manifestaram valores acima do permitido foram ferro e fosfato.

O ferro foi detectado nos poços 09 e 10 com teores bastante elevados e, de acordo com observações locais, não existem fontes de poluição próximas aos poços que possam fornecer esse elemento às águas.

O fosfato está presente em todas as análises, mas com valores acima do permitido somente nos pontos 01, 10 e 12, relacionados aos aquíferos cársticos.

Os níveis de contaminação, de forma geral, com base nos poucos pontos de coleta e resultados parciais das análises, podem ser classificados como moderados, podendo ou não atingir níveis elevados, caso sejam feitas mais análises de água que incluam outros elementos além dos que foram analisados.

Apesar de classificados como níveis de contaminação moderados, os poços tubulares na área urbana, principalmente o que abastece a comunidade de Araçás, apresentam teores de coliformes que exigem atitudes saneadoras urgentes em virtude do risco à saúde pública. Os outros elementos, com valores acima do padrão de potabilidade, como ferro e fosfato, não apresentam grande risco à saúde de seus usuários.

Origens e Causas

A origem dos elementos contaminantes presentes nas águas analisadas não foi definida com exatidão em razão da escassa quantidade de in-

formações importantes, como: dados de perfuração dos poços tubulares (perfis litológicos, profundidade das entradas d'água, posição de filtros e revestimentos etc.); do pequeno número de poços tubulares existentes na área; e ausência de análises químicas anteriores às do Projeto.

De acordo com as poucas informações disponíveis, pode-se afirmar que as águas captadas na sede municipal sofrem a contaminação direta de algum, ou alguns, foco(s) poluente(s) durante o trajeto de infiltração até as entradas de águas nos poços tubulares. As águas do meio rural apresentam um relativo comprometimento da qualidade, em razão da presença do fosfato disperso nas rochas e da corrosão dos revestimentos metálicos nos poços tubulares.

Os aspectos socioeconômico e sanitário do município favorecem a difusão de pequenos focos poluentes na área urbana, principalmente domésticos, já que não existe um sistema coletor de esgoto.

Os focos poluentes estão situados em superfície (valetas de esgoto, drenos de águas pluviais, córregos, depósitos caseiros de lixo etc.) e subsuperfície (fossas, lixos e depósitos de combustível enterrados etc.). A água de chuva, infiltrando-se nesses propagados focos poluentes, incorpora os elementos solúveis e atinge as entradas de água dos poços, principalmente os filtros situados no aquífero granular ou manto de intemperismo mais próximos da superfície. Isso é comprovado pela presença de bactérias coliformes, nitratos e detergentes em algumas análises. É bastante provável a existência de mais de um foco poluente posicionado nas proximidades dos poços de captação, contribuindo gradativamente para o aumento da concentração dos elementos contaminantes.

Quanto aos contaminantes químicos ferro e fosfato, pode-se relacioná-los a outras fontes que não focos pontuais de contaminação. O ferro, possivelmente, é proveniente do processo de corrosão das tubulações dos revestimentos dos poços tubulares. É prática comum a utilização de materiais de baixa qualidade na construção de poços sem acompanhamento técnico que, juntamente com uma água rica em oxigênio, favorecem a corrosão do ferro em poços de uso eventual.

O fosfato é um elemento que ocorre nas águas subterrâneas e superficiais por toda a região, inclusive em outros municípios, não estando, portanto, relacionado a uma fonte poluente, como por

exemplo, a utilização de adubos agrícolas (a prática agrícola intensiva não é comum na região). A fonte mais provável estaria na dissolução do mineral apatita, identificado em análises petrográficas e disseminado nas rochas calcárias e gnáissicas.

Qualidade das Águas para Consumo Humano e Animal

Denomina-se água potável aquela com qualidade adequada ao consumo humano. Os critérios usuais para classificar uma água quanto à sua potabilidade são os químicos e bacteriológicos. A legislação que trata dos padrões e normas de potabilidade da água destinada ao consumo humano foi editada pelo Ministério da Saúde em 19.01.1990, sendo obrigatória a sua observação a partir de dois anos da data de sua publicação. Essa portaria estabelece os valores máximos permitidos na composição de uma água.

Utilizaram-se os padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde e, na falta de valores máximos permitidos para determinado elemento, foi considerado o menor valor instituído pelo CONAMA para a Classe Especial ou pela Organização Mundial de Saúde (Tabela 4). Na falta de uma classificação de águas para uso animal, será considerada somente a presença de elementos que afetem a saúde dos animais de uma forma geral, uma vez que cada tipo de criação será mais ou menos tolerável a uma composição de água.

Utilizando esses critérios, as águas analisadas, de maneira geral, são consideradas como Sanitariamente Toleráveis a Não-Potáveis. Vale salientar que essa classificação é pontual, mais relacionada às condições locais das captações do que às características químicas existentes nos aquíferos.

As águas destinadas ao abastecimento público quando analisadas foram incluídas entre as não-potáveis, por, basicamente, apresentarem contaminação bacteriológica. Um tratamento adequado de cloração poderá solucionar o problema de imediato. Todavia, em um futuro próximo, caso não sejam tomadas medidas para a eliminação dos focos poluentes, outros elementos poderão incorporar-se às águas de recarga e comprometer consideravelmente a sua qualidade. No item "Recomendações", são feitas algumas sugestões; não obstante, estudos mais de-

talhados requerem metodologias mais apuradas.

Águas destinadas ao abastecimento rural, que têm seu uso tanto para atender às necessidades domésticas quanto para dessedentação animal, não apresentaram restrições a seu uso, a não ser a presença de ferro e fosfato, que não possuem propriedades tóxicas. O ferro tem o inconveniente de dar coloração à água e causar manchas, e o fosfato, a favorabilidade de reprodução de microorganismos e algas.

Para o uso destinado à dessedentação de bovinos, suínos e galináceos, as águas são de boa qualidade por apresentarem íons cálcio e fósforo, essenciais na composição mineral dos ossos, principalmente de animais de granja.

A dureza das águas, nos níveis encontrados, não é nenhuma restrição a uso doméstico ou animal. Apresentará sim, inconvenientes em razão de ser incrustante em tubulações e chuveiros, particularmente as águas de rochas calcárias.

A qualidade das águas subterrâneas do município, em sua maior parte, situa-se dentro dos padrões de água destinada ao consumo humano, excetuando-se as águas provenientes de poços malconstruídos e operados. Os aquíferos ainda não se encontram comprometidos e poderão continuar a ser explorados desde que sejam metodicamente preservados.

Qualidade das Águas para Uso Agrícola

Geralmente, somente a análise de água não será suficiente para predizer a sua melhor utilização em irrigação. Outros fatores, como permeabilidade, qualidade do solo, sistema de irrigação, tipo de cultura, clima etc. são importantes na avaliação. Esses relevantes parâmetros serão tratados em outros capítulos deste Projeto. Aqui será tratada somente a composição química das águas analisadas e suas possíveis utilizações.

O fator a ser considerado em princípio é o de resíduo seco. As plantas, durante o seu crescimento, utilizam essencialmente sais de cálcio e magnésio; os sais remanescentes permanecem no solo ou são transportados pela água residual, atingindo novamente o aquífero. Conseqüentemente, nas áreas com prática de irrigações sucessivas, as águas subterrâneas e o solo tendem a aumentar a salinidade das águas irrigáveis, ao longo do tempo.

Além dos problemas de salinidade causados pelas excessivas concentrações dos constituintes mais comuns de resíduo seco, certos constituintes específicos são indesejáveis em quantidades excessivas; um dos mais importantes é o boro que em pequenas concentrações acima do que a cultura permite torna-se tóxico. Outros constituintes, tais como sulfatos, sais de magnésio, sais de sódio e cálcio poderão ser mais ou menos toleráveis em determinadas culturas.

O método mais usado para a classificação de uma água destinada à irrigação é o da Taxa de Adsorção de Sódio, desenvolvida pelo U. S. Salinity Laboratory Staff, que utiliza o princípio de trocas de base, no qual cátions dissolvidos na água são trocados por outros do solo. Tal princípio depende da concentração de sódio e sua relação com as concentrações de cálcio e magnésio na água em contato com as partículas do solo. Essa classificação apresenta 16 categorias, definidas como índices de SAR. Não se entrará nos pormenores do método, comentando-se somente os resultados das águas analisadas, que poderão ser estendidos às águas pertencentes ao mesmo domínio geológico.

As águas provenientes de embasamento (ptos. 09 e 10) foram classificadas como C1-S1. De baixa salinidade e baixa concentração em sódio, são aplicáveis em quase todos os tipos de solo e cultivos com escassas possibilidades de alcançarem elevadas concentrações de sódio intercambiável.

As águas provenientes das rochas carbonáticas (ptos. 01, 12, 16 e 20) são do tipo C2-S1 de média salinidade e baixa concentração em sódio. Podem ser utilizadas se uma quantidade moderada de lixiviação ocorrer e são aceitáveis para a maioria de cultivos e solos.

O elemento boro não foi analisado neste estudo; no entanto, a depender do cultivo que se pretenda, deverá ser incluído em análises posteriores. Os outros elementos, como sulfatos, cálcio, magnésio e sódio encontram-se dentro dos parâmetros aceitáveis para a maioria dos cultivos.

Qualidade das Águas para Uso Industrial

As exigências dos requerimentos de qualidade para águas de uso industrial variam enormemente e quase todos os processos industriais têm suas próprias demandas. Em alguns casos, como

concentração ou lavagem de minérios, a qualidade não é crítica e praticamente qualquer tipo de água pode ser utilizado. Por outro lado, processos industriais que requeiram água próximo à destilada, como fabricação de papéis finos, indústrias farmacêuticas e alimentícias, necessitam de águas que atendam a exigências rígidas. A Tabela 6 fornece alguns parâmetros de tolerância para certos usos industriais.

Cada vez mais indústrias utilizam águas subterrâneas em seus processos industriais; a maior parte da água não é incorporada ao produto final ou evaporada, e sim descartada com elevados teores de sais dissolvidos incorporados durante o processo. O destino final dessa água residual é um fator de grande preocupação ao meio ambiente e às águas subterrâneas em particular.

RISCO DE CONTAMINAÇÃO DOS AQÜÍFEROS

As atividades antrópicas, em seus mais diversos tipos, freqüentemente produzem uma enorme quantidade de resíduos cujos níveis de toxicidade variam muito. Esses resíduos, dependendo da forma de disposição, através dos efluentes industriais, urbanos (domésticos) ou no meio rural, podem provocar a contaminação das águas superficiais e/ou subterrâneas, trazendo consequências desastrosas para a população, uma vez que esses processos de contaminação geralmente são irreversíveis.

"Quando se trata de poluição das águas de superfície, o processo torna-se muito visível, possibilitando determinadas ações quanto à minimização dos impactos ou mesmo a aplicação de métodos para evitá-la. Com as águas subterrâneas, o que ocorre é bem diferente. Pelo fato de não ser visível e sua exploração estar muito distribuída, as ações de proteção e prevenção contra a poluição normalmente são tardias, tendo esta já alcançado grande desenvolvimento em extensão.

"Os aquíferos, de uma maneira geral, devido a alguns fatores particulares como lenta circulação das águas subterrâneas (meios porosos), capacidade de adsorção dos terrenos e também o pe-

queno tamanho das fissuras, em certos casos, podem tardar muito a mostrar a contaminação, como também apresentam grande poder depurador diante de muitos agentes contaminantes. Além disso, o grande volume de água que contém faz com que as contaminações extensas se manifestem muito lentamente, e que as contaminações localizadas não apareçam, a não ser depois de um período, geralmente muito longo, tendo sido deslocadas até as captações em exploração.

"Quando um aquífero resiste à contaminação, sua regeneração pode ser extremamente lenta, às vezes de muitos anos, ainda que se possam utilizar meios economicamente viáveis. Logicamente, a persistência e evolução dependem do contaminante; enquanto uns são facilmente degradáveis naturalmente, outros são estáveis.

"Os problemas que ocorrem quanto à contaminação em zonas cársticas ou de rochas com fraturas bem desenvolvidas são mais similares aos de águas superficiais do que aos de águas subterrâneas." (Custódio & Llamas, 1983.)

Do exposto, verifica-se a grande importância de se proteger e prevenir contra a contaminação dos aquíferos, sendo o mapeamento de classes de risco de contaminação um instrumento de controle muito útil, considerando-se, no entanto, que para uma abordagem de maior detalhe seria necessário o tratamento de um maior número de informações, aprofundando-se o estudo e direcionando-o para determinado tipo de execução.

O estudo de contaminação dos aquíferos visa a estabelecer, através dos parâmetros físicos e dinâmicos inerentes ao quadro natural e das diversas formas de impactos causados por fontes potencialmente poluidoras, as condições limitantes para diversos tipos de uso e ocupação do solo, no que se refere ao caráter de explotabilidade da água subterrânea.

A elaboração do Mapa de Vulnerabilidade e Risco de Contaminação dos Aquíferos, na escala 1:50.000, possibilita uma avaliação regional de diversos fatores que, interligados, definem, em nível de planejamento, áreas com níveis de adequabilidade distintos para determinados tipos de assentamentos, sejam urbano, industrial ou rural.

Esse mapa é gerado a partir da superposição de duas bases cartográficas, cujos temas associados permitem a conformação das classes de risco de contaminação dos aquíferos, sendo utilizadas as seguintes cartas-base:

INDÚSTRIA	TURBIDIDADE	COOR	ODOR	DUREZA	ALCALINIDADE	PH	SÓLIDOS	Cu	Fe	Mn	Fe + Mn	SiO ₂	F	CaSO ₄	OBSERVAÇÕES
Ar Condicionado	--	--	--	--	--	--	--	--	0.5	0.5	0.5	--	--	--	ABE
Padaria	10	10	--	--	--	--	--	--	0.2	0.2	0.2	--	--	--	F,P
Cervejaria, fraca escura	10	--	Baixo	--	75	6.5->7.0	500	100-200	0.1	0.1	0.1	--	1	100-200	D,G,P
Enlatamento de vegetais em geral	10	--	Baixo	25-75	150	>7	1000	200-500	0.1	0.1	0.1	--	1	200-500	D,G,P
Bebidas carbonatadas	2	10	0	250	50	--	850	--	0.2	0.2	0.3	--	0.2	--	C,H,P
Confeitos	--	--	Baixo	--	--	--	100	--	0.2	0.2	0.2	--	--	--	I
Alimentos em geral	10	--	Baixo	--	--	--	300	--	0.2	0.2	0.2	10	--	--	J,P
Gelo (água pura)	1-5	5	--	--	30-50	--	300	--	0.2	0.2	0.2	--	--	--	--
Lavanderia	--	--	--	50	--	--	--	--	0.2	0.2	0.2	--	--	--	--
Alvejamento de matéria plástica	2	2	--	--	--	--	200	--	0.02	0.02	0.02	--	--	--	K,R
Papel e polpa	50	20	--	180	--	--	--	--	1.0	0.5	1.0	--	--	--	A
Madeira triturada	25	15	--	100	--	--	300	--	0.2	0.1	0.2	--	--	--	--
Polpa Kraft	15	10	--	100	--	--	200	--	0.1	0.05	0.1	--	--	--	B
Soda e Sulfito	5	5	--	50	--	--	200	--	0.1	0.05	0.1	--	--	--	--
Luz, Grau HL	5	5	--	50	--	--	200	--	0.1	0.05	0.1	--	--	--	--
Polpa de raven (viscosa)	5	5	--	8	50	--	100	--	0.05	0.03	0.05	<25	--	--	L
Produção	0.3	--	--	55	--	7.8-8.3	--	--	0.0	0.0	0.0	--	--	--	M
Manufatura	20	10-100	--	50-135	135	8.0	--	--	0.2	0.2	0.2	--	--	--	--
Curtimento	5	20	--	20	--	--	--	--	0.25	0.25	--	--	--	--	C,N
Textil	5	5-20	--	20	--	--	--	--	0.25	0.25	0.25	--	--	--	C,N
General	5	70	--	20	--	--	--	--	1.0	1.0	1.0	--	--	--	Q
Tingimento	--	5	--	20	--	--	--	--	0.2	0.2	0.2	--	--	--	Q
Lavagem de lã	5	5	Baixo	20	--	--	--	--	0.2	0.2	0.2	--	--	--	Q
Bandagem de algodão	5	5	Baixo	20	--	--	--	--	0.2	0.2	0.2	--	--	--	Q

Tabela 6 - Tolerâncias de Qualidade da Água para Aplicações Industriais Selecionadas
(Todos os valores são dados em miligramas por litro, exceto o pH)

Legenda da Tabela:

A, nenhuma corrosão. B, nenhuma formação de limo. C, composição química uniforme. D, NaCl, 275. E, nenhuma alga ou H₂S. F, um tanto de dureza desejável. G, água para destilação deve ser similar. H, exigida uma água clara, sem cheiro e estéril; poucas das águas municipais são satisfatórias. I, bombons duros exigem pH >7.0. J, o bicarbonato de cálcio causa problemas; o bicarbonato de magnésio tende a produzir uma cor esverdeada; CO₂ tende a evitar rachaduras; sulfatos e cloretos de Ca, Mg e Na devem ser inferiores a 300mg/l (extremidades brancas). K, Fe e Mn são bastante objeccionáveis. L, Al₂O₃ < 8.0; Cu < 5. M, Fe e Mn em excesso, ou turbidez indesejável. N, alumina residual < 0.5. P, uma água potável de boa qualidade é exigida. Q, Ca, Mg, Fe, Mn, matéria em suspensão e matéria orgânica solúvel podem ser objeccionáveis. R, composição química e temperatura uniformes. (Adaptada de *Water quality and treatment*. American Water Works Association, 2ª ed., 1950.)

- Carta de Vulnerabilidade dos Aqüíferos;
- Carta de Atividades Potencialmente Poluidoras (Uso da Terra).

A Carta de Vulnerabilidade dos Aqüíferos apresenta os índices de desprezível a alta vulnerabilidade, estando os referidos níveis correlacionados às condições geológicas locais.

A Carta de Atividades Potencialmente Poluidoras adota os índices de potencial contaminante, variando de baixo (1) a alto (3), correspondendo dessa forma à quantidade e/ou intensidade dos elementos poluentes presentes na região. Para isso, foram agrupadas em uma só base as seguintes informações, através da carta-base de uso da terra e distribuição das principais formas de ocupação do solo:

- Áreas urbanizadas: esgotos, fossas sépticas, indústrias, cursos d'água poluídos etc.;
- Áreas de cultivo: aplicação de adubos, fertilizantes etc.;
- Áreas sem cultivo: zonas com atividades de criação, como pastagens naturais ou não, e ainda mata seca e floresta de eucaliptos.

Os valores adotados para atividades potencialmente contaminantes referem-se às zonas não-cultivadas, cultivadas e urbanizadas, respectivamente aos índices baixo (1), médio (2) e alto (3).

A somatória dos índices de vulnerabilidade e de fontes poluentes possibilitou a configuração de seis classes de risco de contaminação dos aqüíferos, de desprezível (1) a extremo (6), conforme a modalidade de ocorrência das associações entre os índices, como mostra os Quadros III e IV.

Com base na representação esquemática da

Figura 4, ficam evidentes diversos tipos de contaminação, oriundos de focos bastante variados, o que exemplifica os casos mais comuns de avanço de poluentes em diversas zonas aqüíferas.

Conforme pode ser visto, geologicamente, os estratos das formações rochosas correspondem à estratigrafia geral do município, constando os granito-gnaisses na base, sobrepostos na seqüência por calcários, pelitos e material aluvionar.

Os exemplos presentes mostram como pode ocorrer, na prática, o contato de determinados compostos químicos com a água subterrânea. Sendo o meio cárstico altamente permeável, em zonas muito fraturadas ele permite facilmente a livre veiculação dos contaminantes, os quais podem atingir pontos de captação profunda ou mesmo moverem-se até mananciais utilizados para abastecimento de comunidades.

Quando ocorrem certos vazamentos ou fugas de depósitos que estocam algum tipo de contaminante, por exemplo defensivos agrícolas ou adubos químicos, como mostrado na Figura 4, podem acontecer duas situações:

a) ou alcançam imediatamente o lençol freático, caso a cobertura superficial seja permeável e próxima à linha da zona freática (pontilhada na referida figura), podendo ainda atingirem cursos d'água que estejam à jusante do caminamento de fluxo subterrâneo;

b) ou, ainda, podem contaminar poços tubulares que estejam malconstruídos, sem a devida proteção do tubo de revestimento ao longo da zona freática.

É importante ressaltar a presença do material fino representado pelos pelitos, que funciona como uma capa protetora, quase impermeável, que retardará em muito ou mesmo impossibilitará que o contaminante alcance o aqüífero cárstico.

**Índice A:
Vulnerabilidade dos Aqüíferos**

		Alta (3)	Média (2)	Baixa (1)	Desprezível (0)
Índice B: Potencial Contaminante	Alto (3)	6	5	4	3
	Médio (2)	5	4	3	2
	Baixo (1)	4	3	2	1

Quadro III – Índices de Vulnerabilidade e de Potencial Contaminante dos Aqüíferos

GRAUS DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO DOS AQÜÍFEROS	SOMATÓRIO DOS ÍNDICES A + B
1 ⇒ Desprezível	Vulnerabilidade desprezível, ausência de contaminantes
2 ⇒ Baixo	Áreas não-cultivadas, em rochas não-fraturadas
3 ⇒ Moderado	Áreas não-cultivadas, em rochas pouco fraturadas
4 ⇒ Médio	Áreas cultivadas ou urbanizadas, terrenos com coberturas
5 ⇒ Elevado	Áreas cultivadas, em terrenos pouco fraturados
6 ⇒ Extremo	Áreas urbanizadas em terrenos calcários fraturados

Quadro IV – Classes de Risco de Contaminação dos Aqüíferos

Nota-se ainda, na Figura 4, o poço construído de forma inadequada para esse tipo de situação, com parte dos filtros colocada na zona freática e, portanto, permitindo a captação nessa zona de quaisquer efluentes nela veiculados.

O Quadro V, apresentado a seguir, identifica alguns tipos de substâncias perigosas que podem pôr em risco a saúde humana, quando ingeridos em doses elevadas, sendo necessária a prevenção e/ou o controle da qualidade das águas frente ao contato com esses tipos de compostos.

CONCLUSÕES

- O embasamento cristalino representado pelas rochas gnaiss-migmatíticas apresenta-se muito irregular, variando altimetricamente em várias localidades. Essas variações indicam as condições de gradiente hidráulico regional e local, com o fluxo predominante caracterizado de oeste para les-

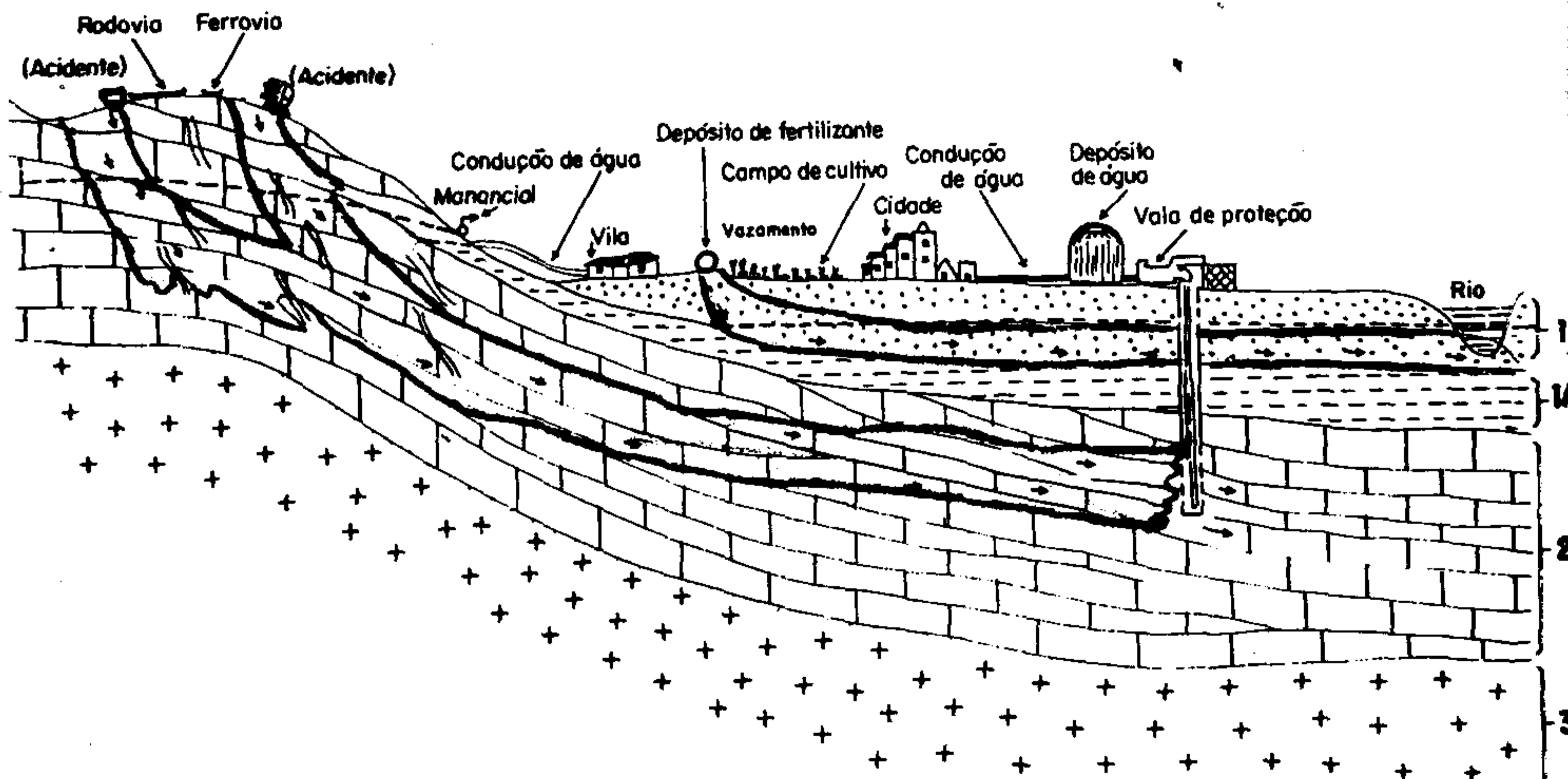


Figura 4 – Representação Esquemática de Tipos de Contaminação

TIPO DE SUBSTÂNCIA	FORMA DE TRANSPORTE	CARACTERÍSTICAS
DERIVADOS DO PETRÓLEO	Líquidos	Dão odor e sabor muito desagradável. Alguns compostos são altamente tóxicos, pequenas quantidades podem tornar não potáveis grandes volumes de água.
ADUBOS E FERTILIZANTES	Líquidos Sólidos	Não são tóxicos, mas produzem insalubridade nas águas. A contaminação produz-se através de nitratos que perduram muito tempo no terreno.
PESTICIDAS	Líquidos Sólidos	Alguns compostos químicos que intervêm na composição dos pesticidas são altamente tóxicos, e muito resistentes à degradação. O processo de recuperação dos aquíferos contaminados é lento e o custo é elevado.
DETERGENTES	Líquidos Sólidos	Dão odor e sabor desagradável. Não são tóxicos. Normalmente são biodegradáveis.
COMPOSTOS DE METAIS	Líquidos Sólidos	Alguns são especialmente tóxicos e cancerígenos, como o cromo e alguns compostos de arsênio.
SUBSTÂNCIAS CORROSIVAS	Líquidos Sólidos	Ácidos e anidridos orgânicos e inorgânicos, álcalis; compostos fluorados. Algumas substâncias, além de corrosivas, são tóxicas.
COMPOSTOS FARMACÊUTICOS	Líquidos Sólidos	Muitos desses compostos são tóxicos em elevadas concentrações.
TINTAS, CORANTES E SOLVENTES	Líquidos Sólidos	Muitas dessas substâncias são altamente tóxicas.
OUTROS PRODUTOS INDUSTRIAIS	Líquidos Sólidos Gasosos	Há uma grande variedade de produtos utilizados na indústria que, ao entrar em contato com a água, pode torná-la não-potável.

Quadro V – Tipos e Características de Substâncias Perigosas

te. Dentro dos limites da bacia hidrográfica analisada, sendo estudadas as porções de alto e médio curso do ribeirão da Mata, nota-se um maior espessamento da camada calcária no mesmo sentido de fluxo. A borda oeste da bacia coincide com o limite municipal e marca o divisor de águas subterrâneas e superficiais. Os limites leste, norte e sul não coincidem seus interflúvios superficiais com os subterrâneos, sendo essa interpretação baseada nos níveis d'água dos poços tubulares e ressurgências.

As coberturas de material inconsolidado, constituídas geralmente por frações areno-argilosas, funcionam como uma camada reguladora da recarga, limitando a infiltração nessas zonas e, sobretudo, mascarando áreas que superficialmente são interflúvios, mas com fluxos subterrâneos contínuos. Além disso, devido a uma maior retenção de água nos poros, esses sedimentos, localmente, atuam como material semi-isolante, determinando um regime semifreático aos aquíferos imediatamente sotopostos.

O volume atualmente extraído dos poços é suficiente para atender a toda a população urbana, desde que sejam minimizadas as perdas no sistema de distribuição.

O volume de água subterrânea disponível é suficiente para atender à demanda atual e futura. Para a manutenção desse recurso hídrico, é necessária a preservação da cobertura vegetal mínima, sobretudo nas cabeceiras e leito dos córregos, para se evitar a evaporação excessiva e conseqüente rebaixamento do lençol freático.

As águas dos poços tubulares operados pela prefeitura estavam fora dos padrões de potabilidade, principalmente quanto ao parâmetro bacteriológico.

O estágio atual de poluição das águas subterrâneas ainda é moderado, tendendo a se agravar com a proliferação de focos poluentes decorrente da inexistência de coleta de esgoto nas áreas de maior concentração populacional.

□ Os domínios favoráveis à locação de poços não determinaram com precisão as localidades onde deverão ser encontradas vazões elevadas; apenas delimitam as zonas cujas características de potencialidade à exploração da água subterrânea é maior, considerando-se inúmeros aspectos hidrogeológicos, tais como litostratigrafia, grau de carstificação etc. Obviamente, em se tratando de locação de poços tubulares para determinado tipo de consumo e taxa de produção, um estudo mais detalhado, dentro dos domínios previamente selecionados, deverá ser efetuado.

□ As zonas de risco de contaminação dos aquíferos possibilitarão uma maior conscientização do poder público e privado, merecendo cuidados especiais quanto ao tipo de ocupação e despejos de possíveis compostos poluentes que porventura sejam utilizados sem nenhum controle ou prevenção contra acidentes diversos, e possam causar danos irreversíveis aos mananciais.

RECOMENDAÇÕES

1. Perfilagem Ótica e Química em Poços Contaminados – A perfilagem ótica identificará com precisão a posição das entradas de água, filtros e revestimentos. A perfilagem química será utilizada para a coleta de água nas profundidades das entradas de água, identificando-se os horizontes contaminados que poderão ser isolados por métodos diversos (diminuição do diâmetro do poço, cimentação etc.).

2. Execução de Testes de Bombeamento – Esses testes deverão ter duração mínima de 24 horas, e servirão para estabelecer a vazão ótima de exploração para cada poço.

3. Construção de Lajes Sanitárias – Deverão ser construídas ao redor dos poços para evitar a infiltração de águas superficiais, facilitada pelo encascalhamento entre o revestimento e a rocha.

4. Instalação de Sistemas de Cloração – Para

a desinfecção das águas que apresentem indícios de contaminação biológica, deverá ser feita a cloração tecnicamente orientada, segundo normas do Ministério da Saúde, que estabelecem um teor mínimo de 0,2mg/l de cloro residual em qualquer ponto da rede.

5. Controle de Qualidade de Água – Periodicamente deverá ser feita coleta na entrada do sistema e na rede de distribuição para análise em laboratórios, dos seguintes parâmetros e respectivas frequências, conforme a legislação brasileira obriga:

PARÂMETRO	FREQÜÊNCIA
Cor aparente, turbidez, sabor, odor, pH e cloro residual	Diária
Alumínio e ferro total	Mensal
Cádmio, chumbo, cromo total, arsênio, bário, cianetos, mercúrio, nitratos, prata, selênio, manganês, agentes tensoativos (detergentes), cloretos, cobre, dureza total, sólidos dissolvidos, sulfatos e zínco	Semestral

"As autoridades sanitárias competentes do estado poderão estabelecer condições mais restritivas, bem como dispensar da realização de determinadas análises específicas, uma vez verificada, por registros históricos e avaliações sanitárias, a inexistência do elemento químico em questão."

6. Medição de Níveis – A medição dos níveis estáticos e dinâmicos deverá ser periódica (diária ou no mínimo semanal) e relacionará os níveis medidos com a data. O aparelho utilizado para esse fim poderá ser um medidor de nível portátil de fácil manejo e aquisição. A observação desses dados indicará se o recurso hídrico subterrâneo está sendo superexplorado, prevendo com antecedência o colapso do sistema.

7. Medidas de Vazão – Para uma constante medição das vazões extraídas dos poços, sugere-se a instalação de um medidor tipo Venturi, de baixo custo e boa durabilidade. Os dados de vazão indicarão o volume explorado e as perdas na rede de distribuição. Uma queda de vazão pode-

rá indicar problemas com a bomba, incrustações nas entradas de água, interferência de outros poços etc.

8. Coleta de Lixo – Um eficiente sistema de coleta de lixo doméstico, industrial e hospitalar reduzirá consideravelmente os focos de contaminação dispersos. Deverão ser depositados em lugares adequados para minimizar ao máximo a ação degradante do efluente líquido resultante (*chrorume*)

aos recursos hídricos subterrâneos e superficiais.

9. Desativação de Fossas – Fossas que estejam posicionadas próximo a fontes de captação deverão ser limpas e aterradas, evitando a provável contaminação dos poços. A atitude mais coerente seria a implantação de um sistema de coleta de esgoto nas áreas de maior concentração populacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAS. *Norma para construção de poços tubulares para captação de águas subterrâneas*. Associação Brasileira de Água Subterrânea.
- CATALAN, J. G. *Química del agua*. Ed. Blume, Madrid, Espanha. 1969.
- CEPIS. *Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2ª Edición, Lima, Peru. 1991.
- CETEC. *Estudos da dinâmica dos recursos hídricos da região cárstica dos municípios de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo e Matozinhos*. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Relatório Técnico. 1987.
- CUSTODIO, E. & LLAMAS, M. R. *Hidrogeología subterránea*. Ed. Omega. Barcelona, Espanha. 1983.
- DAVIS, S. N. & DEWIEST, R. J. M. *Hidrogeology*. Ed. John Wiley & Sons, USA. 1966.
- FETTER, C. W. *Contaminant hidrogeology*. Ed. Macmillan Publishing Company, USA. 1992.
- HEM, JOHN D. *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water*. Washington D. C., USA. 1962.
- ITGE. *Actuaciones para la protección de las aguas subterráneas frente a vertidos accidentales de sustancias contaminantes*. Instituto Tecnológico e Geominero de España, Madrid. 1988.
- KOHLER, H. C. *Geomorfología cárstica da região de Lagoa Santa*. Tese de Doutorado, USP, São Paulo. 1989.
- SOARES & FIORI. *Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia*. Notícias Geomorfológicas, Campinas, 16 (32): 71-104, dezembro. 1976.

ANEXOS

NÚMERO DO PONTO	LOCALIZAÇÃO					CARACTERÍSTICAS DO PONTO							
	LOCAL	PROPRIETÁRIO	UTM N	UTM E	ALT mN.m	DATA	NAT	DIAM mm	PROF m	N. E. (m)		N.D. m	VAZÃO l/s
										COTA	PROF.		
2534-001	ARAÇÁS	PREFEITURA	7839850	593160	780.0	18.07.91	PT	150	60.0	778.8	1.2		15.27
						26.11.78					1.8	7.0	11.11
2534-002	ARAÇÁS - FAZENDA DO AGRIPA	AGRIPA O. CORREA	7840445	591450		15.07.91	NC						2.00
2534-003	ARAÇÁS - FAZENDA TRÊS IRMÃOS	LUIS	7840340	590745		15.07.91	NC						1.00
2534-004	BARBOSA-CUSTÓDIO XAVIER, 190	JOSÉ B. R. CORDEIRO	7837040	592395		15.07.91	PE	1000	8.4		3.4		
2534-005	BOA VISTA	ASSOC. B. BOA VISTA	7836280	585095	806.8	24.07.91	PT	150	70.0	806.2	0.6		
						29.10.88					3.0	39.0	1.53
2534-006	BOA VISTA - FAZENDA NASC. ALTA	HUMBERTO A. GUIMARÃES	7837750	586400		02.09.91	NC						0.43
2534-007	B. VISTA-SÍTIO BARRO DO CÓRREGO	SILVÉRIO A. PEREIRA	7836480	586435		02.09.91	PE	1000	8.0		7.0		
2534-008	FAZENDA BELA VISTA	EMIR CORREA	7833985	590455		26.07.91	PT	150			23.0		
2534-009	FAZENDA BOA ESPERANÇA	RENATO A. DE ARAÚJO	7830670	584865	872.5	22.09.91	PT	150	60.0	863.5	9.0		0.55
2534-010	FAZENDA DO WANDERLEI	CARLOS	7835430	589125	828.7	29.07.91	PT	150		825.4	3.3		
2534-011	FAZENDA DO JURANDIR	JURANDIR	7833190	591335		30.07.91	NC						1.11
2534-012	FAZENDA DO MOINHO	ROBERTO KALIL	7837345	591275	790.0	29.07.91	PT	150	50.0		0.0		
						23.09.83					0.0	3.0	5.71
2534-013	FAZENDA POÇO VERDE	FELIX MOREIRA	7834075	587495		29.07.91	NC						
2534-014	FAZENDA POÇO VERDE	FELIX MOREIRA	7834560	587810	836.6	29.07.91	NC			836.3			
2534-015	MATOS DE CIMA-FAZ.OLHOS D'ÁGUA	DJALMA L. DINIZ	7839740	586190		30.08.91	NC						0.39
2534-016	SEDE-R. ANTÔNIO CARAN, S/Nº	PREFEITURA	7837825	590470	783.2	22.07.91	PT	150		779.0	4.0		9.72
2534-017	SEDE-R. ANTÔNIO CARAN, S/Nº	PREFEITURA	7837830	590515			PT	150					
2534-018	SEDE-R. ANTÔNIO CARAN, S/Nº	PREFEITURA	7837855	590510		22.07.91	PT	150			3.9		2.78
2534-019	SEDE-R. ANTÔNIO CARAN, S/Nº	PREFEITURA	7837860	590475		22.07.91	PT	150			3.7		2.78
2534-020	SEDE-R. F. MENDES, S/Nº	PREFEITURA	7838375	590375		24.07.91	PT	150	35.0				9.72
2534-021	VZ. DO AÇUDE-J. V. SANTOS, 211	PREFEITURA	7836565	590995	779.0	24.07.91	PT	150	72.0	775.0	4.0		2.78
2534-022	VZ. DO AÇUDE-F. V. SANTOS, 211	MANUEL J. DOS SANTOS	7836605	591035		24.07.91	PE	1200	7.0		3.4		
2534-198	FAZ.SÃO SEBASTIÃO DO PERI-PERI	JOSÉ TORRES FRANCO	7837770	593190	766.2	11.07.91	PT	150	48.0	762.5	3.7		
2534-199	FAZ.SÃO SEBASTIÃO DO PERI-PERI	JOSÉ TORRES FRANCO	7837715	593130		23.03.93					6.8		

OBS.: NATUREZA: PT-POÇO TUBULAR; PE-POÇO ESCAVADO; NC-NASCENTE

Anexo II – Análises Químicas de Pontos d'Água

Projeto VIDA

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM

ANÁLISES QUÍMICAS DE PONTOS D'ÁGUA

NÚMERO DO PONTO	2534/0001	2534/0001	2534/0001	2534/0001	2534/0009	2534/0010
Análise nº						
Local	Araçás	Araçás	Araçás	Araçás	F.B.Esperança	F.Wanderley
Natureza do Ponto	Pç.Tubular	Pç.Tubular	Pç.Tubular	Pç.Tubular	Pç.Tubular	Pç.Tubular
Data da Coleta	22/07/91	16/10/91	18/11/91	14/09/93	16/09/93	13/09/93
Laboratório	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM
Temperatura °C			-22,0	-23,0	-22,0	-23,0
Cor				5,0		
Turbidez				1,0		
Condutiv.(µS/cm)25°C	400,95			379,0-450,0	135,1-80,0	156,0-150,0
pH	7,3			7,1-7,5	6,9-7,5	8,0-7,9
Res.Seco110.°Cmg/l	245,0			255,0	86,0	137,0
Dur.Total mg/l CaCO ₃	208,9			227,2	37,0	88,2
UNIDADES	mg/ litro	meq/ litro	mg/ litro	meq/ litro	mg/ litro	meq/ litro
HCO ₃ ⁻	239,2	3,921			239,1	3,922
CO ₃ ⁼	0,00	0,000			0,00	0,000
CL ⁻	1,99	0,056			1,99	0,056
SO ₄ ⁼	1,24	0,025			1,40	0,029
NO ₂ ⁻	0,00	0,000		ND		
NO ₃ ⁻	4,08	0,066		1,24		
Total de Ânions		4,068			4,007	0,917
Ca ⁺⁺	83,00	4,142			74,00	3,700
Mg ⁺⁺	0,40	0,033			0,45	0,037
Na ⁺	1,05	0,046			1,20	0,052
K ⁺	0,26	0,007			0,23	0,006
Fe ⁺⁺⁺	0,04	0,002			0,12	0,006
Mn ⁺⁺	0,00	0,000			< 0,01	0,04
Total de Cátions		4,230			3,801	1,050
Pb ⁺⁺ mg/l						ND
CN ⁻ mg/l						
PO ₄ ⁻ mg/l				0,04	0,06	0,09
F ⁻ mg/l					0,07	< 0,01
Hg mg/l						
NH ₃ albumin. mg/l						
NH ₃ amoniacal mg/l				0,25		
Fenóis mg/l					ND	
Detergentes mg/l					ND	
Óleos e Graxas mg/l						
Colif. Total NMP		2.400	20	29		
Colif. Fecal NMP		2.400	< 2	7,3		
Estrep. Fecal NMP		23	< 2	ausente		

1 - 2 : 1 - medido em laboratório

2 - medido *in loco*

Continuação do Anexo II

Projeto Vida

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS-CPRM

ANÁLISES QUÍMICAS DE PONTOS D'ÁGUA

NÚMERO DO PONTO	2534/012	2534/012	2534/016	2534/016	2534/020	
Análise nº						
Local	Fz. Moinho	Fz. Moinho	Sede	Sede	Sede	
Natureza do Ponto	Pç. Tubular	Pç. Tubular	Pç. Tubular	Pç. Tubular	Pç. Tubular	
Data da Coleta	26/09/83	13/09/93	03/03/93	13/09/93	14/09/93	
Laboratório	SANEAR	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM	
Temperatura °C		-22,0		-23,0	-23,0	
Cor	5,0			10,0		
Turbidez	0,5			1,0		
Condutiv. (µS/cm)25°C		280,7-290,0		290,0-300,0	249,0-290,0	
pH	7,55	8,4-8,2		7,7-7,5	7,4-8,2	
Res. Seco 110°C mg/l		180,0		208,0	177,0	
Dur. Total mg/l CaCO ₃	164,0	166,4		148,4	150,2	
UNIDADES	mg/ litro	meq/ litro	mg/ litro	meq/ litro	mg/ litro	meq/ litro
HCO ₃ ⁻			162,9	2,672	143,4	2,352
CO ₃ ⁼			0,00	0,000	0,00	0,000
CL ⁻	ND		0,50	0,014	10,97	0,309
SO ₄ ⁼	0,50		1,00	0,021	2,40	0,050
NO ₂ ⁻	ND					ND
NO ₃ ⁻	ND					1,29
Total de Ânions				2,707		2,711
Ca ⁺⁺	57,60		51,50	2,575	47,00	2,350
Mg ⁺⁺	5,00		4,00	0,330	3,25	0,268
Na ⁺			0,68	0,030	6,10	0,265
K ⁺			0,16	0,004	0,78	0,020
Fe ⁺⁺⁺	<0,1		<0,01		<0,01	0,01
Mn ⁺⁺	<0,05		<0,01		<0,01	<0,01
Total de Cátions				2,939		2,903
Pb ⁺⁺ mg/l						
CN ⁻ mg/l						
PO ₄ ⁻ mg/l			0,08			0,05
F ⁻ mg/l			<0,001		<0,0002	<0,01
Hg mg/l					<0,0002	
NH ₃ albumin. mg/l	<0,05					
NH ₃ amoniacal mg/l	<0,05					
Fenóis mg/l			ND		ND	ND
Detergentes mg/l					0,04	0,03
Óleos e Graxas mg/l					ND	
Colif. Total NMP				< 2	35	9,1
Colif. Fecal NMP				< 2	ausente	ausente
Estrep. Fecal NMP				4	ausente	3,6

1 - 2 : 1 - medido em laboratório

2 - medido *in loco*

Anexo III – Documentação Fotográfica



Foto 1 – Área de abatimento na região rebaixada entre Capim Branco-Araçás. Área crítica para poluição das águas subterrâneas.



Foto 2 – Detalhe da área de abatimento na região rebaixada entre Capim Branco-Araçás, junto à cidade de Capim Branco.

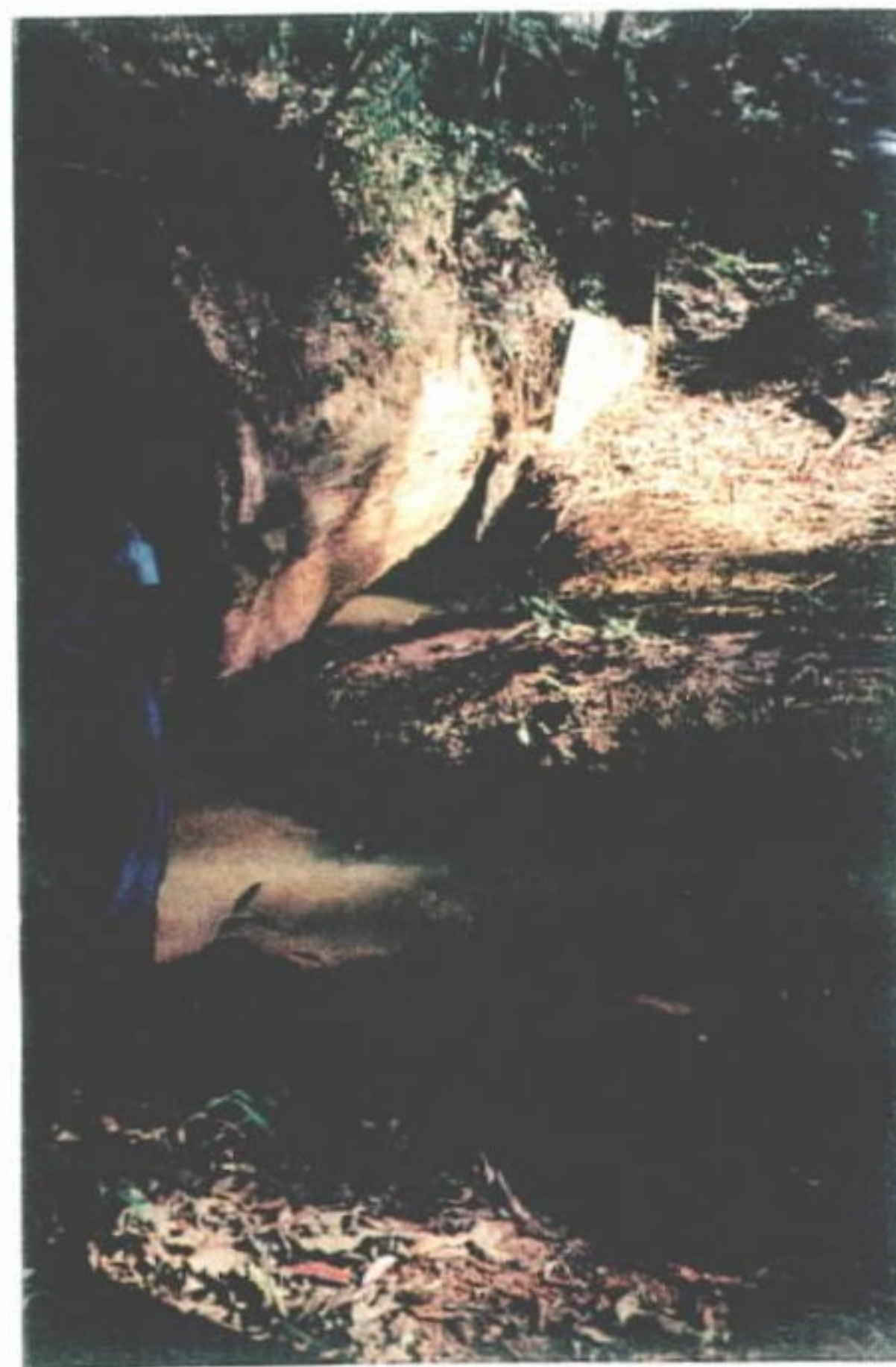


Foto 3 – Sumidouro que recebe águas superficiais da região rebaixada entre Capim Branco-Araçás. Área crítica para poluição das águas subterrâneas.

GEOTECNIA

Geólogo Jayme Álvaro de Lima Cabral

FINALIDADE DOS ESTUDOS GEOTÉCNICOS

A fuga do homem da zona rural em busca de melhores condições de vida, promovendo concentrações urbanas desordenadas, a proliferação e ampliação de pólos industriais sem a adequada infra-estrutura e a destruição indiscriminada das reservas florestais para atender a interesses agropecuários e comerciais, fazem com que ocorram sensíveis alterações no equilíbrio ecológico das regiões afetadas.

A solução desse desafio está em buscar um planejamento técnico e político de desenvolvimento que não se limite em considerar simplesmente fatores imediatos de ordem econômica. Dentro dessa ótica, o estudo do "solo" através da Cartografia Geotécnica constitui um instrumento fundamental de análise na elaboração desse planejamento, enfocando o binômio desenvolvimento-proteção ambiental.

A Cartografia Geotécnica delimita unidades do terreno com características sensivelmente homogêneas em relação às condições do meio físico, traduzindo informações geológico-geotécnicas da região estudada.

Ao integrar essas unidades geotécnicas aos diferentes padrões geomorfológicos e de relevo que ocorrem na área, estabelece-se a seleção de diferentes zonas, denominadas Zonas Geotécnicas. A zona geotécnica constitui faixas de terreno com características peculiares, que se traduzem em condicionamentos favoráveis ou desfavoráveis com relação à utilização desse meio físico para finalidades diversas. O Mapa de Zoneamento Geotécnico engloba o conjunto de zonas geotécnicas que ocorrem na área investigada.

De forma generalizada, esse mapa contém informações e subsídios necessários aos processos de planejamento do uso e ocupação do solo, notadamente nas atividades de assentamento urbano, escavabilidade dos terrenos, análise do traçado de rodovias, disposição de rejeitos urbanos e industriais, seleção de áreas de proteção a mananciais e zonas de recarga de aquíferos subterrâneos, delimitação de áreas de risco geotécnico etc.

METODOLOGIA

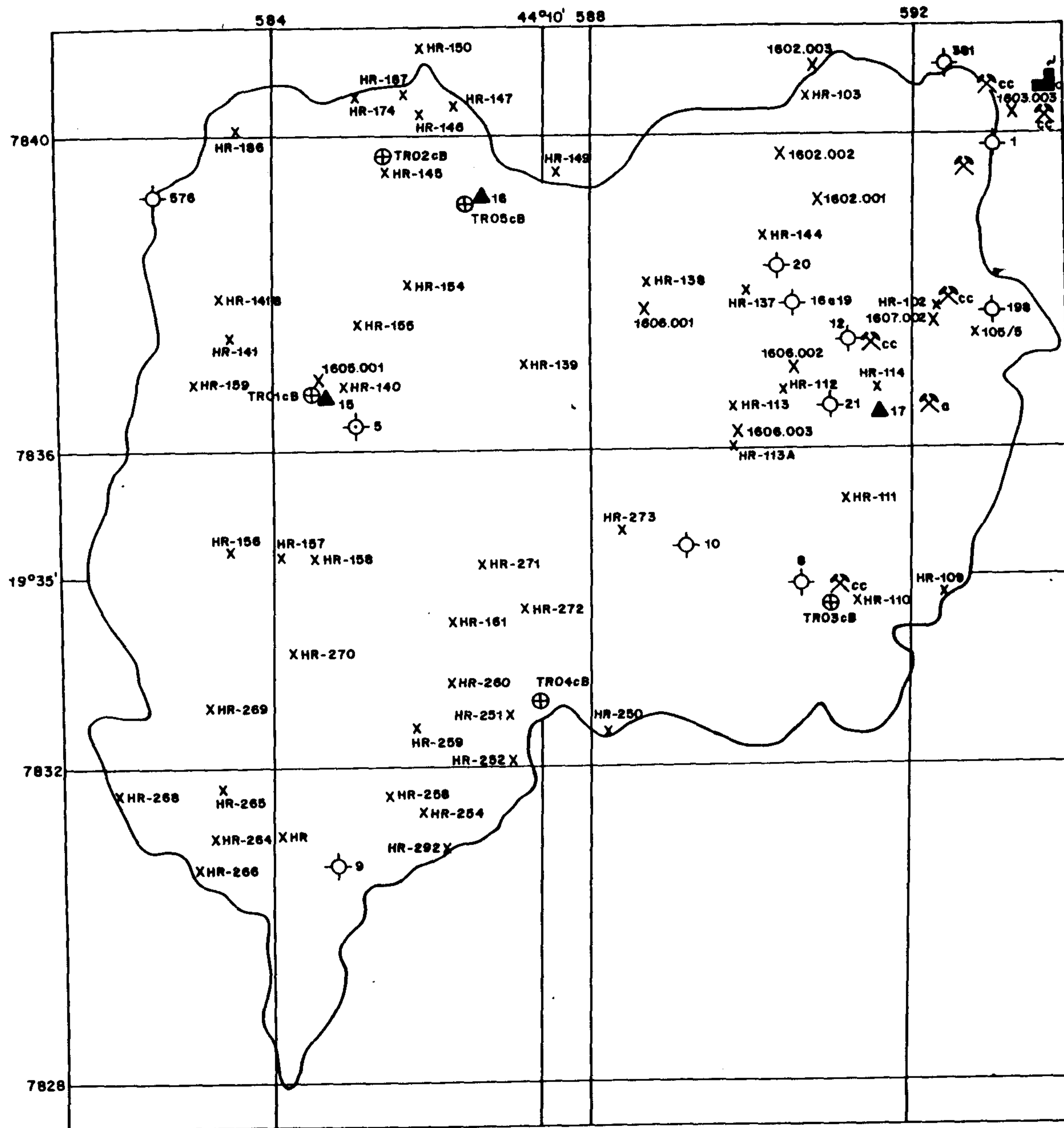
A sistemática utilizada na execução dos levantamentos geotécnicos foi desenvolvida em três etapas:

1) A primeira etapa constou do levantamento e triagem das informações geológico-geotécnicas disponíveis e cadastramento do conjunto dos dados inventariados em fichas adequadas à informatização. A identificação e localização das obras e pontos que geraram informações de interesse foram cartografadas em Mapa de Documentação (Figura 1).

A integração desses elementos, balizada por viagens de reconhecimento e análise aerofotográfica, permitiu a composição das cartas geotécnicas preliminares, escala 1:100.000, de toda a área e a preparação de um texto explicativo com a descrição detalhada da metodologia empregada e das unidades geotécnicas propostas. Esse conjunto de informações está contido no documento *Cartografia Geotécnica de Planejamento*, CPRM, 1992.

2) A segunda etapa consistiu na amostragem sistemática através de furos de trado, objetivando a caracterização das unidades geotécnicas mais significativas. Os ensaios de caracterização dos solos abrangeram a determinação dos índices físicos, estudos granulométricos, limites de consistência, pH e capacidade de troca de cátions (CTC) em amostras coletadas em áreas representativas de cada unidade.

3) A última etapa constou na interpretação e integração do conjunto de informações obtidas nas etapas anteriores, permitindo a elaboração dos mapas geotécnicos (Unidades e Zoneamento), escala 1:50.000, referentes aos municípios pertencentes à área do Projeto, e texto explicativo. Nesse texto, procurou-se, partindo de informações essencialmente técnicas relativas ao substrato rochoso e às unidades geotécnicas, fornecer subsídios de planejamento através do Mapa de Zoneamento Geotécnico complementado por informações facilmente assimiláveis por profissionais sem formação específica em geotecnia.



LEGENDA

PONTOS DE CAMPO COM DESCRIÇÃO DETALHADA

- HR-103 X Descrição do substrato rochoso ou saprólito
- 1602.001 X Descrição geológica-geotécnica
- 16 Δ Descrição pedológica

OBRAS GEOTÉCNICAS E POÇOS TUBULARES

- ⊕ Furo de trado mecanizado
- ⊙ Poço tubular para água
- ⊙ Poço tubular para água com descrição litológica

INDÚSTRIAS, MINERAÇÕES E ÁREAS DE EXTRAÇÃO DE AREIA, ARGILA E CASCALHO

- ⌘_{cc} Minerações e outras extrações de bens minerais (cc-calcário, a-areia)
- ⌘_c Indústrias (c-cimenteiras, s-siderúrgicas)

ESCALA



Figura 1 - Mapa de Documentação do Município de Capim Branco

INFORMAÇÕES BÁSICAS DO MEIO FÍSICO

Padrões de Relevo

O padrão de relevo de uma região é um importante indicador das potencialidades e limitações do uso e ocupação de seu solo.

A conceituação dos padrões de relevo baseia-se nas principais feições morfológicas que ocorrem na região a partir de atributos tais como as amplitudes das elevações e declividades das encostas. Define-se amplitude como a diferença de cotas entre os pontos mais altos e mais baixos de um mesmo relevo. Representa assim a zona de predominância de determinado tipo de geoforma. É importante observar que num dado padrão de relevo podem ocorrer pequenos trechos com características de outro padrão, evidenciando-se o padrão pelo conceito de predominância.

O território do município de Capim Branco abriga os seguintes padrões de relevo:

Colinas – Elevações com relevo suavizado caracterizado pela presença de amplitudes entre 80 e 120m, vertentes geralmente convexas, declividade média entre 10 e 20%. Encostas levemente sulcadas por linhas de drenagem espaçadas. Topos das elevações amplos, vales abertos.

Morros – Elevações caracterizadas por amplitudes entre 120 e 180m, vertentes predominantemente convexas, declividade média entre 15 e 25%, podendo atingir 30% no terço superior. Encostas geralmente com alta densidade de sulcos de drenagem. Topos arredondados ou nivelados, algumas vezes alinhados. Vales abertos ou semi-abertos e simétricos.

Vertentes Isoladas – Encostas de ligação entre dois padrões de relevo. Geralmente de grande extensão. Declividades variáveis entre 10 e 30%. As rampas de colúvio tendem a suavizar a declividade, apresentando perfis convexas.

Superfícies Onduladas – Geoforma de relevo muito suave, declividade média entre 5% e 10%. Superfícies resultantes de ciclos de aplainamento. Algumas vezes apresentam bordas de alta declividade.

Planícies Fluviais e Terraços – Terrenos baixos e planos margeando os cursos d'água. Declividade média inferior a 5%.

Substrato Rochoso

Denomina-se Substrato Rochoso ao conjunto de rochas que constitui o embasamento dos solos residuais e/ou materiais transportados de uma região. Quando ocorrem natural ou artificialmente na superfície do terreno, recebem a denominação de Exposição Rochosa.

Em função de seu tipo e extensão, as exposições rochosas podem vir a ser exploradas com finalidades diversas, constituindo as PEDREIRAS.

As rochas mais antigas do município de Capim Branco compreendem litótipos representados por gnaisses associados a granitóides e migmatitos. Encerram, em vários locais, intrusões de rochas básicas, evidenciadas por alinhamento de cristas de morros, solos vermelhos e presença de matacões arredondados de rochas esverdeadas dispersos nas encostas desses morros.

Esse conjunto de rochas foi englobado sob a denominação de Complexo Gnáissico-Migmatítico Indiviso. Constitui o núcleo das colinas e morros que compõem a maior parte dos terrenos do município, abrigando porções das bacias dos ribeirões da Mata e Jequitibá.

Sobrepondo-se aos litótipos do complexo, ocorrem rochas carbonáticas, maciças ou laminadas, de composição mineralógica e granulométrica diferenciada.

Esses metacalcários podem algumas vezes ser subdivididos em duas seqüências distintas: uma basal, predominantemente composta por metacalcários finos, de tonalidades branca a cinza-clara, laminados e algumas vezes marmorizados, classificados como metacalcissiltitos. Os teores de carbonato de cálcio dos metacalcissiltitos raramente ultrapassam 75%, apresentando impurezas como quartzo, micas e minerais de argila. O pacote superior de rochas calcárias, geralmente mais grosseiro, tonalidade escura a negra, com alto teor de carbonato de cálcio, é classificado como metacalcarenitos.

O terceiro conjunto de rochas que compõe o substrato do município de Capim Branco apresenta ocorrência bastante restrita. Compreende uma seqüência de rochas metapelíticas, repre-

sentada por metassiltitos de tonalidade cinza, estratificação plano-paralela, com abundantes venulações de quartzo.

A exploração de rochas do substrato do município é pequena. Não foram observadas pedreiras do Complexo Gnáissico-Migmatítico ou de rochas metapelíticas. Com relação às rochas calcárias, as principais exposições situam-se na fazenda Bela Vista e fazenda do Wanderley, margem esquerda do córrego do Mascate, e ao norte, na fazenda de Roberto Kalil e cabeceira do córrego da Represa. A exploração nessas áreas é pequena ou inexistente.

Nos municípios vizinhos, os metacalcissiltitos são explorados para a fabricação de brita, pó, pedra-portuguesa e lajes de revestimento. Os metacalcarenitos, por sua grande pureza em carbonato de cálcio, são empregados na fabricação de cal e cimento.

O Mapa de Zoneamento do Substrato Rochoso mostra a distribuição espacial das zonas do substrato do município de Capim Branco, em uma abstração hipotética de todo o material de cobertura (solos residuais e materiais transportados).

MAPA DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS

Pela ação dos agentes físicos e químicos da natureza, as rochas do substrato estão sujeitas a processos de decomposição, dando origem aos SOLOS RESIDUAIS.

Esses solos, por sua vez, pelo ataque dos agentes intempéricos, onde predomina a ação da água, são erodidos e transportados pelos cursos d'água ou movimentados pela ação da gravidade, formando depósitos sedimentares de variados tipos, denominados DEPÓSITOS DE COBERTURA.

O conjunto de materiais inconsolidados, representado pelos solos residuais e depósitos de cobertura, é designado em geotecnia genericamente como SOLOS.

Nesse sentido, os solos constituem o suporte da maioria das atividades urbanas, industriais, agrícolas e técnicas e seu estudo através da cartografia geotécnica representa importante instru-

mento para o planejamento, uso e ocupação dos terrenos de um município.

Inicialmente, os solos são estudados com a finalidade do estabelecimento de unidades ou classes de terreno onde essas unidades guardem semelhanças de natureza e propriedades. Dessa maneira, conceituam-se as unidades geotécnicas como unidades do terreno cujos solos contêm características geológico-geotécnicas sensivelmente homogêneas em relação às condições do meio físico.

Baseados na tipologia das zonas do substrato rochoso que deram origem aos diferentes solos residuais e nas características dos depósitos de cobertura que ocorrem no município de Capim Branco, foram identificadas seis unidades geotécnicas, algumas divididas em subunidades. Essas unidades constituem, por sua origem, os complexos litogenéticos.

O Mapa das Unidades Geotécnicas de Capim Branco exhibe a distribuição espacial dessas unidades, bem como, através de simbologia, suas características de erosão e parâmetros geotécnicos inerentes. A legenda do referido mapa descreve suas características de cor e granulometria predominantes.

As principais unidades que ocorrem no município podem ser assim discriminadas:

Solos Residuais

- 1) *Residual de rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico*
- 2) *Residual de rochas calcárias*
 - Residual de metacalcissiltitos
 - Residual de metacalcarenitos
- 3) *Residual de rochas metapelíticas*

Depósitos de Cobertura

- 4) *Sedimentos coluviais e detríticos relacionados a aplainamentos (800/900m)*
- 5) *Sedimentos de origem predominantemente fluvial*

- Sedimentos aluvionares em planícies fluviais
- Sedimentos relacionados a terraços fluviais
- Sedimentos aluvionares associados a colúvios

6) *Sedimentos coluvionares em rampa.*

No município de Capim Branco predominam terrenos constituídos por solos residuais de gnaiss e migmatitos. Os terrenos de origem fluvial são representados por terraços e planícies fluviais dos córregos Boa Vista e da Mata. Os solos de metacalcários ocorrem ao norte e ao sul da cidade de Capim Branco, parcialmente recobertos por depósitos coluviais. Os solos de metapelitos têm ocorrência bastante restrita.

QUALIFICAÇÃO GEOTÉCNICA DOS TERRENOS DE CAPIM BRANCO

A caracterização dos solos que compõem os terrenos do município baseou-se em procedimentos que envolveram os dados inventariados, estudos aerofotográficos, viagens de reconhecimento, amostragens em superfície e subsuperfície e ensaios geotécnicos e análises químicas.

Os aspectos de cor, grau de meteorização, texturas, estimativas de espessuras, permeabilidade, plasticidade e classificação geotécnica dos solos foram avaliados através de observações de campo, do estudo de perfis litológicos de sondagens, de ensaios granulométricos e determinação dos índices físicos e limites de consistência.

Os valores de PH, porosidade e capacidade de troca de cátions (CTC) foram calculados ou obtidos através de análises realizadas pelo CETEC/92 (Levantamentos Pedológicos) e de dosagens feitas em amostras coletadas na etapa de Prospecção Geotécnica.

As características de resistência dos terrenos foram avaliadas através de sondagens a percussão com SPT, executadas para o DER/MG, CO-PAER, RFFSA e construções residenciais e industriais em áreas urbanas.

Solos Residuais de Gnaisses e Migmatitos (CGr)

Exibem coloração vermelha, rósea a amarela, ocorrendo em espessuras que podem atingir a dezenas de metros. Trata-se de solos constituídos pela mistura de finos (argila + silte) e areias fina a média, malgraduados, com granulometria bastante extensa. A fração fina (<0,062mm) situa-se entre 48% e 71% e a arenosa entre 29% e 50% (Figura 2).

Apresentam baixa plasticidade com limites de liquidez entre 26% e 49% e índice de plasticidade entre 8% e 19%.

São solos tipo CL, raramente SC, segundo a classificação Unificada, e A-4, A-6 e A-7, segundo a classificação para fins rodoviários (HBR).

Constituem materiais de baixa compressibilidade, massa específica de sólidos entre 2,60 e 2,64, umidade natural entre 14,3% e 16,3%, porosidade muito alta (48% a 58%), permeabilidade média a baixa, pH entre 5,4 e 6,1 e capacidade de troca de cátions (CTC) entre 1,77 e 3,18 meq/100g de solo.

A Figura 3 mostra o perfil típico dos solos encontrados nas encostas de baixa declividade com suas características de resistência (consistência ou compactidade) até a profundidade de 20m.

Em terrenos de alta a média declividade em áreas desmatadas, estão sujeitos aos efeitos da erosão acelerada gerando voçorocamentos importantes e movimentos de massa pela ação das águas infiltradas.

Solos Residuais de Metacalcários (CSr e CAr)

Originam-se da meteorização de calcários finos, impuros, marmorizados (metacalcissiltitos) e de calcários puros e arenosos (metacalcarenitos). Apresentam coloração vermelho-escura, amarelada e cinza-escura, aspecto sedoso e maciço. São geralmente pouco espessos, atingindo valores inferiores a 20m.

Trata-se de solos finos, com textura argilosa a siltico-argilosa, malgraduados. A fração fina (<0,062mm) atinge valores entre 64% e 97%. Os solos dos metacalcarenitos apresentam um percentual de areia fina a média que oscila entre 5% e 30% (Figura 4).

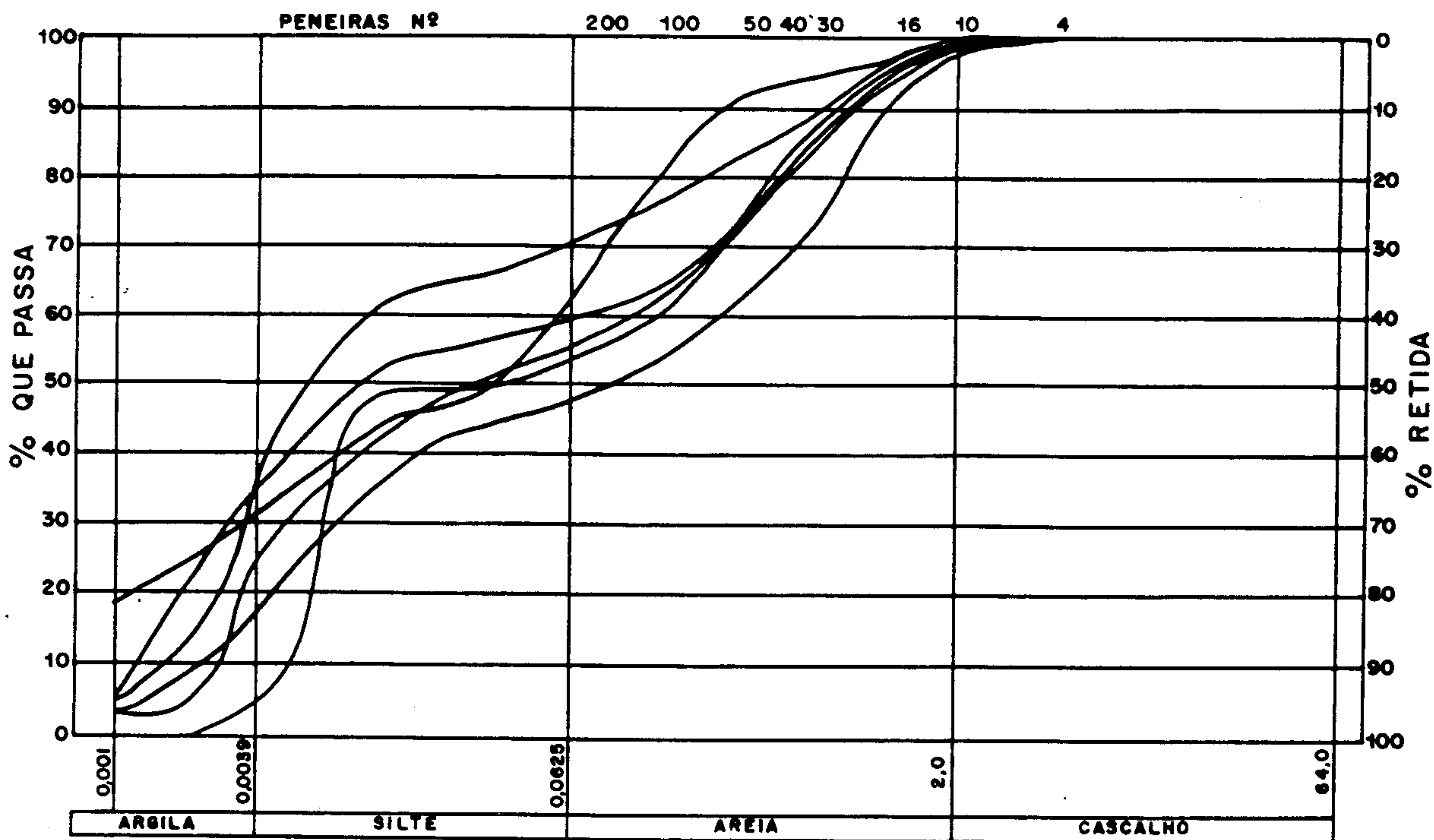


Figura 2 – Curvas Granulométricas (CGr)

SPT	<ul style="list-style-type: none"> • Consistência (finos) • Compacidade (granulares) 	Resistência à Compressão Simples (kg/cm ²)	Tensão Admissível (kg/cm ²)	Prof. (m)
3 a 5	mole a rija (consistência)	0,25 – 1,00	1,00 – 2,00	0m
15 a 30	pouco compacta (compacidade)			12m
8 a 30	rija a muito rija (consistência)	2,00 – 4,00	–	20m

Figura 3 – Características de Resistência dos Solos (CGr)

Apresentam plasticidade média a alta, com limites de liquidez entre 44% e 66% e índice de plasticidade entre 17% e 21%.

São solos do tipo MH e ML, segundo a classificação Unificada, e A-7, segundo a classificação para fins rodoviários (HRB).

Constituem materiais de média a alta compressibilidade, massa específica de sólidos entre 2,50 e 3,00, umidade natural entre 18,9% e 36,4%, porosidade muito alta (52% e 72%), permeabilidade variável em função do grau de fra-

turamento do substrato que lhes deu origem, pH entre 5,2 e 6,1 e capacidade de troca de cátions (CTC) entre 4,1 e 8,3 meq/100g de solo.

A Figura 5 fornece o perfil típico dos solos residuais desses metacalcários em áreas de relevo ondulado com suas características de resistência (consistência ou capacidade) até a profundidade de 20m.

Seus terrenos apresentam, em função de estruturas cársticas de subsuperfície, alta propensão a abatimentos pontuais e lineares, geral-

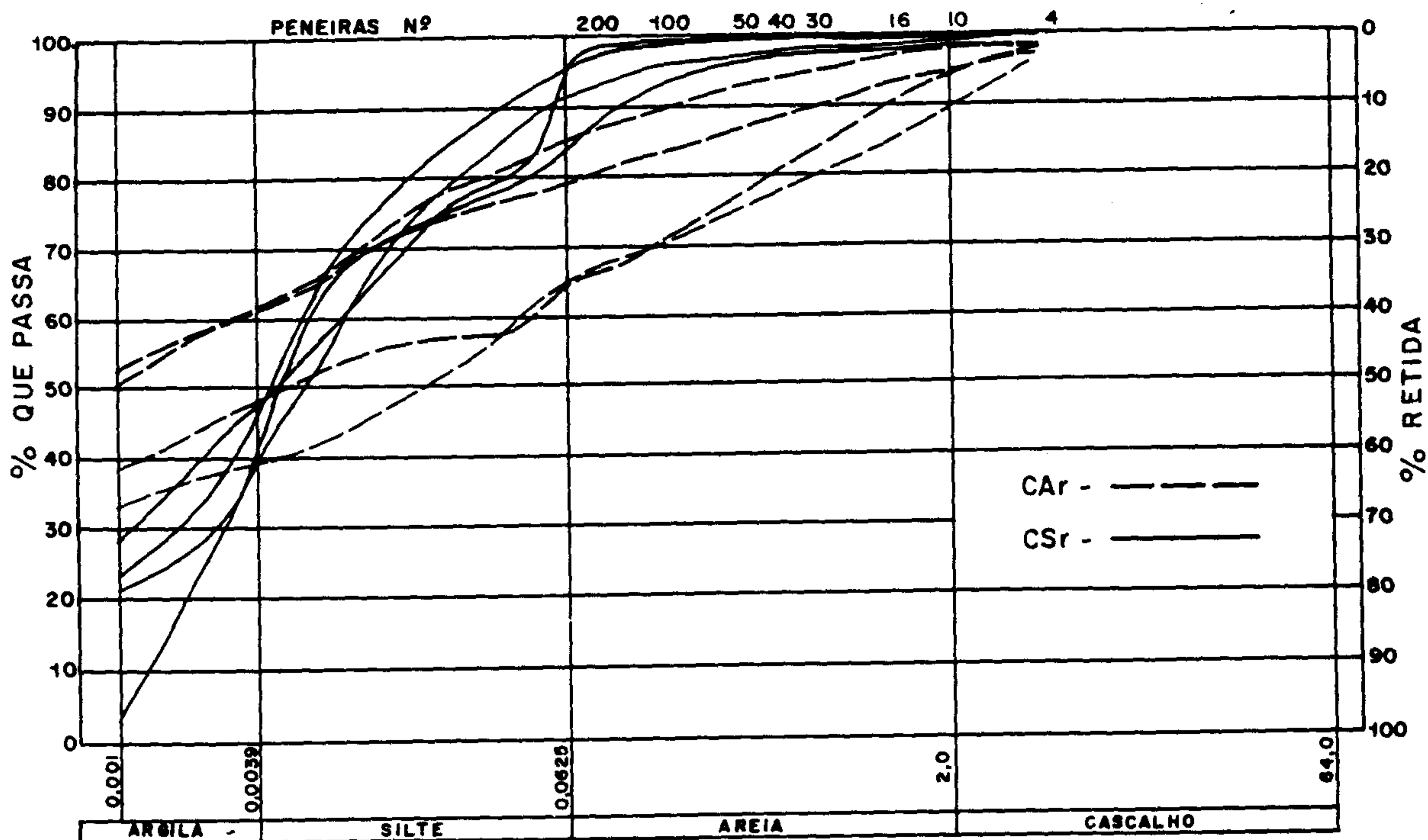


Figura 4 – Curvas Granulométricas (CCr)

SPT	• Consistência (finos)	Resistência à Compressão Simples (kg/cm ²)	Prof. (m)
3 a 15	mole a rija	0,25 – 1,00	0m a 7m
10 a 30	rija a muito rija	2,00 – 4,00	7m a 20m

Figura 5 – Características de Resistência dos Solos (CCr)

mente transmitidos aos depósitos que os sobrepõem.

Solos Residuais de Metapelitos (CPr)

Exibem coloração amarelada a violácea, guardando evidências da estrutura original dos metapelitos. O grau de meteorização incompleto dos metapelitos gera saprólitos profundos, geralmente recortados por abundantes venulações de quartzo.

Trata-se de solos finos, com textura siltico-argilosa a argilo-síltica, malgraduados, onde

a fração fina (<0,062mm) oscila entre 91% e 98% (Figura 6).

Apresentam plasticidade moderada, com limites de liquidez entre 42% e 51% e índice de plasticidade entre 16% e 22%.

São solos do tipo ML, segundo a classificação Unificada, e A-7, segundo a classificação para fins rodoviários (HRB).

Constituem materiais de compressibilidade média, massa específica de sólidos entre 2,40 e 2,71, umidade natural entre 18,4% e 32,3%, porosidade muito alta (57% a 69%), permeabi-

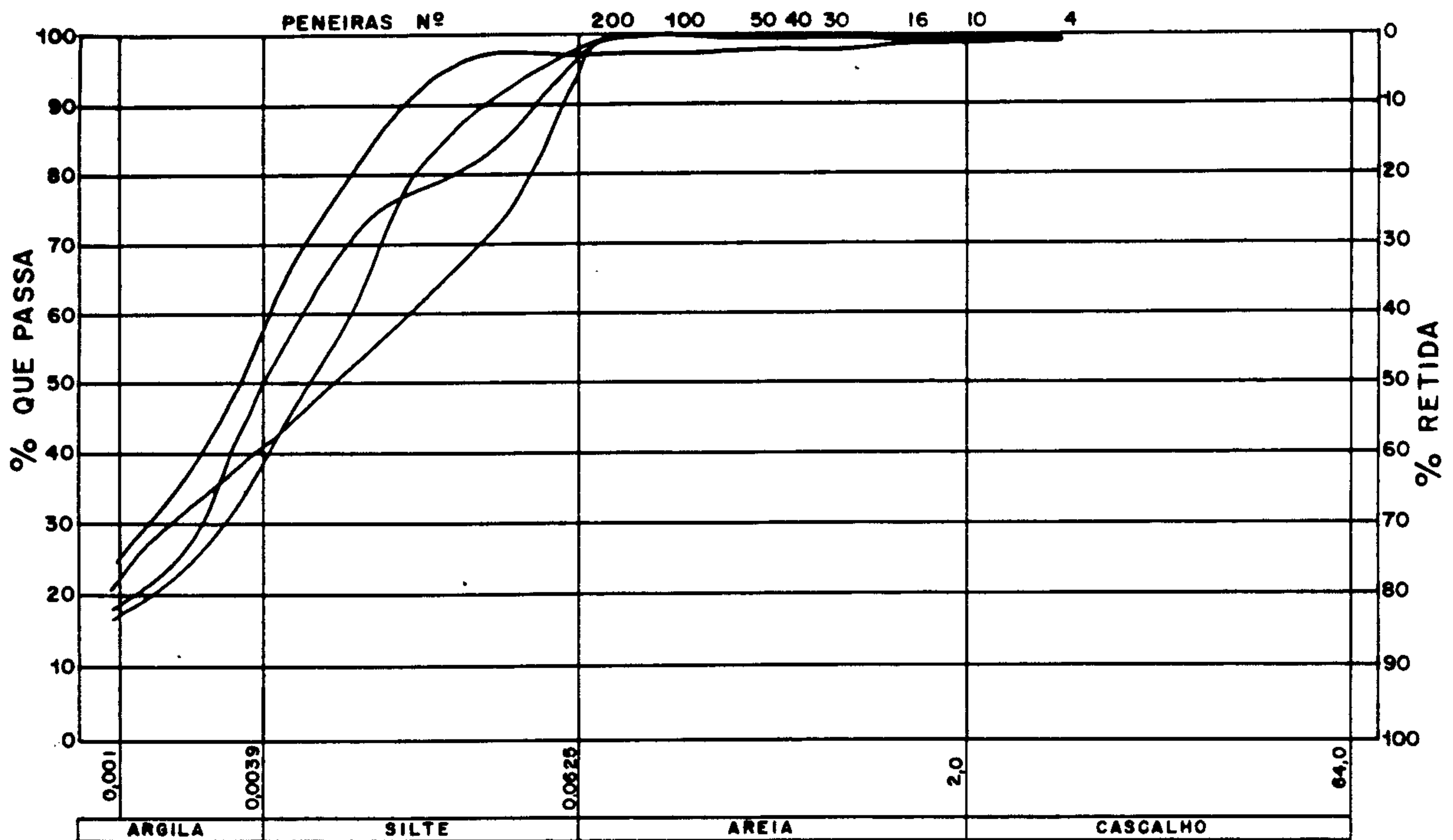


Figura 6 - Curvas Granulométricas (CPr)

lidade baixa, pH entre 5,3 e 5,7 e capacidade de troca de cátions (CTC) entre 5,04 e 9,24 meq/100g de solo.

A Figura 7 apresenta o perfil típico desses solos residuais em vertentes de colinas de baixa declividade com suas características de resistência (consistência ou compactidade) até a profundidade de 20m.

Nas elevações com topos arredondados e vertentes suaves estão sujeitos a erosão laminar pronunciada. Em vertentes de média a alta declividade, apresentam alta propensão à formação de sulcos lineares profundos e movimentos de massa localizados.

Complexo Coluvial (C1)

Engloba o conjunto de depósitos coluviais que ocorrem predominantemente sobre áreas cársticas, em altitudes entre 800m e 900m. Exibem coloração vermelho-escura a vermelho-amarelada.

Em função da profundidade do paleorrelevo, apresentam espessuras que variam de poucos decímetros a dezenas de metros. Trata-se de solos constituídos de finos com baixo percentual de areia fina a média. A fração fina (<0,062mm) varia entre 70% e 90% (Figura 8).

Apresentam plasticidade moderada a alta com limites de liquidez variando entre 52% e 56% e

SPT	• Consistência (finos)	Resistência à Compressão Simples (kg/cm ²)	Prof. (m)
3 a 25	média a muito rija	0,25 - 2,00	0m a 12m
10 a 40	muito rija a dura	2 a >4	12m a 20m

Figura 7 - Características de Resistência dos Solos (CPr)

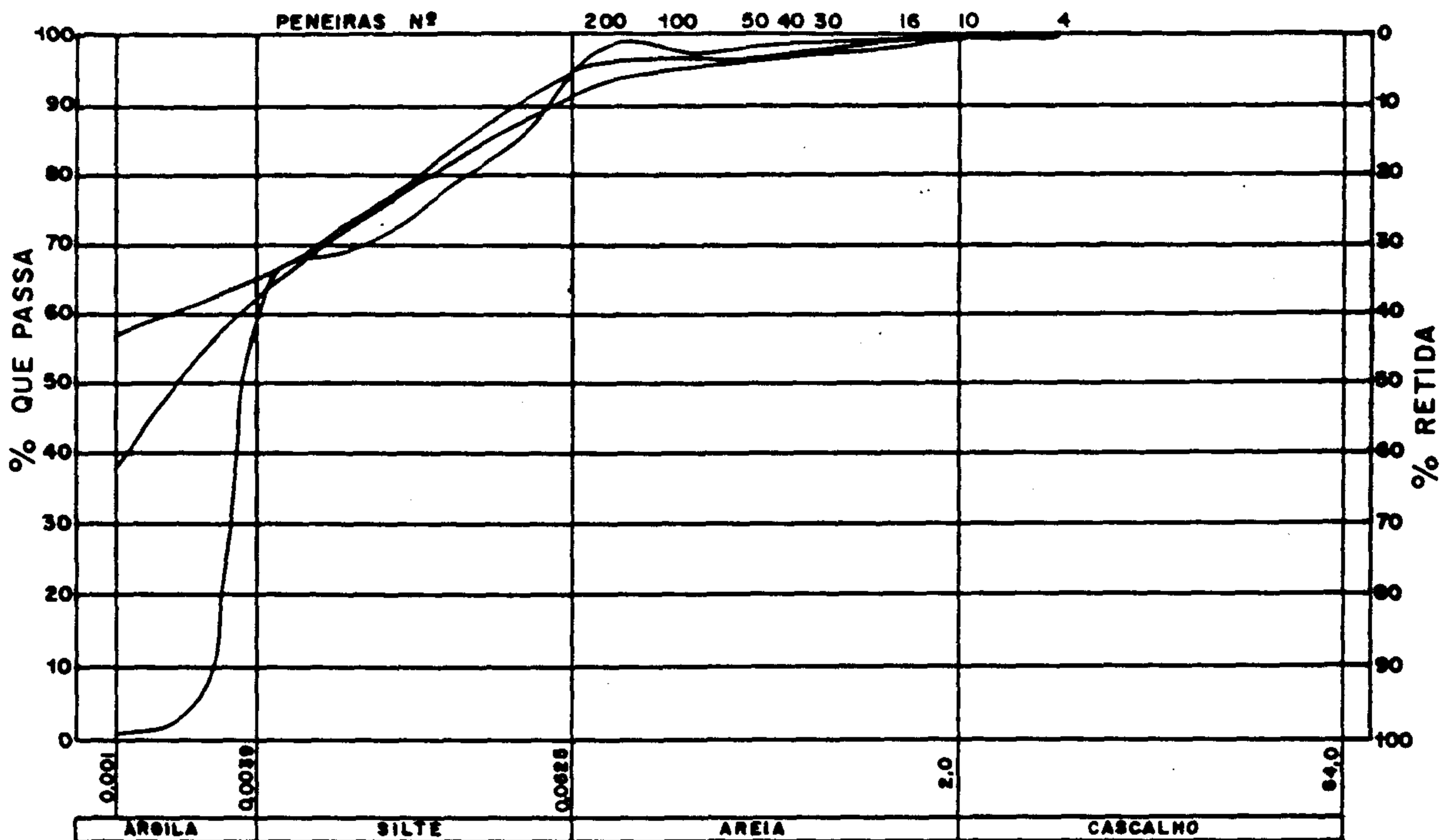


Figura 8 - Curvas Granulométricas (C1)

Índice de plasticidade entre 12% e 17%.

São solos do tipo MH, segundo a classificação Unificada, e A-7, segundo a classificação para fins rodoviários (HRB).

Constituem material de compressibilidade média a alta, massa específica de sólidos entre 2,17 e 2,74, umidade natural entre 17,4% e 28,2%, porosidade muito alta (54% e 62%), permeabilidade alta, pH entre 5,6 e 5,8 e capacidade de troca de cátions (CTC) entre 2,89 e 4,80 meq/100g de solo.

A Figura 9 fornece o perfil típico desses terrenos em áreas de chapada, capeando rochas calcárias, com suas características de resistência (consistência e compacidade) até a profundidade de 20m.

de de 20m.

Em áreas de grande declividade (bordas de chapada) esses terrenos estão sujeitos à erosão acelerada em sulcos lineares e movimentos de massa de caráter local.

Quando capeiam rochas carbonáticas carstificadas, podem apresentar abatimentos oriundos do substrato.

Complexo de Sedimentos Fluviais (Ca,t)

Reúne o conjunto de sedimentos de origem fluvial representados por aluviões, terraços e colú-

SPT	• Consistência (finos)	Resistência à Compressão Simples (kg/cm ²)	Prof. (m)
5 a 20	média a muito rija	0,5 - 4,00	0m a 12m
20 a 50	muito rija a dura	2,0 > 4,0	12m a 20m

Figura 9 - Características de Resistência dos Solos (C1)

vios associados a esses depósitos. Em função da área de abastecimento, a composição desses solos torna-se bastante heterogênea e, conseqüentemente, suas características geotécnicas variáveis. Nas áreas onde o substrato rochoso é composto por gnaisses e migmatitos, predominam os componentes granulares (areias). Os sedimentos, nesses locais, apresentam alta porosidade e permeabilidade, pH entre 5,9 e 6,9 e capacidade de troca de cátions (CTC) entre 1,7 e 2,7 meq/100g de solo.

Onde as áreas de abastecimento apresentam substrato de metacalcários ou metapelitos ocorre uma forte predominância de sedimentos pelíticos (siltes e argilas). Os sedimentos formados apresentam altos valores para compressibilidade e porosidade, pH entre 6,0 e 7,9 e capacidade de troca de cátions entre 6,0 e 7,1 meq/100g de solo.

A Figura 10 apresenta o perfil desses solos com suas características de resistência, até a profundidade de 20m.

No município de Capim Branco, predominam os sedimentos do primeiro tipo descrito, nas planícies fluviais dos córregos Boa Vista e da Mata.

7,8, massa específica de sólidos entre 2,44 a 2,70, e CTC entre 5,27 a 7,34 meq/100g de solo.

MAPA DE ZONEAMENTO GEOTÉCNICO

O zoneamento geotécnico proposto resultou da integração do mapa de unidades geotécnicas com os padrões geomorfológicos e de relevo das áreas de ocorrência dessas unidades.

A ZONA GEOTÉCNICA, assim definida, constitui faixas de terreno com características peculiares que traduzem condicionamentos favoráveis ou desfavoráveis em relação à utilização do meio físico.

O Mapa de Zoneamento Geotécnico define o conjunto de zonas geotécnicas que ocorrem no município. A metodologia para utilização desse mapa, visando a obter informações para ocupação de determinada área, consiste em analisar as características de aptidão das zonas que compõem a área.

SPT	• Consistência (finos) • Compacidade (granulares)	Resistência à Compressão Simples (kg/cm ²)	Tensão Admissível (kg/cm ²)	Prof. (m)
2 a 10	mole a rija	0,25 – 2,00 (2 a 10)	(3 a 5) 1,00 – 2,00	0m 4m
20 a 50	muito rija a dura	0,5 – 5,00 (5 a 30)	(6 a 10) 1,00 – 2,00	20m

Figura 10 – Características de Resistência dos Solos (Ca,t)

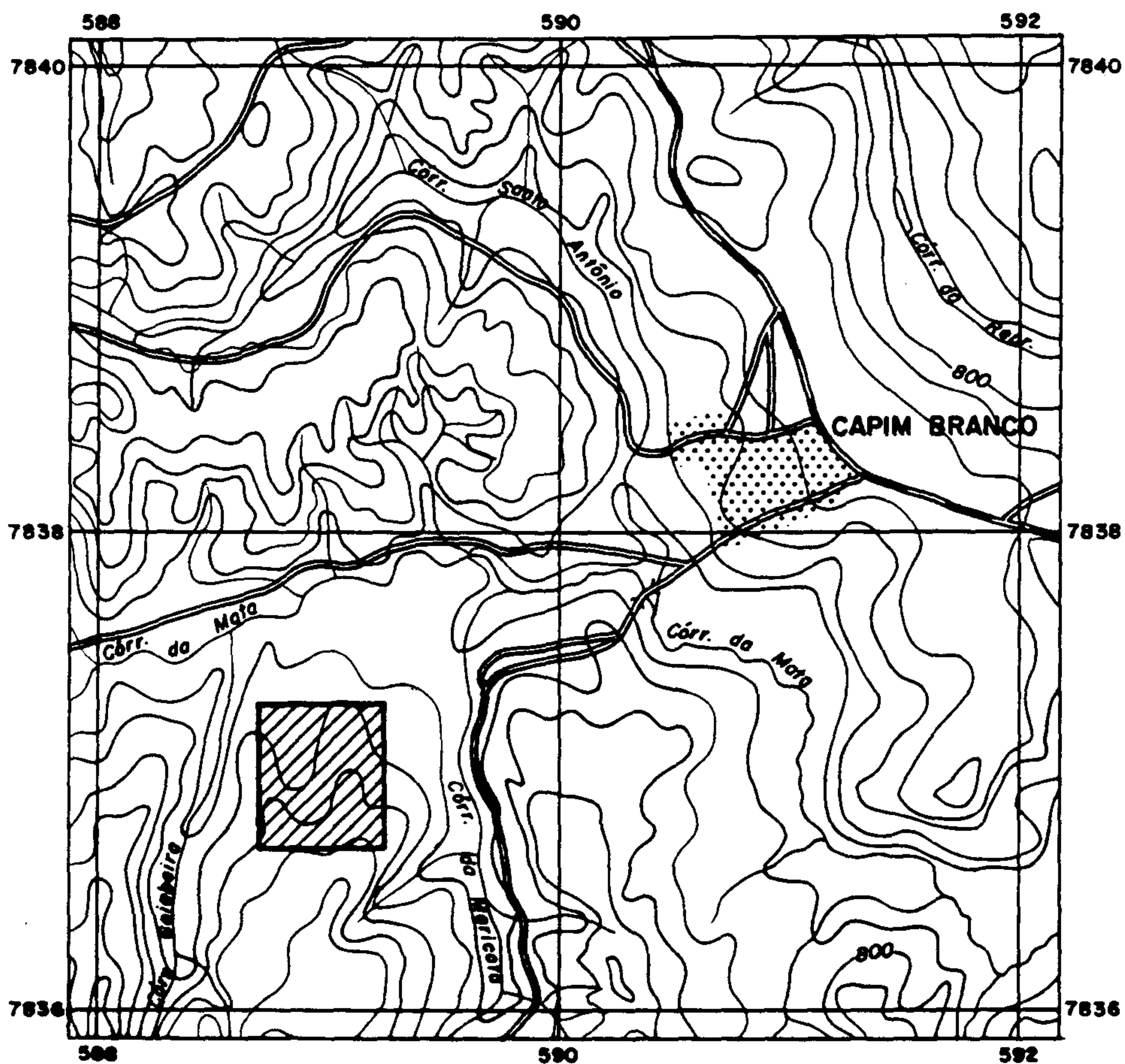
Complexo Coluvial em Rampa (Rc)

Engloba o conjunto de sedimentos coluvionares em forma de rampa que se desenvolvem ao longo das planícies aluviais. Constituem depósitos heterogêneos de coloração variada, mal selecionados e de dimensões diversas. Suas características geotécnicas são extremamente variáveis em função de suas composições e granulometria.







De uma forma generalizada, constituem materiais de alta compressibilidade, alta porosidade (60%-64%), alta umidade natural, pH entre 5,5 e

A título de ilustração, suponha-se que se necessite obter elementos informativos visando a estudos preliminares para instalação de aterro sanitário na área indicada na Figura 11.

Utilizando-se o Mapa de Zoneamento Geotécnico, constata-se que os terrenos dessa área pertencem à zona 3 e subzona 6A. Recorrendo-se às descrições dessas unidades de zoneamento e à qualificação dos solos que as compõem, poder-se-á obter informações gerais relacionadas à utilização desses terrenos para a finalidade planejada, conforme o exemplo a seguir descrito.



LEGENDA

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Estrada asfaltada |  Córregos |
|  Estradas sem pavimentação |  Barragem |
|  Ponte |  Área investigada |

ESCALA



EQUIDISTÂNCIA ENTRE CURVAS 20m. COORDENADAS UTM (45 W 6r)

Figura 11 – Mapa de Localização da Área

São as seguintes as principais condições de adequabilidade de um terreno, para instalação de aterro sanitário:

- Padrão de relevo com declividade baixa a moderada, aceitável até um limite de 15%;
- Os solos devem ter perfil homogêneo, com textura areno-siltosa ou argilosa;
- A permeabilidade dos solos deve ser moderada a alta ($10^{-3} < k < 10^{-5}$ cm/s);
- Não devem ser altamente compressíveis;
- Para maior absorção de vírus, o pH do solo deve ser inferior a 6,0;
- O substrato rochoso não deve apresentar alto fraturamento e não ser constituído por rochas calcárias. Sua profundidade deve ser de no mínimo 15m;
- Os solos devem apresentar capacidade de troca de cátions (CTC) superior a 5 meq/100g solo (adequada > 15 meq/100g de solo);
- O local deve estar distanciado de no mínimo 300m de fontes de água utilizável e cabeceiras de drenagem de importância.

Verifica-se que a área em questão é composta por terrenos constituídos por solos residuais de rochas gnáissico-migmatíticas recobertas parcialmente por material transportado, pertencente à unidade coluvial C1. Essa cobertura geralmente é pouco espessa (menor que 5m).

Seu padrão de relevo é aceitável para a finalidade proposta, representado por vertente com declividade moderada, não ensejando grande movimentação de terra para sua utilização.

O solo da área terraplanada (CGr) apresenta textura favorável, baixa plasticidade e compressibilidade, boa estabilidade quando utilizado em aterro e drenabilidade razoável à depuração dos líquidos oriundos dos resíduos (lixo). Valores de pH adequados e inadequados para capacidade de troca de cátions (CTC meq/100g solo).

Não se dispõem de informações sobre a profundidade do substrato rochoso e do nível do len-

çol freático, embora, pela amplitude dos terrenos, esse último deva situar-se a profundidade superior a 15m.

A distância de transporte é de aproximadamente 3,5km através de estrada não-pavimentada já existente até suas proximidades. Para o aproveitamento dessa área, visando à finalidade proposta, haverá necessidade da complementação da via de acesso, com gastos relativamente elevados.

A área analisada, pelas condições e situação dos terrenos, pode ser considerada apenas SEMI-ADEQUADA, para construção do aterro sanitário de Capim Branco.

Podem ser obtidas características de aptidão para os seguintes planejamentos regionais: assentamento de comunidades, traçado de vias de acesso e rodovias, escavabilidade dos terrenos visando à implantação de obras de saneamento e rodoviárias, disposição de rejeitos (aterro sanitário) e estabelecimento de áreas de preservação ambiental, tais como áreas de recarga de aquíferos e de proteção de mananciais.

É importante ressaltar que o emprego do Mapa de Zoneamento Geotécnico, por sua escala essencialmente regional (1:50.000), permite ao planejador obter informações de caráter geral, não eliminando ou substituindo estudos de detalhe relativos a problemas específicos.

CARACTERIZAÇÃO E APTIDÃO DOS TERRENOS

As informações aqui contidas permitem a obtenção de subsídios para planejamento do uso e ocupação dos terrenos do município, visando a finalidades específicas, onde cada zona geotécnica está descrita de acordo com as seguintes informações:

- Conceituação de seu padrão de relevo;
- Conceituação simplificada de sua unidade geotécnica e substrato rochoso correspondente;
- Características positivas e negativas (aptidões) das zonas geotécnicas face às possíveis finalidades de utilização dos terrenos a que pertencem.

Zona 1 – Terrenos com relevo suavemente ondulado, declividade média 12%, constituídos por RAMPAS DE COLÚVIO. Sujeita a problemas de erosão em sulcos ravinados próximos às cabeceiras de maior declividade (20%). Horizonte B pedológico predominantemente podzólico. Nível freático pouco profundo. Baixa resistência e baixa capacidade de suporte.

Características de aptidão – Problemas relacionados a escavabilidade, saneamento, drenagem, contenção e fundações. Inadequado para disposição de rejeitos de qualquer natureza.

Zona 2 – Terrenos baixos com relevo plano, declividade média inferior a 5%, constituídos por TERRAÇOS ALUVIONARES e ALUVIÕES de pequena extensão. Horizonte B pedológico – gley pouco húmico. Porosidade alta e permeabilidade variável em função das intercalações de níveis argilosos. Espessura variável, atingindo um máximo de 15 a 20m. Nível freático próximo à superfície. Baixa resistência e baixa capacidade de suporte.

Características de aptidão – Predominância de áreas em permanente estado de saturação, com ocorrência de terrenos marginais alagadiços. Terrenos sujeitos a inundações periódicas e a intenso assoreamento. Problemas de escavabilidade para contenção de paredes e drenagem das águas. Seu aproveitamento para finalidades técnicas exige rigoroso planejamento para dimensionamento das calhas naturais e a necessidade de execução de obras especiais com relação a drenagem, saneamento e fundações. É inadequado para disposição de rejeitos de qualquer natureza.

Zona 3 – Terrenos elevados com relevo suavemente ondulado, declividade média inferior a 8%, constituídos por DEPÓSITOS, predominantemente COLUVIONARES, relacionados a aplainamentos, em altitudes entre 800 e 900m. Em zonas de borda com encostas abruptas, está sujeita à instabilidade de taludes e erosão acelerada. Nesses locais podem originar-se rampas de colúvio, suavizando o relevo das encostas. Os terrenos dessa zona, em substrato gnáissico-migmatítico, ocorrem no município recobrando os topos das colinas e morros, apresentando pequena espessura e em faixas alongadas de largura variável. Horizonte B pe-

dológico predominantemente latossólico. Porosidade e permeabilidade muito alta. Nível freático profundo ou geralmente ausente. Média resistência e razoável a má capacidade de carga.

Características de aptidão – Embora as condições de relevo e características geotécnicas desses terrenos favoreçam sua ocupação, os principais fatores negativos de sua utilização estão relacionados ao acesso a essas áreas. Por ocuparem normalmente faixas de cumiada das elevações, sua utilização para os diversos fins técnicos implica a execução de obras onerosas de corte, aterro e drenagem para execução das vias de acesso sobre as vertentes das colinas e morros adjacentes. Por outro lado, os mananciais mais próximos apresentam grande desnível com relação aos terrenos dessa zona. Através de estudos específicos, podem ser selecionadas áreas adequadas para disposição de resíduos sólidos. Outras características de aptidão são fornecidas pelo Quadro I.

Subzona 3A – Terrenos elevados com relevo suavemente ondulado, declividade média inferior a 8%, constituídos por DEPÓSITOS predominantemente COLUVIONARES em substrato rochoso composto por METACALCÁRIOS. Características geotécnicas semelhantes às da zona 3, diferenciando-se por apresentar espessuras que atingem 25 a 30m, e recobrir geralmente colinas de baixa amplitude.

Características de aptidão – Por constituir área de recarga do aquífero cárstico subjacente, sua utilização deve merecer estudos especiais e sua ocupação restrita a finalidades que não propiciem a contaminação das águas infiltradas. Constitui área de risco relativo no que se refere a problemas de abatimentos. Seus terrenos são inadequados para disposição de rejeitos de qualquer natureza. Zona favorável à perfuração de poços para água, dependendo de verificação local.

Zona 4 – Terrenos com relevo montanhoso, representado por colinas e morros, com amplitudes entre 100 e 140m, com vertentes predominantemente convexas, ravinadas, com declividade média de 15%. Unidade constituída por SOLOS RESIDUAIS de rochas da seqüência METAPELÍTICA.

Horizonte B pedológico podzólico. Permeabilidade baixa e porosidade muito alta. Má capacidade de carga e suporte. Sujeita à erosão em sulcos profundos. Devido à sua ocorrência muito restrita no município, não mereceu maiores considerações sobre suas características de aptidão. Algumas dessas características são fornecidas pelo Quadro I.

Outros problemas esperados relacionam-se à escavabilidade, terraplanagem e fundação, em função da irregularidade do topo rochoso, presença de matacões e eventuais ocorrências de cavidades e bolsões de solos inconsistentes. Cabe considerar a possibilidade de contaminação das águas infiltradas, poluindo o aquífero cárstico subjacente. Seus terrenos são inadequados para disposição

APTIDÃO TIPO DO SOLO	DRENABILIDADE	ESCAVABILIDADE	QUALIDADE COMO FUNDAÇÃO	RETRAÇÃO	COMPORTAMENTO EM ATERRO	PERMEABILIDADE APÓS COMPACTAÇÃO
Solos residuais de gnaisses e migmatitos (CGr)	Regular a Má	Razoável a Boa	Razoável a Boa	Média a Baixa	Estabilidade Boa	Impermeável
Solos residuais de rochas calcárias (CCr)	Má	Razoável a Má	Má a Muito Má	Média a Elevada	Instável	Semi-Imperm. a Impermeável
Solos residuais de metapelitos (CPr)	Regular a Má	Razoável a Boa	Má	Média	Estabilidade Baixa	Semi-Imperm. a Impermeável
Coluvial (C1)	Regular a Boa	Razoável a Boa	Razoável a Má	Média a Elevada	Instável	Semi-Impermeável
Coluvial (C2)	Regular a Má	Razoável a Boa	Regular a Má	Elevada	Estabilidade Baixa	Semi-Impermeável

Quadro I – Características de Aptidão dos Solos para Finalidades Específicas

Zona 5 – Terrenos com relevo ondulado, representado por colinas de baixa amplitude, variando entre 40 e 80m, declividade média oscilando entre limites de 10 e 20%, constituídos por SOLOS RESIDUAIS DE METACALCÁRIOS. Solos com brusca variação de espessura contendo matacões e exposições rochosas. Horizonte B pedológico latossólico e podzólico. Porosidade média e permeabilidade variável em função do grau de fraturamento do substrato.

Características de aptidão – Nos terrenos dessa zona pode-se verificar a ocorrência de subsidência e colapso, própria das áreas de natureza cárstica. Dessa maneira, sua utilização para a maioria das finalidades fica condicionada a verificações locais de superfície e subsuperfície, a fim de que sejam avaliadas as condições do terreno quanto à presença de estruturas cársticas no subsolo. Ou-

de rejeitos de qualquer natureza. Zona favorável à perfuração de poços para água, dependendo de verificação local. Outras características de aptidão são fornecidas pelo Quadro I.

Subzona 5A – Terrenos com vertentes isoladas, predominantemente côncavas, declividade média entre 20 e 25%, constituídos por SOLOS RESIDUAIS de METACALCÁRIOS, geralmente pouco espessos, contendo matacões e/ou exposições rochosas. Características geotécnicas e de aptidão semelhantes às da zona 5, com restrições mais severas de utilização devido à maior declividade de seus terrenos.

Zona 6 – Terrenos com relevo montanhoso representado por colinas e morros com amplitudes entre 100 e 180m, geralmente capeados por delgadas coberturas detríticas (zona 3). Declividade

média entre 12 e 20%. Maior declividade no terço superior da vertente. Vertentes predominantemente convexas. Terrenos constituídos por SOLOS RESIDUAIS de GNAISSE e MIGMATITOS. Horizonte B pedológico latossólico. Porosidade e permeabilidade média a baixa. Razoável a alta resistência e capacidade de carga elevada.

Características de aptidão – Zonas com setores potencialmente instáveis pela alta declividade de seus terrenos, muito susceptíveis a mutilações decorrentes de qualquer processo de ocupação. Nos setores mais favoráveis, sua utilização implicará a abertura de vias de acesso, exigindo obras onerosas de corte, aterro e drenagem. O relevo propicia a ocorrência de fenômenos naturais de movimentação de massa, tais como escorregamentos, queda de blocos e rastejo. Fenômenos decorrentes da erosão hídrica (sulcos profundos e voçorocamento) são comuns nas encostas de maior declividade desprovidas de cobertura vegetal. Zona inadequada para disposição de resíduos de qualquer natureza. Seu aproveitamento para finalidades específicas dependerá de estudos detalhados visando a selecionar setores onde as condições de relevo sejam mais favoráveis. Ou-

tras características de aptidão são fornecidas pelo Quadro I.

Subzona 6A – Terrenos com vertentes isoladas, geralmente de grande extensão, com perfis côncavo e convexo. Declividade média entre 11 e 20%. Horizonte B podzólico. Subzona constituída por SOLOS RESIDUAIS de GNAISSE e MIGMATITOS. Propriedades geotécnicas semelhantes às da zona 6.

Características de aptidão – Os terrenos dessa subzona apresentam maior número de setores onde as condições de relevo e declividade tornam-se mais suaves, permitindo, através de estudos localizados e específicos, a seleção de áreas para uma ocupação planejada, menos onerosa e com riscos minimizados.

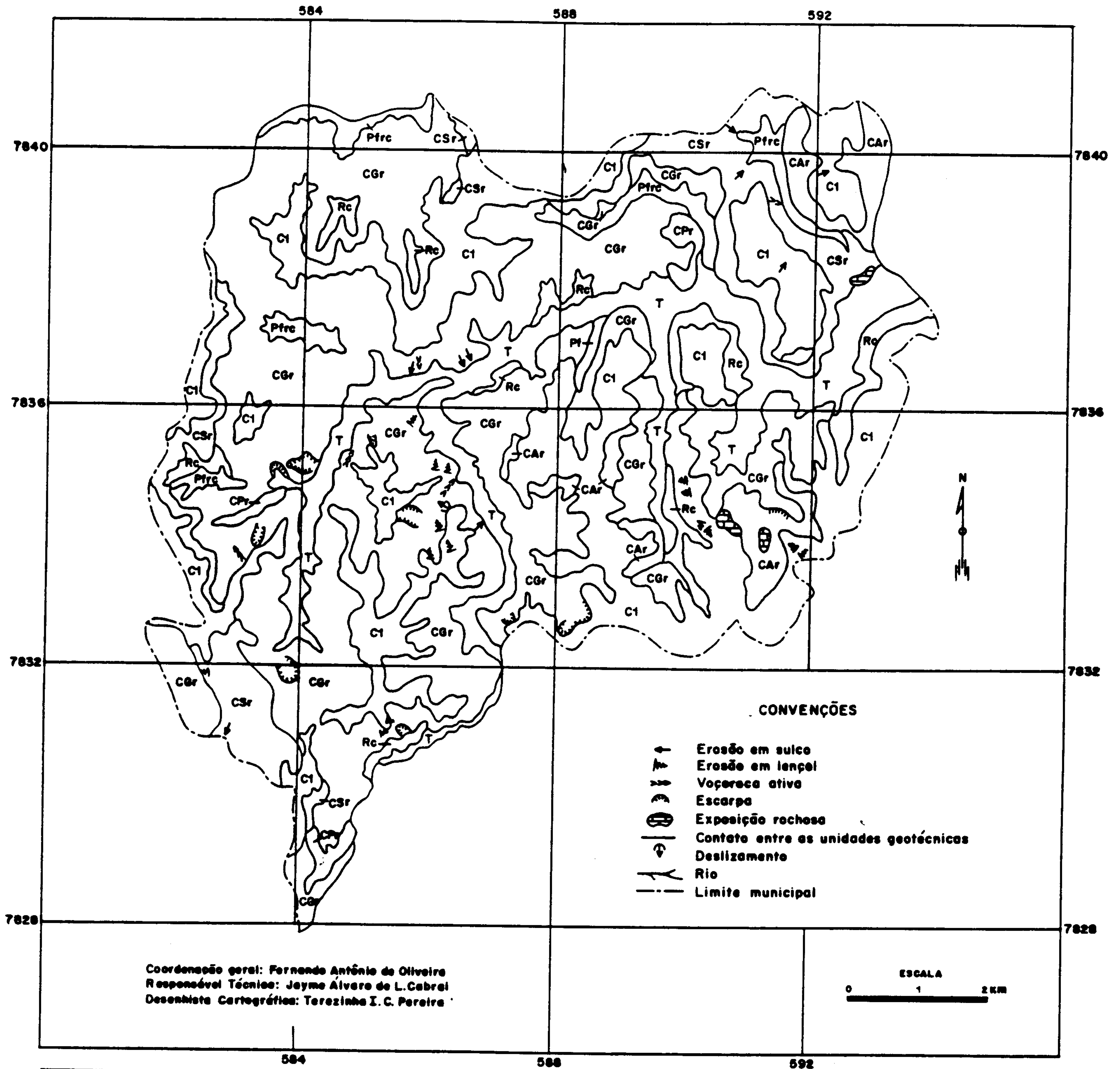
Subzona 6B - Terrenos com vertentes retilíneas, possivelmente oriundos de solos residuais de rochas intrusivas. Solos espessos com matações. Declividade média em torno de 10%. Área de ocorrência restrita no município. Características geotécnicas e de aptidão dependem de estudos locais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CETEC/CPRM. *Estudos ambientais da região cárstica de Lagoa Santa-Sete Lagoas, MG. Caracterização Geomorfológica*. 1992. Rel. Inédito.
- CETEC/CPRM. *Estudos ambientais da região de Lagoa Santa-Sete Lagoas, MG. Caracterização Pedológica*, 1992. Rel. inédito.
- CPRM. *Relatório final de geologia*. Projeto VIDA. 1992. Inédito.
- CPRM. *Cartografia geotécnica de planejamento – Relatório dos dados inventariados*. Projeto VIDA. 1992. Inédito.
- CPRM. *Prospecção geotécnica – Principais parâmetros das unidades geotécnicas*. Projeto VIDA. Em preparação.
- CPRM. *Cadastro dos pontos d'água – Hidrogeologia*. Projeto VIDA. 1992.
- GOMES COELHO, A.M.L. *A cartografia geotécnica no planejamento regional e urbano*. Tese para concurso LNEC. 1980.
- LIMA, M.J. PORTO de. *Prospecção geotécnica do subsolo*. Rio de Janeiro, LTC. 99p. 1983.
- ZUQUETTE, L.V. *Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras*. Vol. I, II, III. Tese de Doutorado. 1987.

ANEXOS

Anexo I – Mapa de Unidades Geotécnicas



Coordenação geral: Fernando Antônio de Oliveira
 Responsável Técnico: Jayme Álvaro de L. Cabral
 Desenhista Cartográfica: Terezinha I. C. Pereira

LEGENDA

Solos Residuais

CGr – residual de rochas do Complexo Gnáissico Migmatítico Indiviso, textura argilo-síltico-arenosa a arenó-síltico-argilosa. Coloração predominante vermelha, rósea e amarelada, podendo atingir grandes espessuras. Saprólitos geralmente espessos.

CCr – residual de rochas calcárias, representados por solos de calcários finos, impuros, marmorizados (meta-calcarenítos). Solos com textura argilo-síltica-arenosa a síltico-areno-argilosa, coloração vermelho-escuro, amarelada a cinza-escuro, geralmente pouco espessos, sedosos, maciços, plásticos, recortados por quartzo de veio.

CSr – predominância de residual de calcários finos, impuros e marmorizados.

CAr – predominância de residual de calcários mais grosseiros e puros.

CPt – residual de rochas da seqüência metapelítica. Solos com textura preminantemente síltico-argilosa. Coloração amarelada a violeta, plasticidade média. Saprólito normalmente pouco profundo e de grande espessura. Venulações de quartzo abundantes.

Solos de Cobertura

C1 – conjunto de sedimentos coluviais, relacionados a aplainamentos, situados em altitudes de 800 a 900m. Textura argilo-síltica a argilo-síltico-arenosa, coloração vermelha-escuro a vermelho-amarelada.

Ca,t – conjunto de sedimentos de origem fluvial.

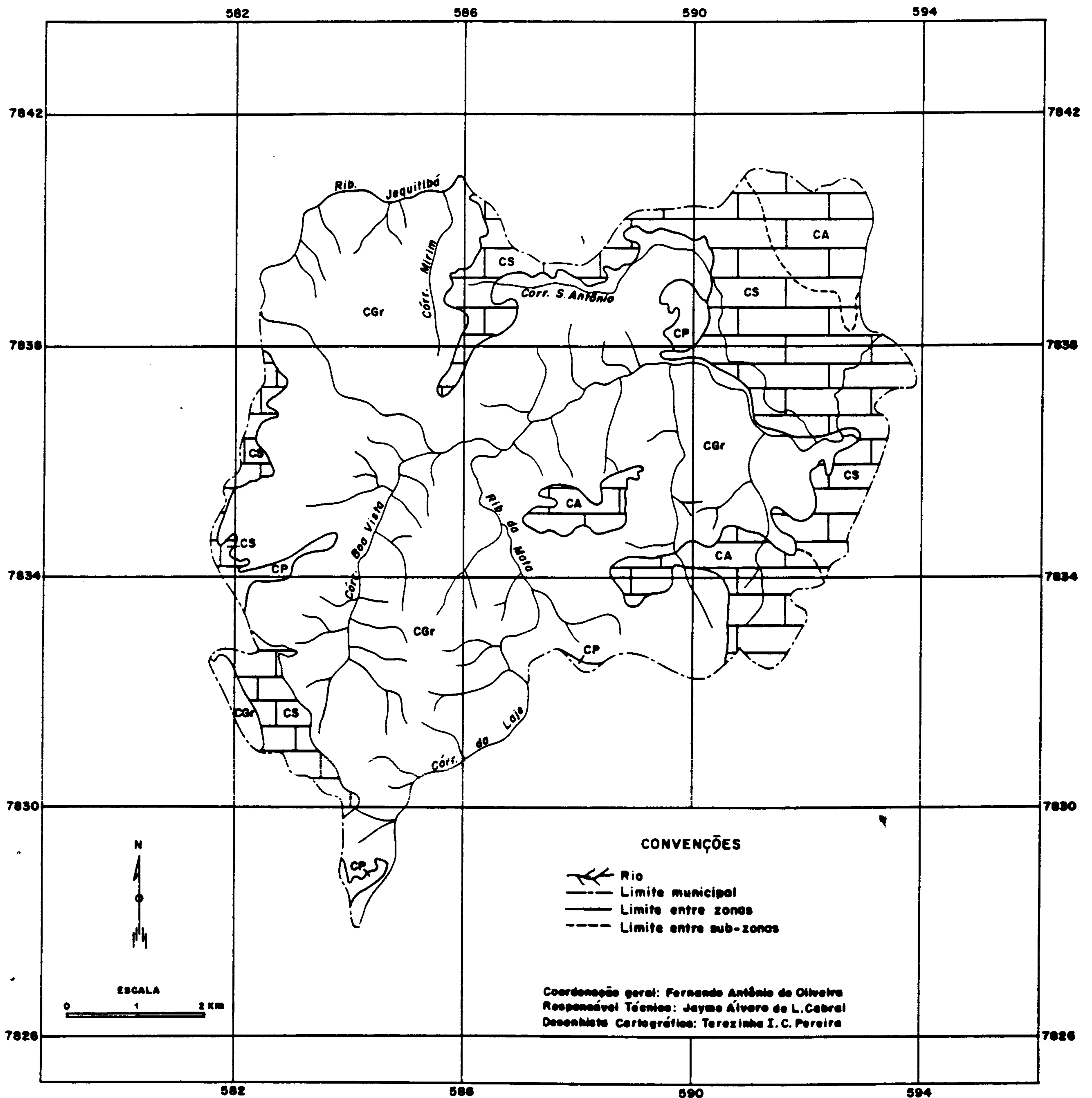
Pf – conjunto de sedimentos aluvionares situados em planícies fluviais, textura predominante arenó-síltico-argilosa, coloração amarelada a cinza.

t Terraços – conjunto de sedimentos consolidados ou não, situados em níveis acima da planície fluvial. Textura areno-argilosa, às vezes ricos em pedregulhos (cascalho). Coloração amarelada e esbranquiçada.

pfrc – conjunto de sedimentos aluvionares, associados a rampas coluvionares. Textura e coloração variada.

Rc – conjunto de sedimentos coluvionares em rampa, textura argilo-síltica e argilo-arenosa, contendo blocos e pedregulhos. Coloração variada.

Anexo II – Mapa de Zoneamento do Substrato Rochoso



LEGENDA

CG Complexo gnáissico migmatítico Indiviso – compreende conjunto de rochas arqueanas, constituídas predominantemente por rochas maciças representadas por gnaisses (gnaiss a homblenda), biotita-gnaiss e diopsídio-anfibólio-gnaiss) associadas a granitóides e migmatitos. O conjunto é injetado por diques básicos, onde as rochas mais comuns são gabros, noritos e diabásios.

CC Complexo Calcários – compreende seqüência de rochas carbonáticas atribuídas ao Proterozóico Superior, pertencente ao Grupo Bambuí, Formação Sete Lagoas. Compreende duas subzonas de rochas carbonáticas maciças, de granulometria e composição diferenciada.

CS – seqüência de rochas carbonáticas predominante metacalcissilitos, impuros, marmorizados, às vezes calciofílicos (Membro Pedro Leopoldo).

CA – seqüência de rochas carbonáticas, predominante metacalcarenitos, representada por calcários maciços, escuros a negros, muito puros (Membro Lagoa Santa).

CP Complexo Metapelítico – compreende o conjunto de rochas metapelíticas, atribuída ao Proterozóico Superior, Grupo Bambuí, Formação Santa Helena, representada predominantemente por metassilitos cinza, com estratificação plano-paralela, ricos em venulações de quartzo.

Anexo III – Documentação Fotográfica



Foto 1 – Extensa voçoroca semi-estabilizada em vertente convexa de alta declividade, constituída por solos residuais de gnaisses e migmatitos. Vila de Boa Vista.



Foto 2 – Colina com vertente escarpada com exposição rochosa de meta-calcissiltito. Margens do terraço do ribeirão da Mata. Barbosa.



Foto 3 – Vista panorâmica de Capim Branco com o horizonte constituído pela região penneplanizada (S02) composta por material coluvial C1.



Foto 4 – Sedimentos fluviais constituídos por terraços (t) do ribeirão da Mata, utilizados para cultivo de hortaliças. Capim Branco.

ESPELEOLOGIA

Geóloga Mylène Luiza Berbert-Born
Bióloga Lília C. Senna Horta

INTRODUÇÃO

Os primeiros levantamentos espeleológicos sistematizados do Projeto VIDA foram direcionados a um segmento de sua área de abrangência denominada área-teste, de aproximadamente 180km², correspondente ao quadrante NE da folha topográfica SE-23-Z-C-V-2 Pedro Leopoldo, escala 1:50.000 (Figura 1).

Na abordagem realizada em parte dos municípios de Pedro Leopoldo, Matozinhos, Prudente de Moraes e Capim Branco foram detectadas 299 ocorrências de cavernamento, que são apresentadas no *Inventário de Cavernas Naturais – Região de Matozinhos – Mocambeiro (MG)*, CPRM, (1993). De Capim Branco apenas uma estreita faixa, em seu limite leste, esteve incluída neste estudo de detalhe, tendo sido encontrada uma única caverna.

Os trabalhos tiveram como objetivo principal estabelecer as características de carstificação das duas unidades de rocha carbonática individualizadas no mapeamento geológico realizado pelo Projeto; com isso, visam a oferecer subsídios para o zoneamento do uso e ocupação do solo, indicando áreas onde o patrimônio espeleológico tem relevância específica ou áreas cujas características morfodinâmicas possam oferecer riscos às diferentes iniciativas socioeconômicas.

METODOLOGIA

Aspectos Gerais

A metodologia desenvolvida para a área-teste visou à catalogação das cavidades e ao reconhecimento das principais feições do patrimônio espeleológico de forma sistemática, tanto do meio físico quanto do biótico.

É formulado um contexto geral, base para a definição e valorização relativa do patrimônio espeleológico, que é apresentado em detalhe com um acervo de descrições e mapas individuais que compõem o Inventário da Região de Matozinhos – Mocambeiro.

Foram desenvolvidas três etapas distintas, uti-

lizando ortofotos em escala 1:10.000 como principal base de trabalho, em função da adequabilidade de sua escala. Para a maior parte do município de Capim Branco, fora da abrangência da área-teste, os levantamentos espeleológicos evoluíram apenas à Etapa I da metodologia.

As bases cartográficas utilizadas foram:

- Ortofotocartas EMBRAFOTO 1:10.000, voo 1989, nºs 35-16-01, 35-16-02, 35-16-03, 35-16-04, 35-16-05, 35-16-06, 35-16-07, 35-16-08, 35-16-09, 35-16-10, 35-16-11, 35-16-12, 35-16-13 e uma estreita faixa da porção sul dos números 35-10-23 e 35-10-24;
- Fotografias aéreas EMBRAFOTO 1:30.000, voo 1989: faixa 1912C fotos 634 a 639; faixa 1913E 663 a 666, faixa 1913F fotos 672 a 677, faixa 1914E fotos 697 a 706, faixa 1915E fotos 724 a 733, faixa 1916C fotos 753 e 754;
- Carta topográfica IBGE 1:50.000 folha SE-23-Z-C-V-2 Pedro Leopoldo;
- Mapa Morfoestrutural PLAMBEL/SECT/COPASA/CETEC/CEMIG 1:25.000 folha SE-23-Z-C-V-2-NE Matozinhos.

Descrição das Etapas de Trabalho

Etapa I

1. Aplicação de uma malha de fotoanálise com células de 1km², definidas pela intersecção de coordenadas UTM. Cada célula é referenciada com um código letra-número que permite localizá-la dentro de determinada ortofoto.

2. Plotagem das cavidades previamente conhecidas.

3. Fotointerpretação em escala 1:10.000 de cada célula, para detecção de áreas com potencial para ocorrência de cavernas aflorantes (áreas viáveis), especialmente dolinamentos, maciços rochosos e afloramentos menores, matas, sumidouros e ressurgências; identificação das áreas de mineração e/ou industriais.

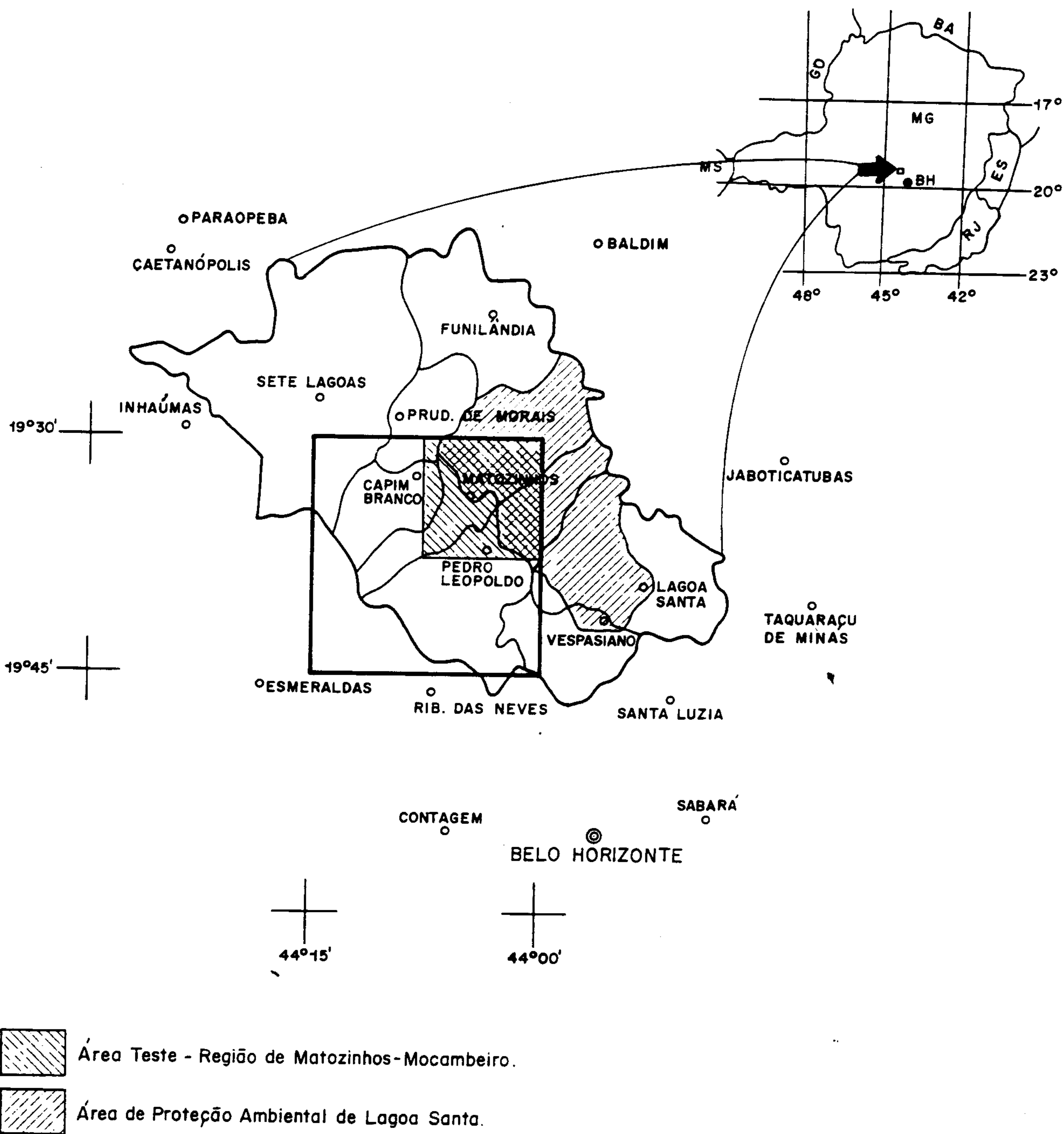


Figura 1 – Localização da Área-Teste – Região de Matozinhos – Mocambeiro

4. Definição das células (quadrículas UTM):

- Evidentes: com ocorrências já notificadas;
- Potenciais: com probabilidade de ocorrência;
- Críticas: com atividades conflitantes à presença de sítios;
- Nulas (estéreis): sem nenhuma probabilidade de ocorrência.

Resultados: Quadro previsional para direcionamento dos trabalhos de prospecção, com priorização de áreas.

Etapa II

1. Prospecção de cada célula tipificada como crítica, evidente e potencial, com o levantamento dos dados básicos de cada cavidade detectada. Os dados foram reunidos em uma ficha-padrão que inclui esquemas de plantas baixas, perfis longitudinais e seções transversais, materializando as principais formas, extensões e direções de desenvolvimento.

No município de Capim Branco, apenas uma cavidade foi detectada – a Gruta do Córrego do Capão (Córrego da Chácara) – nas imediações da Indústria Têxtil Gabarito (Figuras 2a, b).

Resultados: Mapa de localização de cavidades, acervo de dados básicos, croquis e caminhamentos, e caracterização efetiva das áreas de conflito entre mineração e patrimônio espeleológico.

Etapa III

1. Superposição de uma malha de amostragem com células de 4km^2 , chamadas de setores (Figura 3).

2. Com base nos dados básicos previamente levantados, seleção de uma ou duas cavidades em cada setor para detalhamento e topografia. O detalhe incluiu estudos de morfologia, estruturas, depósitos químicos e sedimentares, biologia e observações hidrogeológicas.

As cavidades selecionadas foram tomadas

como representativas das condições morfogênicas e do padrão de ocorrência da célula em que se encontram.

Esse procedimento permitiu ainda que os diferentes qualificativos de cavidades (grutas, abismos e abrigos sob rocha) fossem amostrados com detalhe, à medida que representassem a ocorrência mais significativa em seu segmento de área.

A Gruta do Córrego do Capão foi selecionada como a mais representativa do setor 18 entre as duas detectadas em sua área. Assim, mereceu estudos pormenorizados e levantamento topográfico de detalhe. Sua descrição e mapa são apresentados mais adiante.

Resultados: Acervo de informações detalhadas dos diferentes tipos de ocorrências, mapas topográficos com alto grau de precisão, mapa de vegetação (CETEC, 1991) com localização de cavidades, listagem bioespeleológica e mapa de domínios morfogênicos, segundo o procedimento 2 desta etapa.

Para cada setor onde estão agrupadas as ocorrências, são direcionados comentários gerais que apontam as feições de destaque e justificativas para as cavidades de maior e menor relevância, bem como os principais problemas relacionados ao grupo.

O primeiro ano de trabalho contou com a participação efetiva do CETEC – Centro Tecnológico de Minas Gerais. Durante dois anos de execução do Projeto, 17 membros da Sociedade Excursionista e Espeleológica de Ouro Preto – SEE, estudantes da Universidade Federal de Ouro Preto, trabalharam como estagiários, tendo sido responsáveis pela prospecção, levantamento de dados básicos e topografia das cavidades.

Estrutura de Informações

São apresentadas as formas, formações e faunas endógenas dominantes (mais comuns), possibilitando o realce de atributos incomuns ou raros, considerados como de interesse especial.

O entendimento da dinâmica do carste é buscado nas análises morfológicas internas e externas, sendo a partir delas assegurado o controle dos principais fatores físicos que estão condicionando a existência das cavernas da região.



PLANTA BAIXA.

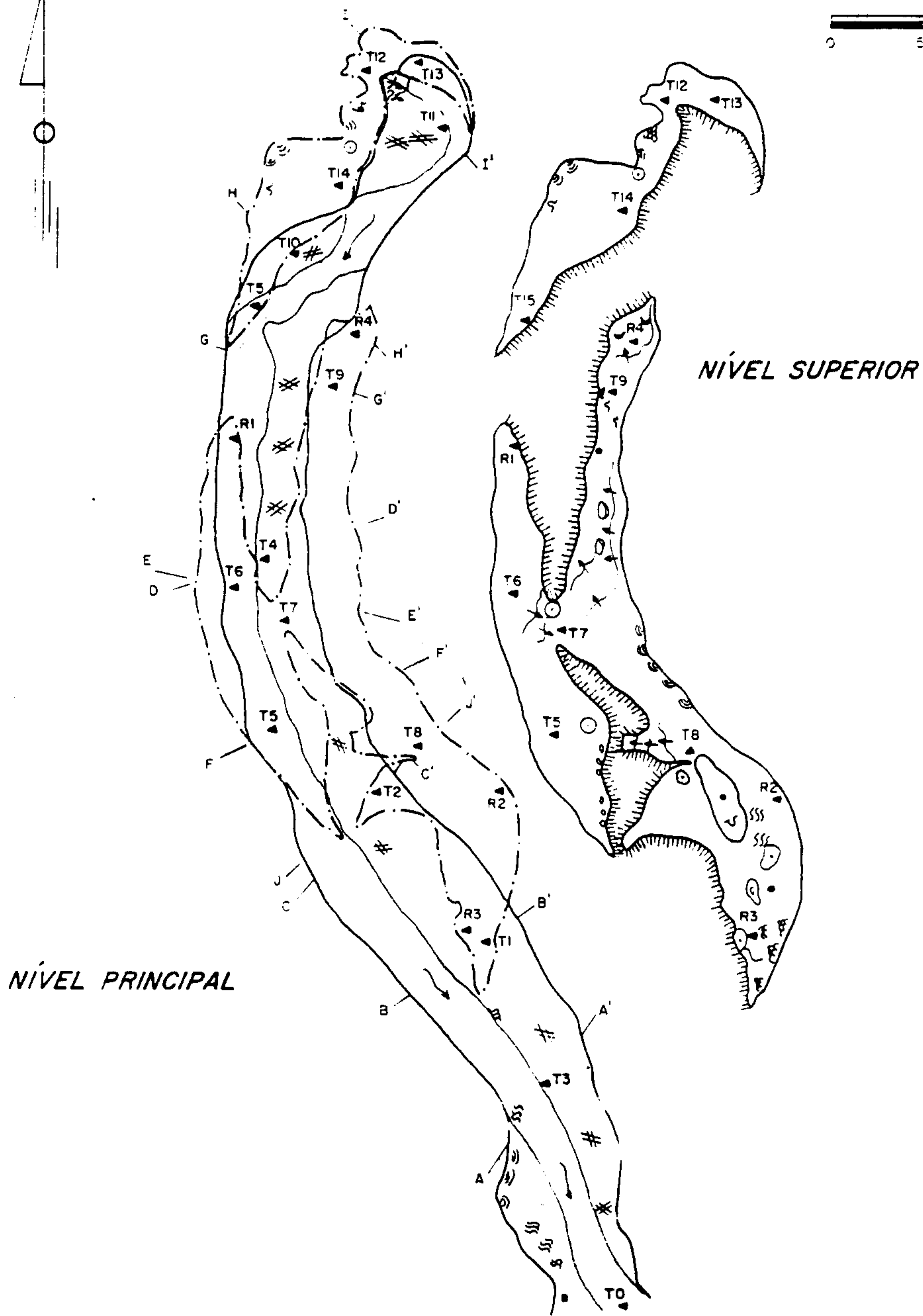
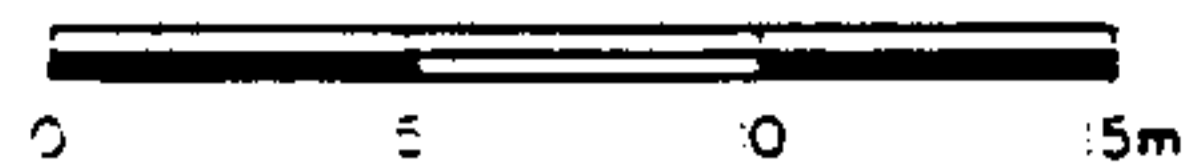
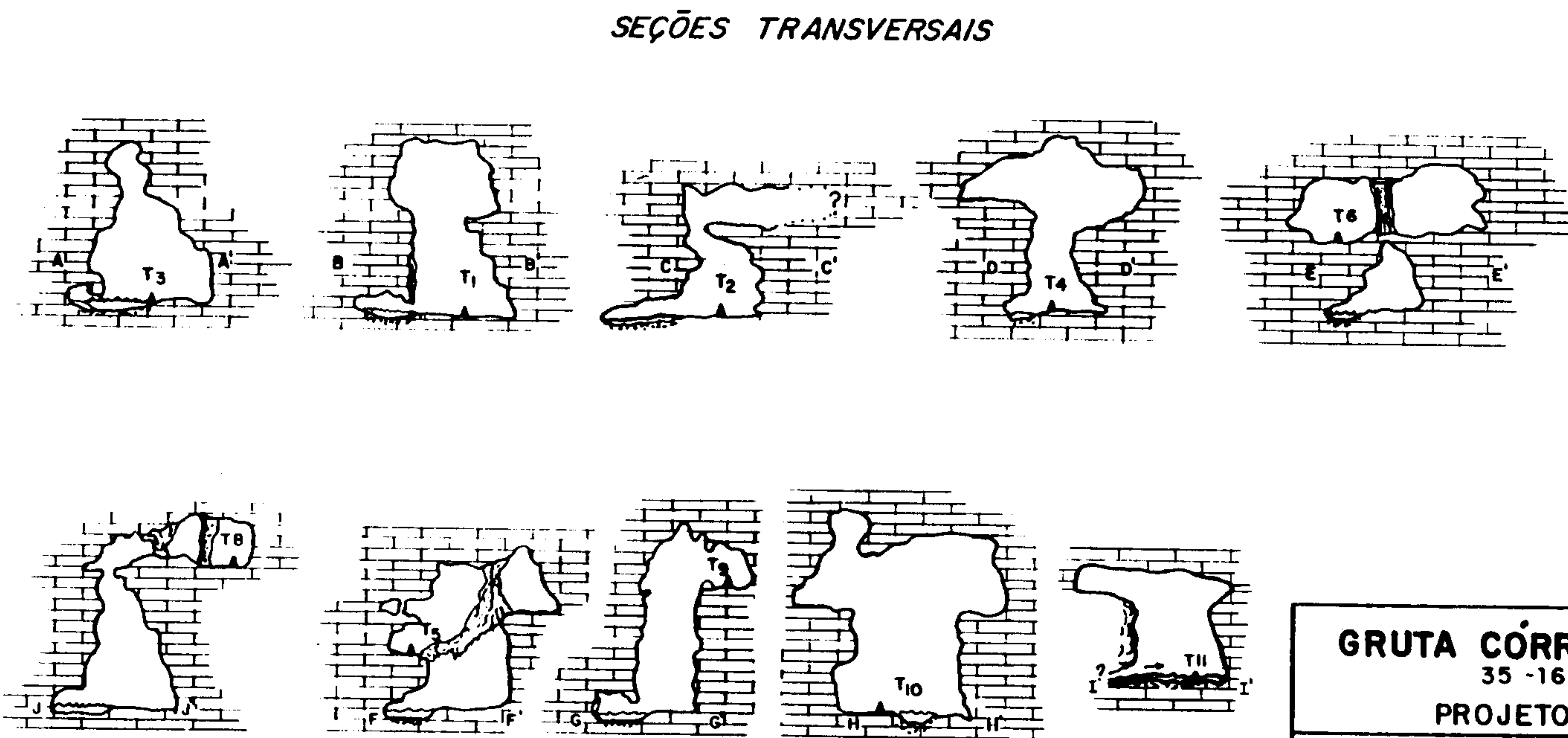
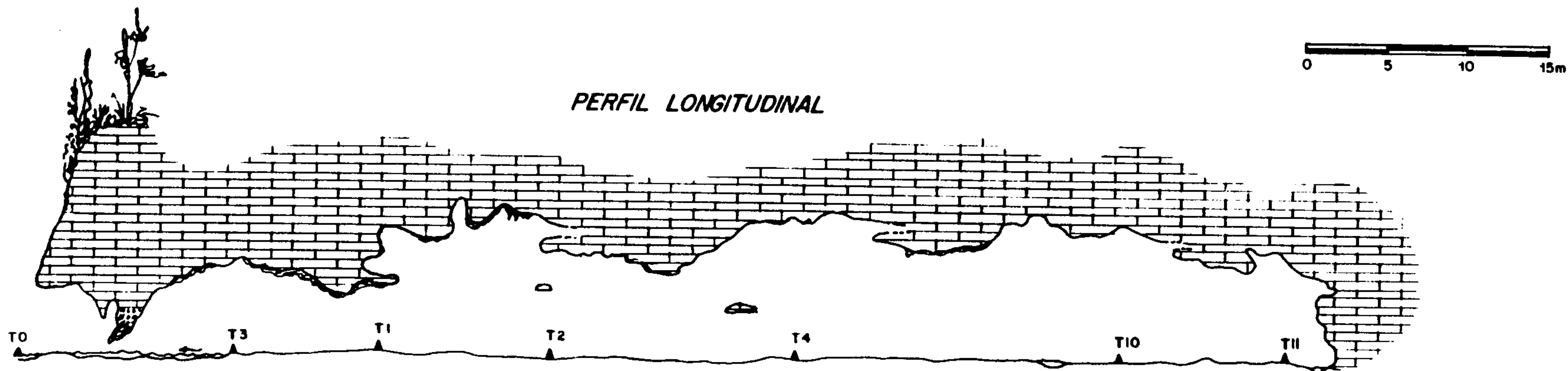


Figura 2a - Mapa Topográfico da Gruta Córrego do Capão (Planta Baixa)

GRUTA CÓRREGO DO CAPÃO		
35-16-07 - A 101		
PROJETO VIDA - CPRM		
UTM:	N: 7838030 E: 592890	MUNICÍPIO: CAPIM BRANCO
LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	MÉTODO:	ESCALA:
SEE	BCRA	5 D
OBS: Simbologia segundo as normas e convenções espeleométricas da Sociedade Brasileira de Espeleologia - SBE		



GRUTA CÓRREGO DO CAPÃO		
35-16-07 - A 101		
PROJETO VIDA - CPRM		
UTM	N: 7838030 E: 592890	MUNICÍPIO: CAPIM BRANCO
LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	SEE	MÉTODO: BCRA GRAU: 5D
OBS: Simbologia segundo as normas e convenções espeleométricas da Sociedade Brasileira de Espeleologia - SBE		

**Figura 2b - Mapa Topográfico da Gruta Córrego do Capão
(Perfil e Seções)**

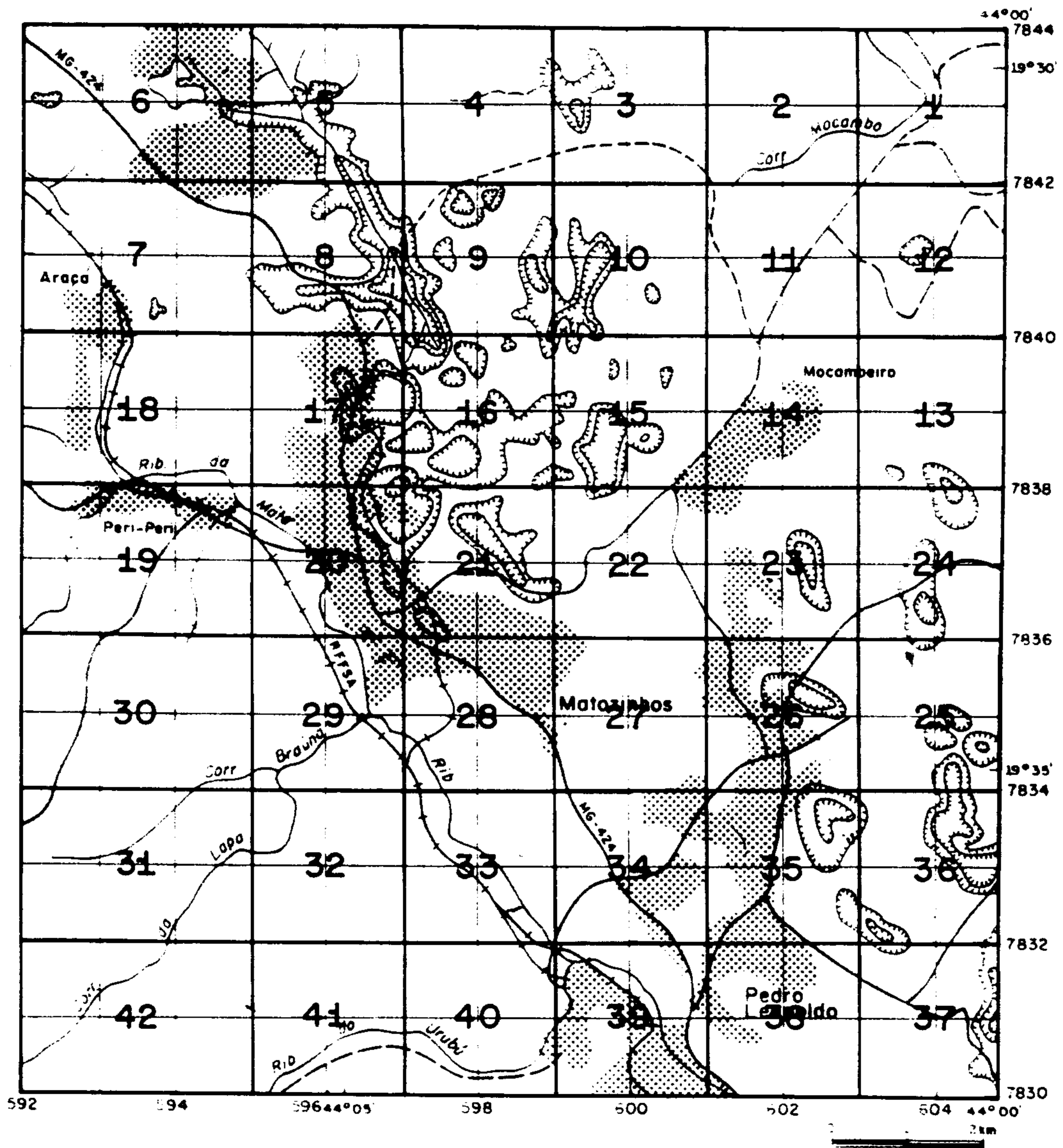


Figura 3 – Distribuição dos Setores de Amostragem (Área-Teste)

Os levantamentos bioespeleológicos sistemáticos visaram, por sua vez, à identificação faunística e ao entendimento da distribuição geográfica ao longo da área do Projeto.

As informações levantadas incluem, para cada ocorrência, coordenadas e dados de localização, altimetria, dados topográficos, litostratigráficos e estruturais, feições externas e internas, fontes de referência e data do levantamento. Para as cavidades detalhadas são acrescentados dados hidrogeológicos, bioespeleológicos e observações sobre gênese e evolução.

Cada cavidade é referenciada com um código que indica a ortofoto onde se encontra, a célula (quadrícula UTM da ortofoto) e o número que representa dentro da célula.

A localização é dada pelos sistemas de projeção UTM (f.23 MC. 45°W.Gr.) e geográfico. As coordenadas UTM foram retiradas das ortofotocartas 1:10.000, e as geográficas obtidas pela conversão digital das UTM. Altitudes foram obtidas da base 1:25.000 – PLAMBEL.

Nos comentários sobre feições externas são abordados aspectos de geomorfologia (compartimentação geomorfológica e situação das entradas em relação ao relevo), feições de detalhe, atividades econômicas próximas e vegetação do entorno de cada entrada de gruta.

Grande parte das feições internas é descrita a partir dos dados básicos obtidos na Etapa II pela SEE, tendo sido ampliados para as grutas detalhadas na Etapa III.

São indicadas geometrias e amplitudes de seções de condutos, espeleotemas, eventuais vestígios humanos e animais e tipos de sedimentos, relacionados a cada nível de desenvolvimento da cavidade. É adotada uma classificação morfológica ampliada de Palmer (1991), baseada exclusivamente nos padrões de geometria e arranjo de galerias e salões. Desconsiderando-se, de início, os possíveis agentes genéticos, as ocorrências são classificadas em: ramiforme dentrítica; labiríntica reticulada; labiríntica anastomosada; esponjiforme/amebóide; meandrante sinuosa; retilínea.

Muitas das ocorrências não-detalhadas têm seus dados litostratigráficos e estruturais baseados nas informações trazidas no mapa geológico

escala 1:50.000 do Projeto. São indicadas as unidades geológicas e espeleológicas, rocha encaixante, principais estruturas e condicionamento morfológico.

Os dados hidrogeológicos eventualmente levantados abordam algumas características básicas de fluxo d'água. Com base em Bögli (1980), é adotada uma classificação morfogenética que caracteriza cavernas vadosas (primárias e secundárias) e de nível freático.

Sobre a dinâmica de evolução, são apontados seqüencialmente os eventos mais marcantes, tipificando o desenvolvimento como direto ou cíclico.

Foram executados levantamentos bioespeleológicos nas grutas selecionadas para detalhe, segundo a metodologia proposta. Na amostragem, foram acrescentadas outras de interesse específico, selecionadas com base na superposição do mapa de vegetação de autoria do CETEC (1992) com o mapa de localização de cavidades, bem como nas informações contidas nas fichas de campo.

Foram realizadas coletas da fauna hipógea, relacionando informações sobre o tipo de substrato, distância até a entrada e proximidade às bases topográficas. Para o grupo dos morcegos, as observações foram indiretas, uma vez que os métodos de captura demandam um prolongado trabalho de campo; foram analisadas suas fezes (guano), que fornecem indicações sobre o hábito alimentar, possibilitando a classificação em insetívoros, frugívoros, onívoros ou hematófagos.

Para o meio externo, foi abordada a avifauna das proximidades das entradas das cavernas e também a fauna que, de alguma forma, utiliza os maciços calcários, seja como abrigo, seja para nidificação. Nesses casos, as observações foram do tipo:

- Direta: visualização e/ou zoofonia (principalmente para as aves);
- Indireta: análise de vestígios (fezes, pegadas, ossadas, odor);
- Entrevista com moradores locais, uma vez que a maioria dos mamíferos tem hábitos noturnos.

Levantamento Topográfico

Os mapas topográficos elaborados pelo Projeto basearam-se nas normas e convenções espeleométricas da Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE, com algumas adaptações às condições específicas do trabalho, sendo apresentados em tamanho A-4.

A topografia adotou o método de graduação B.C.R.A., que avalia duas variáveis de precisão:

A. Alinhamento Poligonal

Grau

1. Esboço de baixa precisão, onde não houve nenhuma medição.

2. Esboço intermediário, em precisão, entre os graus 1 e 3.

3. Levantamento magnético aproximado. Ângulos horizontais e verticais medidos com precisão de 2 graus e meio; distâncias com precisão de 0,5m; erro no posicionamento das bases menor que 0,5m.

4. Levantamento que não atinge os requisitos do grau 5, e mais preciso que o grau 3.

5. Levantamento magnético, onde os ângulos horizontais e verticais têm precisão de 1 grau; distâncias com precisão de 10cm; erro no posicionamento das bases menor que 10cm.

6. Levantamento magnético mais preciso que o grau 5.

X. Levantamento baseado principalmente no uso de teodolito.

B. Detalhamento dos Conduitos (Largura e Altura)

Grau

- Todos os detalhes baseados na memória.
- Detalhes das passagens estimados e anotados na caverna.
- Medidas de detalhes feitas apenas nas bases topográficas.
- Medidas de detalhes nas bases topográficas e onde necessário entre as bases para mos-

trar mudanças significativas na forma, tamanho e direção da passagem.

As cavidades selecionadas para a etapa de detalhamento foram sistematicamente topografadas segundo o grau 5D do método apresentado, entre elas, a Gruta Córrego do Capão.

Para definição da extensão das cavidades, é adotado o Método da Projeção Horizontal (extensão medida sobre a planta topografada) e o Princípio da Continuidade (as extensões dos segmentos de desenvolvimento são medidas segundo a somatória de eixos que se interceptam).

O desnível total designa a diferença entre a cota do ponto mais alto (topografado) da caverna e a do seu ponto mais baixo.

A legenda dos atributos e feições internas sofreu pequenas adequações e várias adições em relação à proposta pela SBE, em função de algumas restrições impostas pelas dimensões de apresentação dos mapas e de necessidades específicas de representação (Figura 4).

A principal adaptação às normas da SBE refere-se à representação de níveis de desenvolvimento que, em projeção horizontal, superpõem-se. Nos mapas topográficos, o traçado do contorno do nível e das feições representadas entre suas paredes é estendido a todos os pontos que possuam variação semelhante de cota, e não apenas àqueles que se superpõem em planta baixa. Assim, a representação advém do tratamento de cada nível como uma planta baixa individualizada por uma simbologia de contorno, interrelacionada a outros níveis em pontos-chave que representam a passagem de um nível ao outro.

O MUNICÍPIO DE CAPIM BRANCO

Rochas calcárias ocorrem em cerca de 10% do território do município; as do Membro Lagoa Santa (PSbls), mais susceptíveis à dissolução e, portanto, à formação de cavernas, estão restritas a aproximadamente 5% de sua área.

Em vista disso, é possível a existência de outras cavidades, especialmente ao longo das interfaces entre as duas seqüências carbonáticas – a

	Eixos de desenvolvimento principal		Contorno do teto na entrada
	Estação topográfica interna/externa		Represo de travertino
	Contorno de galeria topografada		Ninho de pérola
	Contorno de galeria não topografado e inexplorado		Cristais dente de cão
	Galeria inferior topografada		Cortina
	Galeria mais inferior topografada		Couve - flor
	Galeria superior topografada		Coralóides diversos
	Galeria entre blocos de rochas abatidos		Leite de Lua
	Clarabóia e chaminé		Helictite
	Buraco no piso		Flor de calcita ou aragonita
	Desnível abrupto		Escorrimento calcítico/cascata
	Curva de nível		Jangadas
	Curso d'água permanente		Vulcões
	Paleofluxo d'água		Cristais de gipsita
	Lago/Rio		Chão de estrelas
	Argila		Ossadas
	Guano		Material cerâmico
	Cascalho		Pinturas rupestres
	Areia		Escada
	Blocos de rocha tombados		Muro/rampa artificial
	Coluna de rocha		Chamada para seções
	Pilar de rocha (mesa)		Traço de fratura
	Estalagmite		Atitude de foliação da rocha
	Estalactite		Atitude de acamamento da rocha
	Coluna		Eixo de dobra
	Estalagmite/estalactite		Escavação ou lavra interna
	Capa estalagmítica suspensa (casca fina)		Conchas
			Contorno externo
			Falha de empurrão observada

Figura 4 – Simbologia Utilizada nos Mapas Topográficos do Projeto VIDA

exemplo da Gruta Córrego do Capão, ou ao longo de seu contato com as rochas do embasamento cristalino, como ocorre com a Gruta dos Irmãos Piriá, em Matozinhos. Entretanto, é pequeno o potencial espeleológico em termos quantitativo e qualitativo comparando-se aos municípios vizinhos a leste; isso se deve à menor espessura da cobertura calcária, especialmente no oeste da área, e à predominância das rochas menos solúveis do Membro Pedro Leopoldo (PSbpl).

De fato, a intensidade dos fenômenos de carstificação no município é revelada pela ocorrência restrita de feições superficiais típicas e, conseqüentemente, de feições subterrâneas.

A Figura 5 mostra a distribuição das áreas que têm alguma possibilidade de ocorrência de cavernas aflorantes no município (áreas viáveis) e a articulação das quadrículas UTM segundo o método do trabalho. Dentro delas, foram identificados dois sumidouros promissores, ao longo do curso dos córregos da Laje e Várzea do Açude (quadrículas B7, ortofoto 35-16-13 e A7, ortofoto 35-16-10).

A GRUTA CÓRREGO DO CAPÃO

A gruta é bastante peculiar quanto à forma de ocorrência e morfologia geral, uma vez que se desenvolveu na interface entre os metacalcarenitos Lagoa Santa e os metacalcissiltitos menos favoráveis à carstificação do Membro Pedro Leopoldo.

Situa-se em área urbana, embora com razoável área verde preservada em seu entorno. O acesso à sua entrada é muito fácil, bem como o caminhar em seu interior, mas necessita de autorização específica para visita. Junto à entrada, foram cultivados alguns canteiros de flores e instalado um poste de iluminação, compondo uma paisagem que tem estimulado a visita constante de populares, apesar da descaracterização do ambiente natural.

Foi cadastrada junto à Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE em agosto de 1993 pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM – Projeto VIDA, sob o número MG 720.

Gruta Córrego do Capão (Ressurgência)

UTM 7838030N 592890E
Latitude: 19°33'01,20"S
Longitude: 44°06'52,25"W
Altitude: 810m

Dados Topográficos

Graduação: BCRA 5D
Desenvolvimento (proj. hor.): 68m
Desnível: 4m
Autores: CPRM – CETEC – SEE/UFOP

Localização

Município: Capim Branco
Toponímia: Morro da Chácara
Local: Sumidouro na fazenda Capão e ressurgência nas proximidades da Indústria Têxtil Gabarito.

Feições Externas

Formas de relevo do Planalto Cárstico (CETEC, 1992). Situa-se na base de maciço envolvido por mata seca de afloramento calcário; é cortado por um curso d'água que desaparece num sifão em sua face noroeste e ressurgente a sudeste, onde está a entrada da gruta (Foto 1). Na ressurgência, o curso dispersa-se formando um terreno alagadiço circundado por vegetação ornamental e uma pequena área de cultivo. Há no local um poste de iluminação que é eventualmente ligado (duas a três vezes ao ano).

Feições Internas

Compreende dois níveis de desenvolvimento distintos por depósitos químicos secundários, mas geneticamente correlatos (Foto 2). O inferior, semi-retilíneo, é parcialmente ocupado por um curso d'água raso semimeandrante (profundidade menor que 50cm em época de chuvas); o piso é recoberto por sedimentos argilosos e arenosos, escuros, com alguns bancos de argila onde são encontrados pequenos seixos e fragmentos de ro-

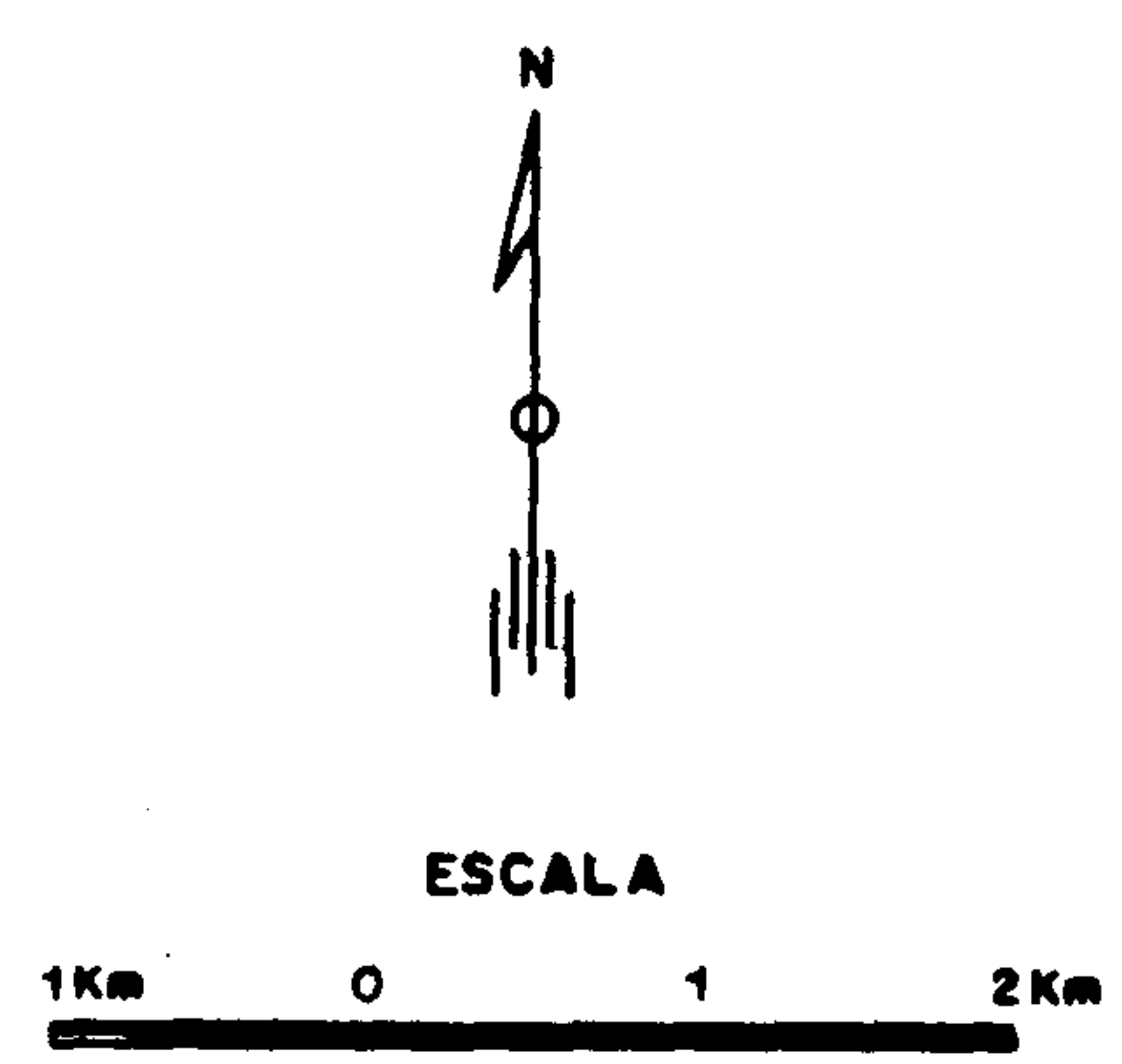
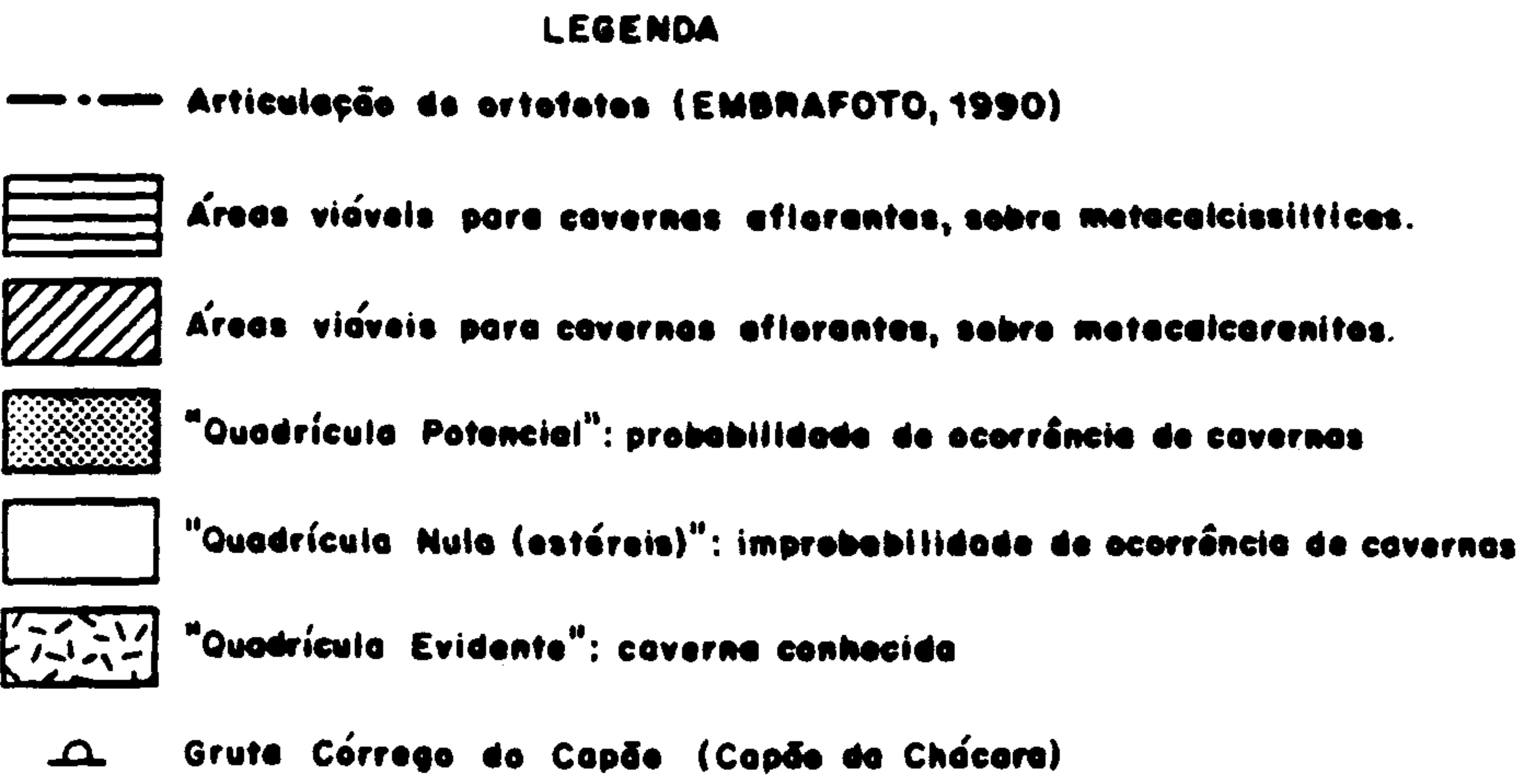
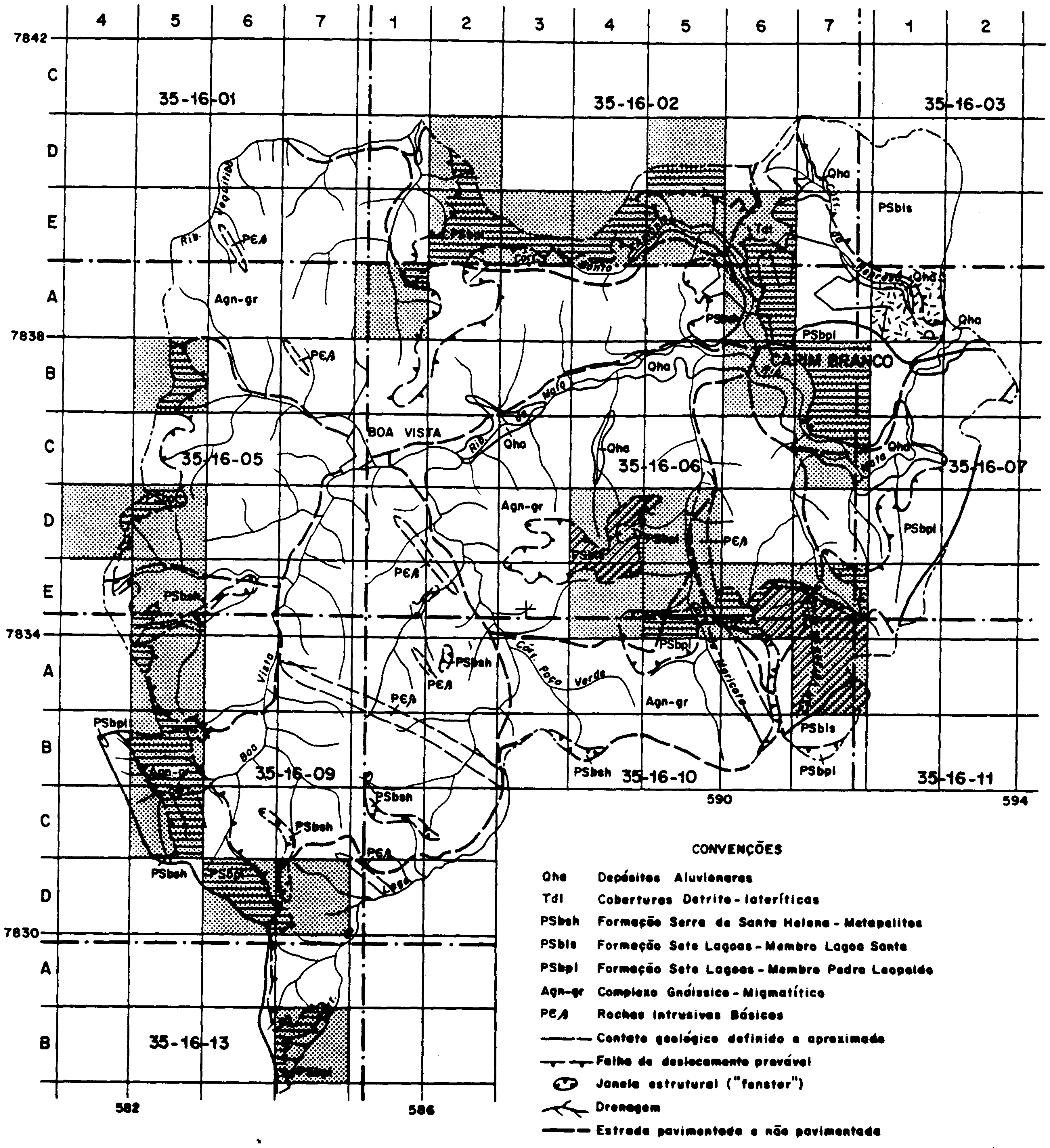


Figura 5 - Quadro Previsional: Distribuição das Áreas com Possibilidade de Existência de Cavernas Aflorantes no Município de Capim Branco

cha dispersos, inconsolidados. As paredes são parcialmente (localmente) cobertas por escorrimentos, cascatas calcínicas e coralóides do tipo couve-flor e leite-de-lua.

O nível superior, mais largo e retilíneo, corresponde ao antigo curso do rio, estando hoje em fase de preenchimento químico, com alta frequência de gotejamento; é densamente ornamentado por escorrimentos calcínicos que encobrem grande parte das paredes, por colunas, represas de travertino e coralóides em geral. O piso é encoberto por uma argila carbonática branca. Há guano em grande quantidade, já bastante ressecado; fezes recentes de morcegos hematófagos foram encontradas em pequena quantidade.

O teto da gruta é plano a localmente irregular, conformado pelo deslocamento de blocos de rocha. As paredes mostram saliências e algumas reentrâncias profundas horizontais que caracterizam pequenas bancadas.

O rio que surge em seu interior funciona como importador de matéria orgânica (troncos, galhos, folhas), que é em parte depositada nas margens, servindo de fonte alimentar a alguns componentes da fauna.

Espeleotemas

Há quantidade razoável de espeleotemas comuns na região; grandes escorrimentos calcínicos e cascatas partem do nível superior, onde se concentra a maioria dos espeleotemas, entre eles coralóides, represas de travertino, colunas, estalactites e estalagmites.

Vestígios

No final da gruta há pichações à tinta.

Feições Litostratigráficas e Estruturais

Província Espeleológica do Bambuí
Distrito do Alto e Médio São Francisco

Grupo Bambuí
Formação Sete Lagoas

Interface entre os membros Pedro Leopoldo e Lagoa Santa

Obs.: A maior parte da gruta está inserida no Membro Pedro Leopoldo, tectofácies Fidalgo.

Metacalcissiltito fino a médio bandado, intensamente deformado, com delgadas intercalações argilosas e níveis irregulares de quartzo. Mesodamentos recumbentes e invertidos, apertados, sobre foliação milonítica.

Os níveis superiores da gruta interceptam metacalcarenito intensamente deformado, finamente laminado.

Há pequena densidade de fraturamento, tendo sido medidas fraturas em atitudes: EW/30°S; EW/65°N; N30°W/85°SW; N20°-40°/50°NE; N40°W/85°NE; N45°E/40°SE; N20°E/89°NW. Grandes trechos da gruta são grosseiramente condicionados por algumas dessas fraturas (vide mapa topográfico), implicando paredes relativamente planas e contínuas. Alguns desvios e pequenas reentrâncias são também condicionados por fraturas menos expressivas.

Dados Hidrológicos

O curso que atravessa o maciço, conformando a gruta, é conhecido por córrego Capão da Represa, tributário do ribeirão da Mata. Surge em seu interior sob pressão, sob um escorrimento calcínico, formando um pequeno represamento natural.

Gênese e Evolução

Maciço de rocha calcária atravessado por curso d'água com direção de fluxo influenciada pela existência de fraturas no pacote rochoso. Há também dissolução a partir do bandamento tectônico da rocha:

1. Formação de um conduto único, medianamente meandrante.
2. Aprofundamento do conduto, abandono de alguns meandros superiores.
3. Preenchimento químico em meandros e reentrâncias superiores: coberturas calcínicas em pisos e escorrimentos que atingem o nível inferior.

• **Avifauna**

ORDEM	FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME VULGAR	TIPO DE OBS.	AMBIENTE
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	rolinha	Zoof.	MScA
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Aratinga</i> sp	periquito	Zoof.	Aéreo
Passeriformes	Furnariidae	<i>Synallaxis frontalis</i>	petrim	Zoof.	MScA
	Tyrannidae	<i>Megarhynchus pitangua</i>	nei-nei	Zoof.	Área urb.
		<i>Pitangus sulphuratus</i>	bem-te-vi	Vis.	Área urb.
		<i>Camptostoma obsoletum</i>	risadinha	Zoof.	MScA
	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	corruíra	Zoof.	Área urb.
	Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	pitiguari	Zoof.	Área urb.
Thraupidae	<i>Thraupis sayaca</i>	sanhaço-cinzento	Zoof. e Vis. (casal)	Área urb.	

Tabela 1 – Avifauna – Maciço da Gruta Córrego do Capão

Legenda:

Zoof. = zoofonia; Vis. = visualização; MScA = mata seca de afloramento calcário; Área urb. = área urbanizada

A lista segue a ordem e os nomes vulgares segundo Sick (1984).

Obs.: Tempo chuvoso no dia do levantamento.

• **Fauna Hipógea**

Filo Chordata: Classe Mammalia: Ordem Chiroptera: guano de morcegos hematófagos: pouca quantidade, no nível superior.

Filo Arthropoda: Classe Hexapoda: Subclasse Insecta: Ordem Ensifera: Phalangopsidae: *Endecous* sp: jovens e adultos. Ordem Lepidoptera: Tineidae: casulo. Classe Arachnida: Ordem Pseudoscorpionida: Chernetidae: em guano de morcego hematófago. Ordem Araneae: Loxoscelidae. *Loxosceles* sp. Theridiosomatidae: *Platospira* sp: ootecas por todo o conduto do rio, sendo mais raras no conduto superior. Pholcidae. Theridiidae: *Theridion rufipes*. Ordem Opiliones: Subordem Laniatores: Gonyleptidae, Mitobatinae.

Obs.: Não foram possíveis observações sobre a presença de peixes devido à turbidez do rio na data do levantamento.

Gruta Córrego do Capão são comuns, podendo ser encontradas em vários ambientes, sem restrições ecológicas. O reduzido número de aves detectado pode ser explicado por alguns fatores, tais como as condições do clima no dia do levantamento, a época do ano (a primavera é a estação mais apropriada) ou a área, que já possui grande influência antrópica.

Fauna Hipógea

Apresentou uma baixa diversidade quando comparada a outras cavernas amostradas. Apesar disso, possui indivíduos pouco frequentes na área-teste, como o pseudoescorpião da família Chernetidae, a aranha da família Theridiidae e o opilião da família Gonyleptidae, embora sejam considerados comuns em termos de fauna cavernícola brasileira.

Comentários sobre Fauna

Avifauna

As espécies observadas nas proximidades da

Data do Levantamento

O levantamento a que se refere o presente estudo foi efetivado em 26 de janeiro de 1992.

Informações Adicionais

A reportagem *Uma caverna que pede para existir* (*Estado de Minas*, 19.09.1989) comenta a possível existência de uma entrada nas proximidades do sumidouro do córrego Capão da Represa, na face noroeste do morro da Chácara, que daria acesso a "sete salões de grande beleza". A existência dos salões não pôde ser confirmada de-

vido à impossibilidade de acesso pela entrada, na época "entulhada por enormes carretéis da indústria têxtil". Apesar de não-averiguada tal informação, é provável que a gruta estenda-se, de fato, por mais de cerca de 1.500m (em reta) na direção noroeste, como resultado da ação do mesmo córrego que conformou o trecho da gruta atualmente acessível. Em seu interior, o curso surge por sob um depósito químico secundário, reforçando a hipótese de sua continuidade física primária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEATO, D.; BERBERT, M.; DANDERFER, A.; PESSOA, P. *Avaliação preliminar do carste de Sete Lagoas – Lagoa Santa e riscos ao meio ambiente antrópico*. Projeto VIDA. Anais do II Simpósio Ambiental e Qualidade de Vida na RMBH, p. 56-59. Belo Horizonte. 1992.
- BORROR, D. J. & DELONG, D. M. *Introdução ao estudo dos insetos*. São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, USP. Vols. I e II. 1969.
- CCEPE-SBE – Comissão de Cadastro, Espeleometria e Províncias Espeleológicas, Atualização: *Cadastro Nacional de Cavernas Naturais – Índice de Dados sobre as Cavernas do Brasil*. Sociedade Brasileira de Espeleologia. Publicação Interna. São Paulo. 1994.
- CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. *Estudos ambientais na região de Sete Lagoas – Lagoa Santa (MG) – Projeto VIDA (CPRM): Caracterização geomorfológica – Relatório Interno*. Belo Horizonte. 1992.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. *Projeto VIDA – Viabilidade industrial e defesa ambiental*. SUREG/BH. Inédito. Belo Horizonte. 1990.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. *Mapeamento geológico da região de Sete Lagoas – Lagoa Santa, escala 1:50.000*. Projeto VIDA. SUREG/BH. Inédito. Belo Horizonte. 1991.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. *Programa de levantamentos espeleológicos do Projeto VIDA*. SUREG/BH. Inédito. Belo Horizonte. 1992.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. *Sistema de informações geológicas do Brasil – Guia do usuário*. Versão preliminar. Inédito. SUREG/BH. Belo Horizonte. 1992.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. *Inventário de cavidades naturais – Região de Matozinhos – Mocambo (MG)*. Vol. I. Versão preliminar. SUREG/BH. Belo Horizonte. 1993.
- KARMANN, I. & SPINCHEZ, L. E. *Distribuição de rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil*. *Espeleotema*, 13: 105-67. Soc. Bras. de Espeleologia – SBE. São Paulo. 1979.
- KARMANN, I. & SPINCHEZ, L. E. *Speleological provinces in Brazil*. Congresso Internacional de Espeleologia, 9. Barcelona. Comunicaciones. V. 1. p. 151-3. Barcelona. 1986.
- PINHEIRO, R. V. L. *Nova proposta para classificação de províncias espeleológicas*. I Congresso de Espeleologia da América Latina e do Caribe. Anais. p. 220-222. Belo Horizonte. 1988.
- SICK, H. *Ornitologia brasileira, uma introdução*. 3ª ed. Editora Universidade de Brasília. 1984.
- TRAJANO, E. *Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar*. *Rev. Bras. Zool.* V.3. n.8. p.533.61. 1987.
- TRAJANO, E. *Nota sobre os cavernícolas da província espeleológica do Bambuí*. *Espeleotema*. V. 16. p. 95-101. Soc. Bras. de Espeleologia – SBE. São Paulo. 1992.

ANEXOS

Anexo: Documentação Fotográfica



Foto 1 – Visão Interna da Entrada da Gruta Córrego do Capão –
Ressurgência do córrego Capão da Represa



Foto 2 – Gruta Córrego do Capão –
Nível superior encoberto por depósitos calcínicos e nível inferior ocupado
pelo córrego Capão da Represa

DECLIVIDADE

Geólogo Fernando Antonio Rodrigues de Oliveira

INTRODUÇÃO

O Mapa de Declividade de Capim Branco é um instrumento de grande importância para o planejamento das várias formas de uso e ocupação do solo em atividades essenciais como agricultura, parcelamento da terra (loteamentos), avaliação do risco de erosão, avaliação das vocações e potencialidades das diversas áreas, entre muitas outras.

Ao mesmo tempo, esse mapa constitui-se em um instrumento para o diagnóstico da atual forma de ocupação, permitindo uma visão global dos possíveis problemas que as administrações poderão encontrar no caso de sua inadequação.

Sendo considerado um parâmetro fundamental para o planejamento, o seu cruzamento com outros parâmetros e atributos do meio ambiente permite derivar análises de maior alcance, cuja utilidade é preponderante tanto nos estudos mais complexos e técnicos, quando da criação de restrições legais a determinados tipos de ocupação do solo, como para uma avaliação preliminar e imediata visando ao aproveitamento racional de certas áreas.

O município de Capim Branco já apresenta algumas áreas em processo de degradação em função da não-observância às restrições naturais à ocupação de terras, impostas por suas características de relevo. Esse mapa, dentro de suas limitações, deverá permitir o melhor direcionamento de estudos mais específicos sobre esse aspecto do meio físico, visando a suportar ações corretivas e preventivas.

O QUE É DECLIVIDADE

A declividade é definida de forma diferente por diversos autores. De um modo geral, pode-se dizer que a declividade entre dois pontos do terreno é medida pela inclinação da reta que os une, medida em relação à horizontal. A declividade é então a maior inclinação do relevo em relação ao horizonte, expressa pela seguinte relação:

$$\text{declividade (\%)} = \frac{\text{diferença de nível}}{\text{distância horizontal}} \times 100$$

No caso em apreço, foi medida a declividade na direção de sua maior variação denominada gradiente máximo. É nessa direção que fluiria um líquido, se lançado sobre o terreno. É a direção de escoamento natural da água superficial. O ponto A, como exemplo, tem uma altitude de 778,5m; o ponto B situado adiante está a uma altitude de 763,3m e a distância horizontal entre eles é de 28,0m. Utilizando-se a expressão anterior, teremos então:

$$\text{declividade (\%)} = \frac{(778,5 - 763,3)}{28,0} \cdot 100 = 54,2\%$$

que equivale a um ângulo aproximado de 28°.

METODOLOGIA

O Mapa de Declividade, em anexo, foi confeccionado utilizando-se o mapa planialtimétrico em escala 1:50.000, folha Pedro Leopoldo (SE-23-Z-C-V-2), com curvas de nível equidistantes de 20 em 20m (IBGE/SECPLAN/IGA), que contém todo o município de Capim Branco.

Para as medidas de declividade, utilizou-se o método dos intervalos móveis, como descrito por Nascimento (1990), que se baseia na medida da separação entre curvas de nível através de uma régua ou ábaco que corre paralelamente a elas. Fixadas as sete classes de declividades, construiu-se um ábaco em papel transparente que, superposto ao mapa topográfico, é manualmente ajustado de forma a coincidir um dos padrões-limite com duas curvas de nível consecutivas. Esse limite é traçado no mapa na forma de um segmento de reta, que vai delimitando, passo a passo, juntamente com as curvas de nível selecionadas, as áreas de mesmo intervalo de declividade.

Para que se sobressaíssem na carta clinográfica (Nascimento, *op.cit.*), coloriram-se as referidas classes, determinando-se uma cor para cada uma. Além disso, foi criada uma codificação atra-

vés de letras para a identificação de cada área homogênea no mapa. Esse procedimento facilita enormemente a utilização em trabalhos que exijam a correlação com outros temas.

Após a confecção do mapa, as feições mais significativas foram verificadas através da observação estereoscópica das fotografias aéreas, escala 1:30.000 (EMBRAFOTO, 1989), corrigindo-se o limite de algumas áreas cujo aspecto não correspondia à declividade medida no mapa topográfico. Não foram feitas medidas de campo ou aplicados métodos quantitativos na interpretação fotográfica.

LIMITAÇÕES À UTILIZAÇÃO DA CARTA CLINOMÉTRICA

A representação do relevo através de curvas de nível descreve, no mapa topográfico, a superfície do terreno de maneira compatível com a escala, sendo, portanto, um modelo do relevo que reflete de modo aproximado a sua forma. A simplificação da forma limita a precisão do mapa planialtimétrico, coincidindo com o limite com que uma feição é representada no mapa. Ao tomarmos uma vertente convexa por exemplo, conhecida com detalhe através de medidas de campo, podemos ter declividades de ângulos entre 0° e 90°, que poderão estar representadas no Mapa de Declividade por uma declividade média de 45° num caso extremo. Na prática, a simplificação do relevo reflete-se no mapa dele derivado.

Os divisores de águas e fundos de vale são particularmente distorcidos nessa representação, em função de estarem associados em geral a inflexões geralmente mais pronunciadas na superfície real do terreno, que são maldescritas pelas razões já apresentadas, não correspondendo bem a forma às verdadeiras declividades.

A superação dessas deficiências, de modo a não amplificar os erros do mapa topográfico, exige que o operador faça uma leitura consciente do mapa, interpretando o relevo ao medir as declividades. Deve-se ressaltar que o Mapa de Declividade tem caráter de superfície ou areal, ou seja, as áreas delimitadas são como facetas planas

cujas maior aplicação é em atividades areais, como agricultura.

Dessa forma, recomenda-se que a utilização do mapa seja preferencialmente orientativa, evitando-se o seu uso de forma pontual, aconselhando-se, nesse caso específico, que se obtenham dados mais detalhados através de mapas de escalas maiores ou mesmo pelo levantamento de campo para a execução de obras.

A CLASSIFICAÇÃO DAS DECLIVIDADES

As declividades apresentadas no terreno foram agrupadas em classes ou faixas para a sua representação na carta clinométrica.

Há uma grande quantidade de classificações que depende principalmente do tipo de uso previsto para uma região. Basicamente, a utilidade de uma classificação de declividade é obter um parcelamento do terreno para a definição do uso a ser ali desenvolvido e a avaliação do impacto que tal atividade pode causar.

Para diferentes atividades e tipos de relevo haverá classificações diferenciadas. Visando a servir a diferentes usuários, optou-se pelo estabelecimento de sete classes, com a finalidade de se permitir o aproveitamento da carta por diferentes usuários. As faixas escolhidas são as seguintes:

CLASSE	DECLIVIDADE (%)	INCLINAÇÃO (GRAUS)
A	0-3	0°00' - 1°43'
B	3-5	1°43' - 2°51'
C	5-10	2°51' - 5°42'
D	10-15	5°42' - 8°53'
E	15-20	8°53' - 11°30'
F	20-45	11°30' - 24°13'
G	> 45	> 24°13'

Esses valores estão próximos dos valores recomendados por Zuquette (1987) e satisfazem de modo geral às diversas finalidades da carta.

Para algumas finalidades específicas, as declividades assim apresentadas podem também ser reagrupadas facilmente em um mapa derivado, obtido com a superposição de papel-vegetal ou similar transparente sobre a carta original.

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS E GEOLÓGICOS

O município constitui parte do macrocompartimento do relevo denominado Planalto Dissecado do Ribeirão da Mata (CETEC, 1992), ao qual pertencem as feições fisiográficas que aí se distinguem: o vale do ribeirão da Mata, onde se apresentam as planícies aluvionares mais expressivas e encostas suavizadas, e as cabeceiras dos córregos Boa Vista, Inhame, Goiabeira e Redondo, assentadas sobre as encostas das maiores elevações locais que atingem altitudes de quase 1.000m já nos seus limites com o município de Sete Lagoas, a oeste. Destacam-se também os vales dos córregos da Maricota e da Várzea do Açude, ao sul.

De acordo com o CETEC (*op. cit.*), o relevo está evoluindo nessa área através do entalhamento proporcionado pelos cursos d'água, criando assim as denominadas formas de dissecação fluvial. Nesse local, a ação erosiva do ribeirão da Mata e seus afluentes se dá sobre as rochas do embasamento pré-cambriano que originaram um modelo de colinas com vertentes predominantemente convexas.

O vale do ribeirão da Mata é assimétrico, com a sua margem direita mais suavizada que sua margem esquerda, principalmente na parte média de seu curso, que se apresenta retilínea (direção N60°E), sugerindo condicionamento geológico estrutural e justificando a ocorrência de declividades acima de 45% apenas na margem esquerda pela presença de estruturas planares mergulhando para norte-noroeste. Na margem direita correspondente não ocorrem declividades tão elevadas.

O levantamento geomorfológico (CETEC, 1992), comparado ao levantamento de declividades, constata que nas feições de dissecação flu-

vial predominam as declividades F e G (e E subordinadamente) onde ocorrem as geoformas cx (colinas de topos arredondados com vertentes predominantemente convexas) e também, mas em menor grau, nas geoformas x e y (predominância de vertentes convexas e côncavas).

As superfícies de aplainamento, representadas pela superfície ondulada 2 (SO₂) de relevo mais suave, apresentam declividades predominantemente C e D (e subordinadamente E e B). As aluviões e terraços se enquadram nas classes A e B.

Uma outra abordagem foi utilizada visando a avaliar a distribuição das classes de declividade em função do atributo *amplitude de relevo* determinado pela diferença de altitude entre os topos dos divisores de águas e os seus fundos de vales adjacentes correspondentes. Atributo esse que se correlaciona à energia dos processos erosivos e à magnitude das próprias geoformas. Essa metodologia é apresentada em Larach (1981) e também em IPT (1990), e se apóia fundamentalmente no cruzamento desses atributos (declividade e amplitude) na definição de fases ou padrões de relevo. Segundo Larach (*op. cit.*) e com pequena adaptação, as várias fases estão de acordo com as seguintes classes de relevo:

- Plano: superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades compreendidas entre 0 e 3% (A);
- Suave ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, formada por conjunto de colinas e outeiros (elevações de altitudes relativas da ordem de 50 e 100m, respectivamente), com declives entre 3 e 10% (B+C);
- Ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, formada por conjunto de colinas e outeiros, apresentando declives entre 10 e 20% (D+E);
- Forte ondulado: superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e morros (elevações de altitudes relativas de 100 e 200m, respectivamente), com declives compreendidos entre 20 e 45% (F);

- Montanhoso: superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos grandes e declives superiores a 45% (G);
- Escarpado: regiões ou áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo escarpamentos tais como: aparados, itambés, frentes de cuestras, falésias, vertentes de declives muito fortes de vales encaixados etc.

No caso em apreço, tomou-se apenas a amplitude de 100m como divisor das classes de relevo e agruparam-se as classes de declividade confeccionando-se o Mapa de Distribuição de Fases de Relevo (Figura 1), que apresenta o resultado dessa classificação mostrando em caráter aproximado os limites de áreas de domínio de uma ou outra fase, de acordo com a seguinte descrição:

Zona 1 – Ocorre principalmente a sul, leste e sudeste. Apresenta declividades variando de 10 a maior que 45% (D+E+F+G), com amplitudes de relevo superiores a 100m, predominantemente ondulado, com áreas de forte ondulado e de escarpado. Corresponde a aproximadamente 42% (40km²) da área total do município.

Zona 2 – Ocorre principalmente ao norte, na forma de áreas isoladas com declividades superiores a 45%. Corresponde à fase escarpada abaixo de 100m de amplitude. Ocupa cerca de 4% (3,6km²) da área total do município.

Zona 3 – Ocorre bordejando a zona 1, como uma zona de transição com áreas progressivamente mais arrasadas em direção aos vales principais. Apresenta declividades variando de 10 a 45% e está abaixo da faixa de amplitude de 100m, estando, na sua maior parte, abaixo de 80m. Predomina a fase ondulado. Corresponde a aproximadamente 40% (38km²) da área total do município.

Zona 4 – Ocorre ao longo dos maiores vales e a nordeste. Corresponde às áreas de declividade de 0 a 10%, com predominância de valores inferiores a 3%. Classifica-se como relevo plano a suave ondulado. Ocupa aproximadamente 12% (12km²) da área total do município.

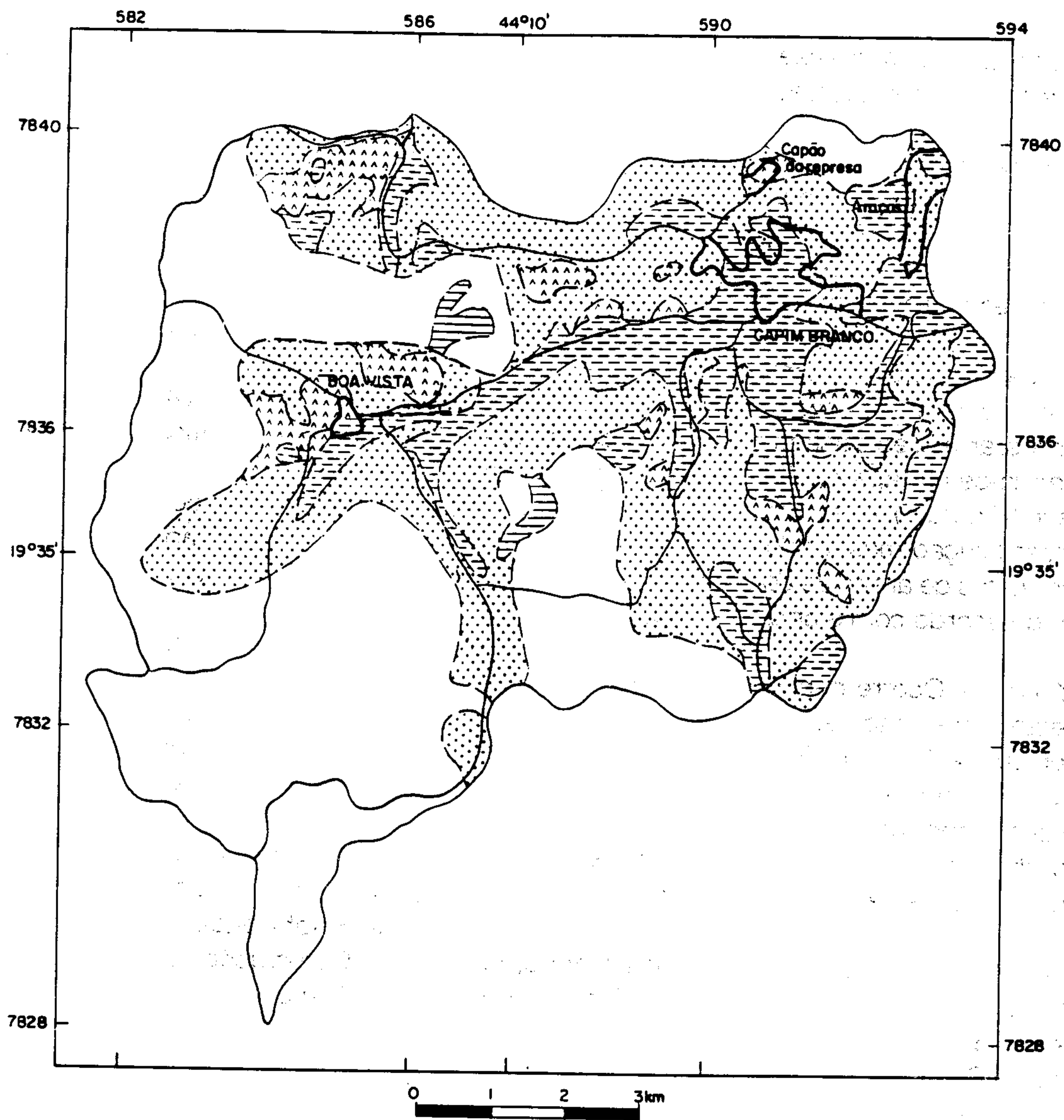
Zona 5 – Corresponde às áreas com declividades inferiores a 10%, mas com amplitudes superiores a 100m. Classifica-se como plano a suave ondulado. Perfaz em torno de 1% da área total do município.

UTILIZAÇÃO DO MAPA DE DECLIVIDADE

O Mapa de Declividade, também chamado de Carta Clinométrica, tem entre outras aplicações a possibilidade de avaliação de características, ou finalidades específicas, tais como:

- Intensidade de escoamento superficial;
- Susceptibilidade à erosão do solo;
- Aptidão para a implantação de agricultura mecanizada;
- Implantação de áreas de lazer;
- Uso urbano geral;
- Localização de depósitos de rejeito e lixo;
- Planos de irrigação;
- Planos de loteamento;
- Localização de estradas;
- Sistemas de saneamento;
- Escavabilidade;
- Estabilidade de taludes;
- Construção de aeroportos;
- Planejamento urbano e territorial.

Em geral, tais aplicações são dimensionadas através da seleção de limites máximos e mínimos de declividade definidos tecnicamente para cada atividade. Por exemplo, Crofts (em Zuquette, 1987) define como 5% o limite para utilização de maquinaria agrícola de plantio e colheita. Alguns limites se transformam em restrições legais, como por exemplo a Lei Federal nº 4.771, de 15.09.1965, do Código Florestal, que recomenda o limite de 45% para separar diferentes formas de utilização com cultivos ou pastagem de cobertura florestal; entre 45 e 100%, para exploração florestal seletiva e, acima de 100%, florestas intocáveis (artigos 10º e 2º, respectivamente). Alguns limites são considerados críticos dada a impossibilidade técnica de ultrapassá-los. Outros são definidos por aspectos econômicos, pois soluções de engenharia sempre podem superá-los apesar de mais onerosas.



ZONA	FASE DE RELEVO
	Predominantemente ondulado com áreas de forte ondulado e escarpado
	Escarpado
	Ondulado
	Plano a suave ondulado
	Plano a suave ondulado acima de 100 metros de amplitude

LEGENDA



Figura 1 – Distribuição de Fases de Relevo no Município de Capim Branco – MG

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CETEC/CPRM. *Estudos ambientais da região cárstica de Lagoa Santa – Sete Lagoas (MG). Caracterização Geomorfológica. Relatório Inédito. 1992.*
- EMBRAFOTO. *Levantamento aerofotogramétrico (1:30.000). Voo EBA 03/89. Belo Horizonte, 1989.*
- IPT. *Guia de utilização da carta de aptidão física ao assentamento urbano (1:50.000). São Paulo, 1990.*
- LARACH, J. O. I. *Bases para a leitura de mapas de solos. Série Miscelânea, 4. EMBRAPA/SNLCS. Rio de Janeiro, 1981.*
- NASCIMENTO, M. V. *Carta clinográfica ou declives – confecção e utilização. Geografia & Ensino. Nº 10. Ano 3. Belo Horizonte, 1990.*
- TULLER, M. P. & RIBEIRO, J. H. *Mapa geológico da área – Folha Pedro Leopoldo (1:50.000). Inédito. 1992.*
- ZUQUETTE, L. V. *Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras. Tese de Doutorado. São Carlos, 1987.*

Faint, illegible text on the left side of the page, possibly bleed-through from the reverse side.

Administrative header or contact information on the right side of the page, including what appears to be a telephone number and other organizational details.

Anexo: Documentação Fotográfica



Foto 1 – Resultado da abertura de loteamento em área de declividade elevada. As ruas estão destruídas. Rodovia 040 do Município de Capim Branco



Foto 2 – Área plana com colinas onduladas, com declividade suave ao fundo, adequada para a agricultura mecanizada. Várzea do Ribeirão da Mata – Boa Vista

PUBLICAÇÕES DA CPRM

Programa de Informações para Gestão Territorial - GATE

SÉRIE CARTAS TEMÁTICAS

Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte

- Vol.1 - Caracterização geomorfológica - Região Sete Lagoas-Lagoa Santa - MG
- Vol.2 - Caracterização Pedológica - Região Sete Lagoas - Lagoa Santa - MG
- Vol.3 - Uso da terra e caracterização da cobertura vegetal - Região Sete Lagoas - Lagoa Santa - MG
- Vol.4 - Dinâmica do processo erosivo - Região de Sete Lagoas - Lagoa Santa - MG

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol.1 - Geomorfológica da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994
- Vol.2 - Pedologia da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994
- Vol.3 - Geologia do Município de Paraobé - RS. 1994
- Vol.4 - Geomorfologia do Município de Paraobé - RS. 1994
- Vol.5 - Pedologia do Município de Paraobé - RS. 1994
- Vol.6 - Cobertura Vegetal do Município de Paraobé - RS. 1994
- Vol.7 - Geologia do Município de Estância Velha - RS. 1994
- Vol.8 - Geomorfológica do Município de Estância Velha - RS. 1994
- Vol.9 - Cobertura Vegetal do Município de Estância Velha - Rs. 1994
- Vol.10 - Formação Superficiais do Município de Estância Velha - RS. 1994
- Vol.11 - Pedologia do Município de Estância Velha - RS. 1994

Superintendência Regional da CPRM do Recife

- Vol.1 - Levantamento gravimétrico da Área Sedimentar da Região Metropolitana do Recife - PE. 1994

SÉRIE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol.1 - Caracterização da Pluma Poluidora gerada pelo Depósito Municipal de Lixo de Estância Velha - RS. 1994
- Vol.2 - Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo da Zona Norte de Porto Alegre - RS. 1994
- Vol.3 - Fontes de Poluição e Degradação Ambiental do Município de Estância Velha - RS.
- Vol.4 - Catástrofe de Igrejinha - RS. 1994

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol.1 - Diagnóstico Setorial da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS. 1994
- Vol.2 - Cobertura Vegetal e Ocupação Atual do Solo da Área de Influência da Barragem Olaria Velha e da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994
- Vol.3 - Suscetibilidade à Erosão da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994
- Vol.4 - Adequação do Uso Agrícola do Solo da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994
- Vol.5 - Isodeclividade da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994
- Vol.6 - Áreas de Inundação, Alagamento e banhados da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS. 1994
- Vol.7 - Isodeclividade do Município de Paraobé - RS. 1994
- Vol.8 - Suscetibilidade à Erosão do Município de Paraobé - RS. 1994
- Vol.9 - Áreas com Restrição à Mineração do Município de Paraobé - RS. 1994
- Vol.10 - Áreas com Maior Favorabilidade à Mineração e Menor Risco Ambiental do Município de Paraobé - RS. 1994
- Vol.11 - Isodeclividade do Município de Estância Velha - RS. 1994
- Vol.12 - Suscetibilidade à Erosão do Município de Estância Velha - RS. 1994
- Vol.13 - Uso e Ocupação do Solo do Município de Estância Velha - RS. 1994
- Vol.14 - Áreas de Proteção do Município de Estância Velha - RS. 1994
- Vol.15 - Áreas Críticas e com Restrições à Ocupação do Município de Estância Velha - RS. 1994
- Vol.16 - Adequação do Uso Agrícola do Solo Rural do Município de Estância Velha - RS. 1994
- Vol.17 - Uso Recomendado do Solo do Município de Estância Velha - RS. 1994
- Vol.18 - Diagnóstico Preliminar dos Aspectos Ambientais do Litoral Norte do Rio Grande do Sul - RS. 1994

Superintendência Regional da CPRM do Recife

- Vol.1 - Metodologia para Estudos Neotectônicos Regionais. Caso João Câmara - RN. 1994

Superintendência Regional da CPRM de Salvador

- Vol.1 - Parque Nacional da Chapada Diamantina - BA. Informações Básicas do Meio Físico - Ba. 1994
- Vol.2 - Área de Proteção Ambiental de Mangue Seco. Plano Manejo - BA. 1994

Superintendência Regional da CPRM de São Paulo

- Vol.1 - Áreas Naturais sob Proteção - Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994
- Vol.2 - Cartas Temáticas de Planejamento da Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994

SÉRIE PUBLICAÇÕES ESPECIAIS

Superintendência Regional da CPRM de Recife

- Vol.1 - Turismo Geocientífico: Uma Viagem no Tempo - RE. 1994

Vol.5 - Catástrofe de Nova Hartz - RS. 1994

Vol.6 - Avaliação geofísica da Pluma Poluidora Gerada por um Depósito de Lobo de Curtume - Estância Velha - RS. 1994

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol.1 - Os Aterros Sanitários e a Poluição das Águas Subterrâneas - Região Metropolitana Recife - PE. 1994

Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte

Vol.1 - Espeleologia, Inventário de Cavidades Naturais, Região de Matozinhos, Mocambo - MG. 1994

SÉRIE DOCUMENTAÇÃO

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol.1 - Documentação Básica do Município de Estância Velha - RS. 1994

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol.1 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana do Recife - PE 1994

Superintendência Regional da CPRM de São Paulo

Vol.1 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana de Curitiba - PR 1994

Vol.2 - Subsídio para caracterização do Meio Físico - Informações Básicas. 1994

Residência de Fortaleza

Vol.1 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana de Fortaleza

Vol.2 - Índice de Informações Cartográficas - Região Costeira do Ceará - CE. 1994

SÉRIE ORDENAMENTO TERRITORIAL

Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte

Vol.1 - Socioeconomia, Zoneamento Geomorfológico, Geologia, Uso da Terra e Cobertura Vegetal, Caracterização dos Solos e Avaliação da Capacidade de Uso das Terras do Município de Capim Branco. MG - 1994.

Vol.2 - Hidrologia (Uso das Águas Subterrâneas), Hidrogeologia (Favorabilidade à Exploração de Água Subterrânea), Geotecnia (Zoneamento Geotécnico), Espeleologia e Declividade do Município de Capim Branco. MG - 1994.

Vol.3 - Cartografia Geotécnica de Planejamento - Região de Sete Lagoas - Lagoa Santa

Vol.4 - Mapeamento geológico da cidade de Sete Lagoas com vista à aplicação no Planejamento Urbano.

SÉRIE RECURSOS HÍDRICOS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol.1 - Potencial Hidrogeológico do Município de Estância Velha - RS. 1994
- Vol.2 - Monitoramento Hídrico da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994
- Vol.3 - Potencial Hídrico Subterrâneo do Município de Nova Hartz - RS. 1994
- Vol.4 - Avaliação Geofísica das Águas Subterrâneas - LINORS - RS. 1994
- Vol.5 - Mapa de Qualidade de Águas Superficiais do Município de Criciúma - SC. 1994

Superintendência Regional das CPRM de Recife

- Vol.1 - Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife - PE. 1994

SÉRIE RECURSOS MINERAIS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol.1 - Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Paraobé - RS. 1994
- Vol.2 - Áreas Mineradas para Carvão - Município de Criciúma - SC. 1994
- Vol.3 - Potencial para Não Metálicos do Município de Criciúma - SC. 1994

Superintendência Regional da CPRM de Recife

- Vol.1 - Insumos Minerais no Sertão do Paéu: Calcários e Mármore - PE. 1994
- Vol.2 - A Mineração na Região Metropolitana do Recife - PE. 1994
- Vol.3 - A Atividade Extrativa Mineral em Jaboatão dos Guararapes - PE. 1994

Residência da CPRM de Fortaleza

- Vol.1 - Potencial Mineral de Não Metálicos da Região Metropolitana de Fortaleza - CE. 1994

Mapa Hidrogeológico - Favorabilidade à Exploração de Água Subterrânea

1994

LEGENDA

DOMÍNIO I - Constituído por rochas granito-gnáissicas, encobertas ou não por manto de intemperismo, conformando aquíferos fissurados com potencialidade vinculada a fendas e fissuras pouco abertas.

- 0** **Favorabilidade Muito Baixa.** Zonas não fraturadas, com drenagem superficial difusa, impróprias para captação de água subterrânea.
- 1** **Favorabilidade Baixa.** Zonas com densidade de drenagem elevada. Manto de intemperismo de espessura variável e densidade média de fraturas pouco intersectadas e descontínuas. Indicadas para exploração por poços escavados para vazões de até 1,0m³/h, ou poços tubulares de até 80m de profundidade e vazões menores que 5,0m³/h.
- 2** **Favorabilidade Média a Alta.** Zonas com densidade média de fraturamento, drenagem ausente e manto de intemperismo pouco espesso. Indicadas para captação através de poços de até 100m metros de profundidade para vazões maiores que 5,0m³/h.

DOMÍNIO II - Constituído por calcários fraturados com espessura de até 100 metros, localmente encobertos por manto de intemperismo. Muito heterogêneo e anisotrópico. Elevada condutividade hidráulica (K) via condutos de dissolução.

- 2** **Favorabilidade Média a Alta.** Zonas pouco fraturadas e encobertas por espesso manto de intemperismo. Indicadas para captação através de poços de até 100m de profundidade para vazões entre 10 e 40m³/h.
- 3** **Favorabilidade Alta.** Zonas muito fraturadas, indicadas por continuidade de feições cársticas alinhadas. Elevada condutividade hidráulica (K). Captação através de poços com até 80 m de profundidade para vazões entre 40 e 100m³/h.

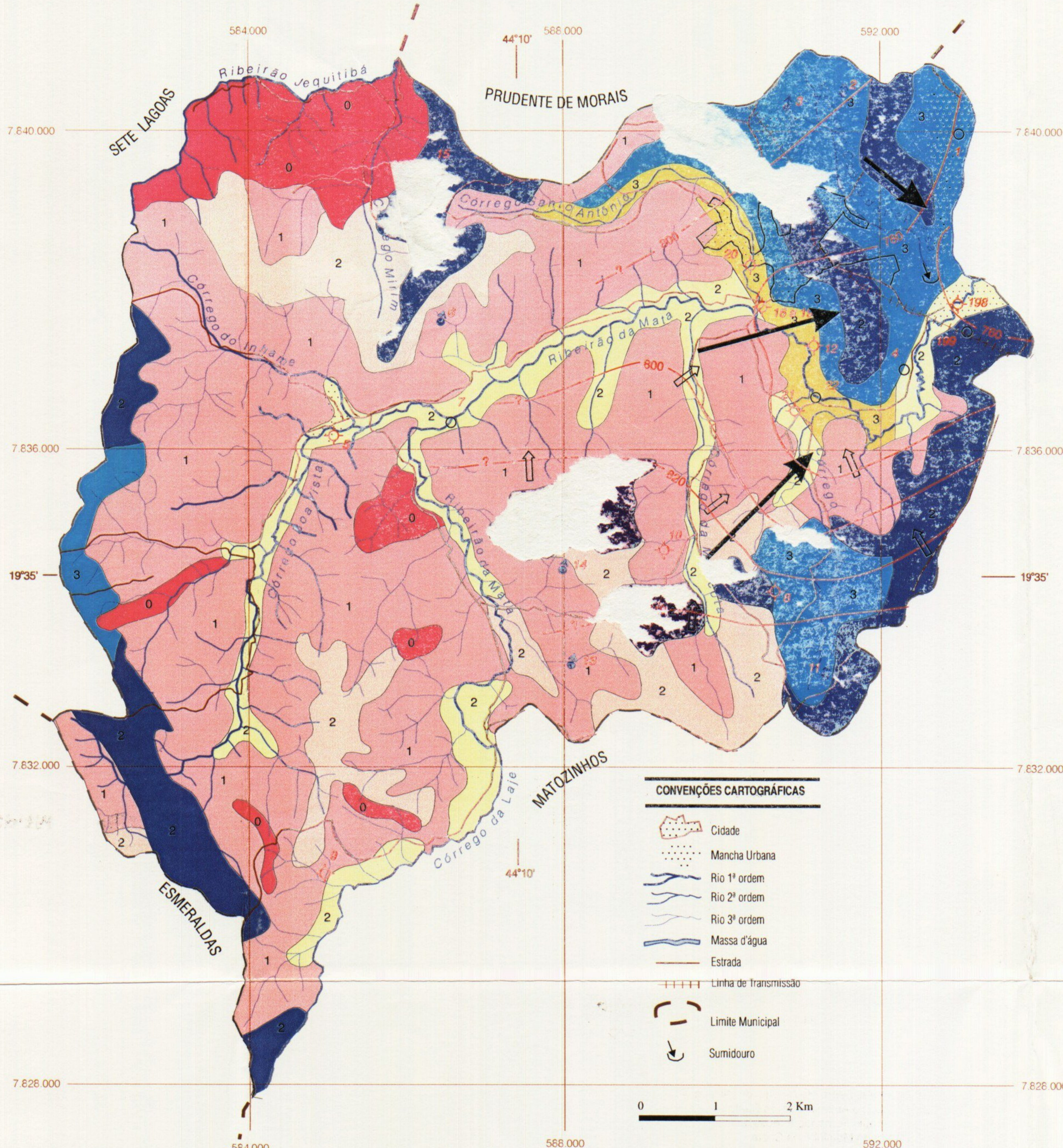
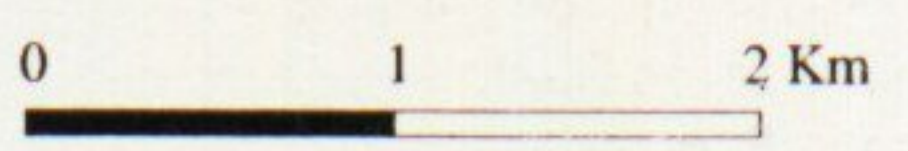
DOMÍNIO III - Constituído por frações areno-argilosas em terraços de antigas planícies de inundação e nas aluviões recentes das calhas dos rios, com espessura média de 10m. Isotrópico e muito permeável.

- 2** **Favorabilidade Média a Alta.** Zonas com declividades menores que 20%. Indicadas para poços escavados para vazões de até 1,5m³/h em lençóis freáticos muito rasos, ou captação profunda, entre 40 e 80 m, para vazões de até 10m³/h nos aquíferos cristalinos do Domínio I.
- 3** **Favorabilidade Alta.** Zonas com declividades baixas, menores do que 10%. Indicadas para exploração por poços escavados de grande diâmetro, com vazões de até 5,0m³/h, ou através de poços profundos, entre 50 e 80 m, para vazões superiores a 40m³/h, nos calcários do Domínio II, e até 15m³/h nos aquíferos cristalinos do Domínio I.

- Nascente
- Poço escavado
- Poço tubular
- Número do poço
- Curvas equipotenciais
- Direção de fluxo subterrâneo regional
- Direção de fluxo subterrâneo local

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Cidade
- Mancha Urbana
- Rio 1º ordem
- Rio 2º ordem
- Rio 3º ordem
- Massa d'água
- Estrada
- Linha de transmissão
- Limite Municipal
- Sumidouro

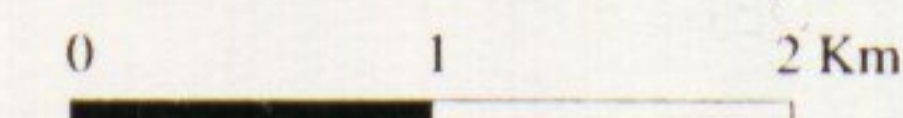


Coordenação Geral: Fernando Antônio de Oliveira
Hidrogeologia: Décio Antônio Chaves Beato
Paulo Fernando P. Pessoa
Edição: Luís Alfredo Moutinho da Costa



Projeto VIDA - Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental
Município de Capim Branco - MG
Mapa de Vulnerabilidade e Risco de Contaminação de Aquíferos

1994



LEGENDA

	GRAUS DE VULNERABILIDADE	UNIDADES MAPEADAS	GRAUS DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO DE AQUIFEROS
ALTO	Calcário muito fraturado. Coberturas ausentes. Lençol raso sob aluviões.	1	EXTREMO Áreas urbanas sob terrenos calcários fraturados.
		2	ELEVADO Áreas cultivadas próximas a zonas urbanas, em terrenos calcários pouco fraturados.
		3	MÉDIO Áreas cultivadas em coberturas delgadas de terrenos calcários, ou urbanizadas em coberturas espessas.
MÉDIO	Rochas graníticas ou calcárias, pouco fraturadas. Cobertura pouco espessa.	4	ELEVADO Áreas cultivadas próximas a zonas urbanas, em terrenos calcários pouco fraturados.
		5	MÉDIO Áreas cultivadas em coberturas delgadas de terrenos calcários, ou urbanizadas em coberturas espessas.
		6	MODERADO Áreas não cultivadas, em rochas graníticas ou calcárias, pouco fraturadas.
BAIXO	Rochas graníticas ou calcárias, pouco fraturadas. Cobertura pouco permeável.	7	MÉDIO Áreas cultivadas em coberturas delgadas de terrenos calcários, ou urbanizadas em coberturas espessas.
		8	MODERADO Áreas não cultivadas, em rochas graníticas ou calcárias, pouco fraturadas.
		9	BAIXO Áreas não cultivadas, em rochas graníticas não fraturadas, ou calcários com cobertura.
DESPREZÍVEL	Rochas graníticas não-fraturadas. Muito pouco permeáveis.	10	BAIXO Áreas não cultivadas, em rochas graníticas não fraturadas, ou calcários com cobertura.
		11	DESPREZÍVEL Ausência de cargas poluentes.

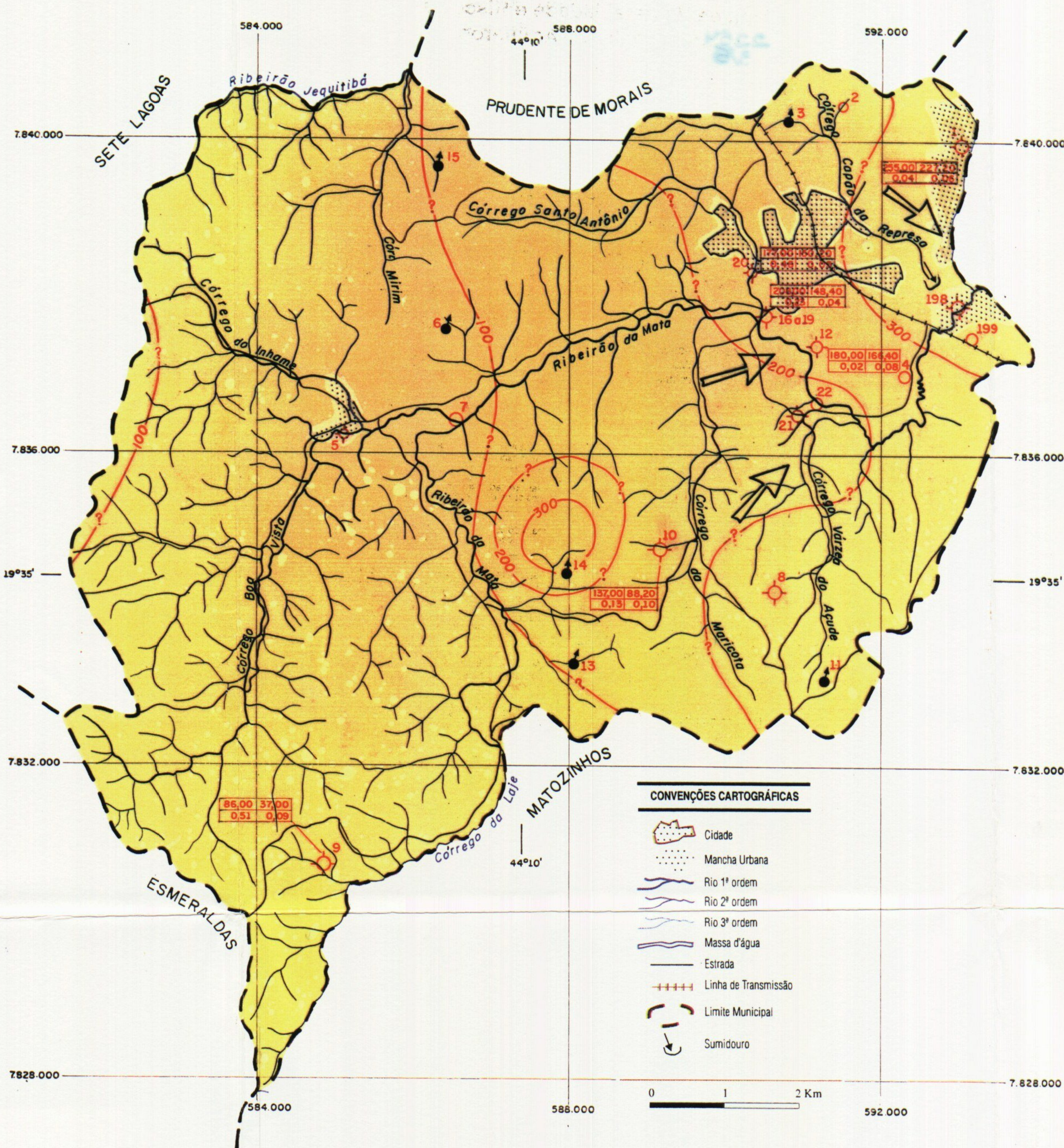
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Cidade
- Mancha Urbana
- Rio 1º ordem
- Rio 2º ordem
- Rio 3º ordem
- Massa d'água
- Estrada
- Linha de Transmissão
- Limite Municipal
- Sumidouro

- Nascente
- Poço escavado
- Poço tubular
- Fratura
- Número do poço
- Curvas equipotenciais
- Direção de fluxo subterrâneo regional
- Direção de fluxo subterrâneo local
- Divisor de águas subterrâneas

Coordenação geral: Fernando Antônio de Oliveira
Hidrogeologia: Décio Antônio Chaves Beato
Paulo Fernando P. Pessoa
Edição: Luís Alfredo Moutinho da Costa





Projeto VIDA - Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental
Município de Capim Branco - MG

Mapa de Qualidade de Água Subterrânea 1994

Coordenação geral: Fernando Antônio de Oliveira
Hidrogeologia: Décio Antônio Chaves Beato
Paulo Fernando P. Pessoa
Desenho: João de Matos Leão



Projeto VIDA - Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental
Município de Capim Branco - MG
Mapa de Zoneamento Geotécnico

1994

CLUM

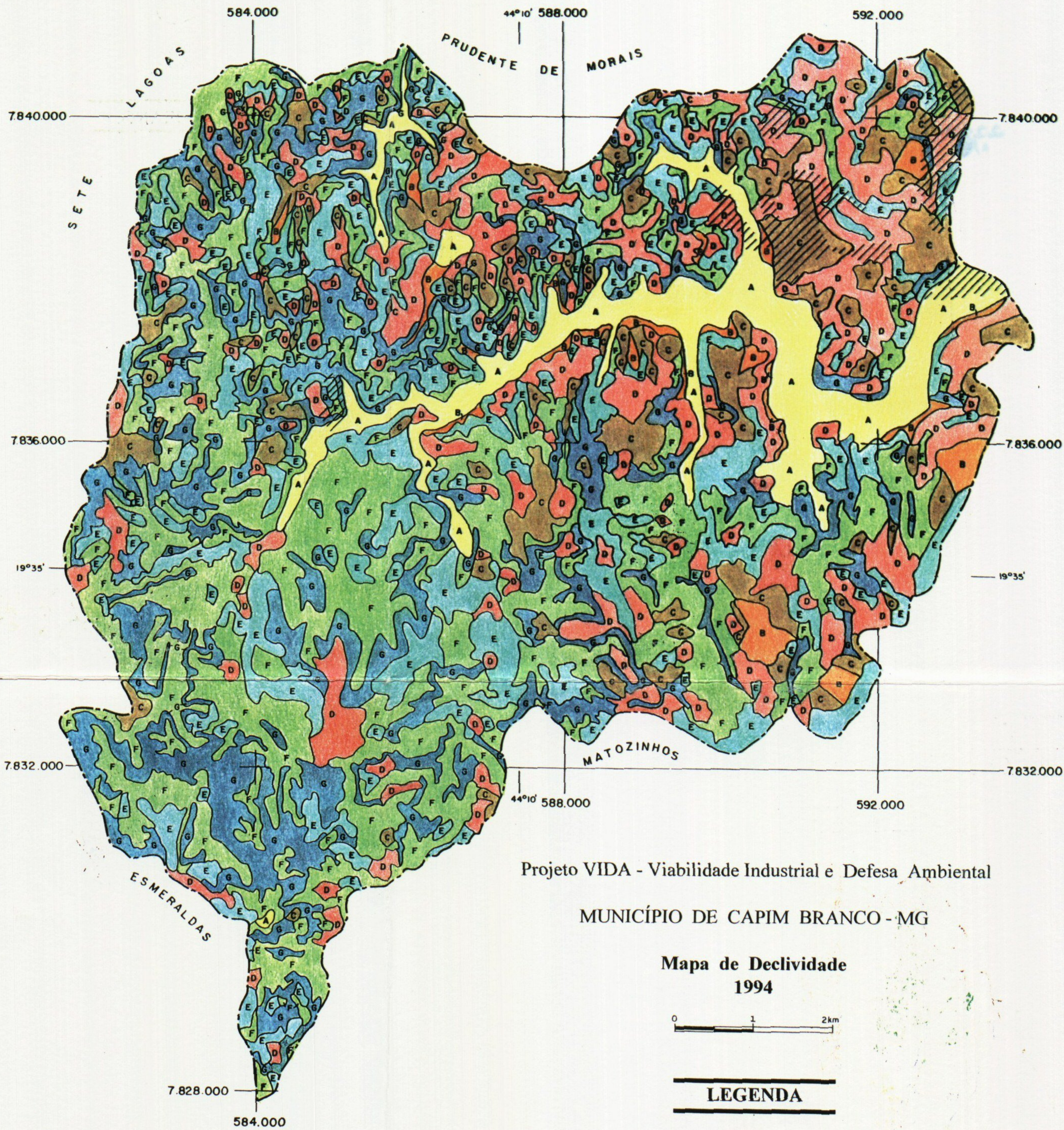


CARACTERIZAÇÃO DAS ZONAS

APTIDÃO DOS TERRENOS

MATERIAL INCONSOLIDADO

1	Relevo suavemente ondulado; 12% de declividade média; erosão em ravinas; nível freático pouco profundo; baixas resistência e capacidade de suporte.	Problemas relacionados a escavabilidade, saneamento, drenagem, contenção e fundações; terrenos inadequados para disposição de rejeitos de qualquer natureza.	Conjunto de sedimentos coluvionais em rampa; textura argilo-silica a argilo-arenosa, com blocos e pedregulhos; coloração variada.
2	Terrenos baixos e relevo plano; declividade menor que 5%; porosidade alta e permeabilidade variável; espessuras de até 15m; nível freático raso; baixas resistência e capacidade de suporte.	Áreas em perene estado de saturação; alagadiças; inundações periódicas e intenso assoreamento; problemas de escavabilidade; seu aproveitamento técnico requer planejamento; inadequadas à disposição de rejeitos.	Conjunto de sedimentos de origem fluvial situados em planície; formam terraços e estão associados a rampas coluvionais; coloração variada.
3	Terrenos elevados, suavemente ondulados; decliv. média menor que 8%; alt. entre 800 e 900m; porosidade e permeab. muito altas; nível freático profundo ou ausente; altas resistência e capacidade de carga.	Acesso difícil; sua utilização técnica implica a execução de obras onerosas de corte, aterro e drenagem; através de estudos específicos, pode-se selecionar áreas para disposição de resíduos sólidos.	Colúviões relacionadas a aplainamento, situadas em altitudes de 800 a 900m; textura argilo-silica a argilo-silto-arenosa; cores vermelho-escuro a vermelho-amarelado.
3A	Características geotécnicas semelhantes às da Zona 3, diferenciando-se por apresentar espessuras de até 25 a 30m, e recobrir, geralmente, colinas de baixa amplitude. Substrato rochoso constituído por calcários.	Áreas de recarga de aquífero; utilização restrita a finalidades que não propiciem contaminação; inadequadas à disposição de rejeitos; favorável à perfuração de poços para água.	
4	Relevo montanhoso, com colinas e morros de amplitudes entre 100 e 140m; permeabilidade baixa e porosidade muito alta; boa capacidade de carga e suporte; zona sujeita à erosão em sulcos profundos.	Devido à sua ocorrência restrita, não mereceu análise de suas características geotécnicas e de aptidão.	Solos residuais, provenientes de rochas da seqüência metapelítica; textura predominante silto-argilosa; cores amarela a violeta.
5	Terrenos com relevo ondulado, com colinas de baixa amplitude (40 a 80m); solos c/ brusca variação de espessura, com matacões e afloramentos; poros. média, permeab. variável; nível freático profundo ou ausente.	Ocorrência de subsidência e colapso, próprios da natureza de áreas cársticas; problemas de escavabilidade, terraplanagem, fundação e de contaminação do aquífero subjacente; inadequada à disposição de rejeitos.	Solos residuais de rochas calcárias; textura argilo-silto-arenosa a areno-silto-argilosa; cores vermelha-escuro, amarelada e cinza-claro; geralmente pouco espessos.
5A	Vertentes isoladas, pred. côncavas, com declividade entre 20 e 25%; solos pouco espessos, com matacões e afloramentos.	Características geotécnicas e de aptidão semelhantes às da Zona 5; restrições mais severas de utilização devido à maior declividade de seus terrenos.	
6	Relevo montanhoso, representado por colinas e morros com amplitudes entre 100 e 180m; declividade entre 12 e 20%; porosidade e permeabilidade baixas; alta resistência e capacidade de carga elevada.	Setores potencialmente instáveis pela alta declividade dos terrenos; sulcos profundos e ravinamento; inadequados à disposição de rejeitos; seu aproveitamento requer estudos específicos.	Solos residuais de rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico; textura argilo-silto-arenosa a areno-silto-argilosa; cores de vermelha, rosa e amarela; podem ocorrer em grandes espessuras.
6A	Terrenos com vertentes isoladas, de grande extensão, com perfis côncavo e convexo; declividade média entre 11 e 20%.	Condições de relevo e declividade mais suaves que as da Zona 6; estudos específicos, permitem seleção de áreas para ocupação planejada.	
6B	Terrenos com vertentes retilíneas, oriundos de solos residuais de rochas intrusivas; solos espessos e matacões; declividade média de 10%; ocorrência restrita.	Características geotécnicas e de aptidão dependem de estudos locais.	



Projeto VIDA - Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental

MUNICÍPIO DE CAPIM BRANCO - MG

Mapa de Declividade
1994



LEGENDA

CLASSE DECLIVIDADE (%)

A	0-3
B	3-5
C	5-10
D	10-15
E	15-20
F	20-45
G	> 45

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Cidade
- Limite Municipal

Coordenação Geral: Fernando Antonio de Oliveira
 Mapa: Fernando Antonio Rodrigues de Oliveira
 Elenice Maria Campos
 Múcio do Amaral Figueiredo

