


MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA  
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL  
CONVÊNIO DNPM - CPRM

**PROJETO HIDROGEOLOGIA DO NORTE  
DE MINAS GERAIS E SUL DA BAHIA**  
RELATÓRIO FINAL - FOLHA **RIO DOCE-NO**

TEXTO  
VOLUME I

*Sérgio Murilo Achão*

PHL 13607

 CPRM	J.96	SUREMI SEDOTE
ARQUIVO TÉCNICO		
Relatório n.º	6551-5	
N.º de Volumes:	2	v.: 1
OSTENSIVO		



COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS  
DIRETORIA DA ÁREA DE PESQUISA  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

1977

PROJETO HIDROGEOLOGIA DO NORTE DE MINAS GERAIS E SUL DA BAHIA

RELATÓRIO FINAL — FOLHA RIO DOCE - NO

Chefe do Projeto : *Floriano Garcia Costa*

Equipe Executora : *Hélio Carvalho de Miranda*  
*José Niuso V. Teixeira*  
*Júlio de Freitas F. Vasques*  
*Sérgio Murilo Achão*

# PROJETO HIDROGEOLOGIA DO NORTE DE MINAS GERAIS E SUL DA BAHIA

RELATÓRIO FINAL — FOLHA RIO DOCE — NO

## ÍNDICE DOS VOLUMES

VOL . I — TEXTO : Hidrogeologia da folha Rio Doce - NO

VOL . II — ANEXOS :

- Períodos de Observações nos Postos Pluviométricos
- Períodos de Observações nos Postos Fluviométricos
- Catálogo de Pontos d'Água
- Fichas de Sondagens
- Ensaio de Bombeamento
- Base Hidrológica
- Base Geológica
- Base de Poços
- Base Piezométrica
- Base Potencial Explorável

## S U M Á R I O

1.	RESUMO .....	1
2.	ABSTRACT .....	2
3.	INTRODUÇÃO .....	3
4.	ASPECTOS GERAIS .....	5
	4.1 Localização .....	5
	4.2 Climatologia .....	5
	4.2.1 Pluviometria .....	6
	4.2.2 Temperatura .....	8
	4.2.3 Ventos e Umidade Relativa .....	9
	4.2.4 Insolação .....	10
	4.2.5 Evaporação e Evapotranspiração .....	11
	4.2.6 Balanço Hídrico Preliminar .....	13
	4.2.7 Caracterização Climática .....	14
	4.3 Hidrografia e Indicações Hidrológicas .....	18
	4.3.1 A Rede Hidrográfica .....	19
	4.3.2 Escoamento Superficial .....	21
	4.4 Morfologia .....	23
	4.5 Vegetação e Solos .....	26
	4.5.1 Vegetação .....	26
	4.5.1.1 Vegetação Litorânea .....	26
	4.5.1.2 Floresta Latifoliada Tropical Úmida da Encosta (mata tropical úmida) .....	26
	4.5.1.3 Floresta Latifoliada Tropical (mata seca)	27
	4.5.1.4 Caatinga .....	28
	4.5.1.5 Cerrado .....	28
	4.5.2 Solos .....	29

4.5.2.1	Associação de Solos Relacionados com a Vegetação Litorânea .....	29
4.5.2.2	Associação de Solos Relacionados ao Gru <u>p</u> po Barreiras .....	29
4.5.2.3	Associação de Solos Relacionados com a Floresta Tropical Leste .....	29
4.5.2.4	Associação de Solos Relacionados com os Cerrados do Brasil Central e Sudeste ...	30
4.5.2.5	Associação de Solos Relacionados com Zo <u>n</u> a de Caatinga .....	30
4.6	Aspectos Sócio-Econômicos .....	30
4.7	Cálculos de Demanda d'Água .....	33
5.	GEOLOGIA .....	35
5.1	Generalidades .....	35
5.2	Embasamento Cristalino .....	35
5.2.1	Pré-Espinhaço .....	36
5.2.1.1	Associação Paraíba do Sul/Complexo Meta <u>m</u> órfico-Migmatítico (PCmm) .....	37
5.2.1.2	Associação Barbacena (PCx e PCggn) .....	41
5.2.2	Rochas Ígneas .....	42
5.2.2.1	Rochas Graníticas ( $\gamma$ ) .....	42
5.2.2.2	Rochas Básicas ( $\beta$ ) .....	43
5.3	Rochas Sedimentares.....	44
5.3.1	Generalidades .....	44
5.3.2	Grupo Barreiras (TTb) .....	44
5.3.3	Coberturas Detríticas (TTQe) .....	46
5.3.4	Depósitos Flúvio-Marinhos e Fluviais (Qa).	47
5.4	Geologia Estrutural .....	49

6.	HIDROGEOLOGIA .....	52
6.1	Introdução .....	52
6.2	Águas Subterrâneas do Embasamento Cristalino.	52
6.2.1	Alimentação .....	55
6.2.2	Escoamento e Exutórios .....	58
6.2.3	Considerações sobre Exploração .....	59
6.2.4	Água Subterrânea no Manto de Intemperismo.	61
6.3	Águas Subterrâneas dos Terrenos Sedimentares	61
6.3.1	Sedimentos Flúvio-Marinhas e Fluviais .....	62
6.3.1.1	Alimentação .....	63
6.3.1.2	Escoamento e Exutórios .....	63
6.3.2	Coberturas Detríticas .....	64
6.3.3	Formação Caravelas .....	65
6.3.3.1	Alimentação, Escoamento e Exutórios .....	68
6.3.3.2	Características Hidrodinâmicas .....	68
6.3.3.3	Considerações sobre Exploração .....	69
6.3.4	Grupo Barreiras .....	69
6.3.4.1	Alimentação .....	70
6.3.4.2	Escoamento e Exutório .....	72
6.3.4.3	Características Hidrodinâmicas .....	72
6.3.4.4	Reservas .....	73
6.3.4.5	Considerações sobre Exploração e Demanda	75
7.	HIDROQUÍMICA .....	77
7.1	Introdução .....	77
7.2	Rochas Cristalinas .....	78
7.2.1	Composição Química das Águas .....	78
7.2.1.1	Águas Cloretadas .....	79

7.2.1.2 Águas Bicarbonatadas .....	80
7.2.1.3 Águas Cloretadas-Sulfatadas .....	80
7.2.1.4 Grupo Menores de Água Subterrânea ....	80
7.2.2 Distribuição dos Tipos Químicos .....	81
7.2.3 Qualidade das Águas para Consumo Humano e de Animais .....	82
7.3 Rochas Sedimentares .....	84
7.3.1 Composição Química das Águas .....	85
7.3.2 Distribuição dos Tipos Químicos .....	85
7.3.3 Qualidade das Águas para Consumo Humano e de Animais .....	86
7.4 Qualidade das Águas para Irrigação .....	86
8. CONCLUSÕES .....	89
9. BIBLIOGRAFIA .....	92

## ANEXOS

Anexo I - Períodos de Observações nos Postos Pluviométricos.	
Anexo II - Períodos de Observações nos Postos Fluviométricos.	
Anexo III - Catálogo de Pontos d'Água	
Anexo IV - Fichas de Sondagem	
Anexo V - Ensaio de Bombeamento	
Anexo V.1 Alcobaça (004-34)	
Anexo V.2 Alcobaça (005-34)	
Anexo V.3 Caravelas (026-34)	
Anexo V.4 Itagimirim (068-34)	
Anexo V.5 Nova Viçosa (094-34)	

Anexo V.6 Helvécia (102-34)

Anexo V.7 Posto da Mata (107-34)

Anexo V.8 Prado (131-34)

Anexo V.9 Águas Formosas (153-34)

Anexo V.10 Medina (183-34)

Anexo V.11 Pedra Azul (199-34)

Anexo VI - Bases

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| - Geológica            | - Escala 1:500.000 |
| - De Poços             | - Escala 1:500.000 |
| - Hidrológica          | - Escala 1:500.000 |
| - Piezométrica         | - Escala 1:500.000 |
| - Potencial Explorável | - Escala 1:500.000 |



## 1. RESUMO

A área de estudo com 69.480 km<sup>2</sup>, situa-se na folha RIO DOCE-NO, compreendida pelos meridianos de 38°50' e 42° W Gr e os paralelos de 16° e 18° S. Este trabalho teve como objetivo o estudo hidrogeológico a nível de reconhecimento, procurando estabelecer uma primeira apreciação das condições hídricas subterrâneas da área. O estudo foi iniciado em 1974 e constou de três fases: coleta bibliográfica e cartográfica, campanhas de campo e elaboração final do relatório. A área objeto do estudo é constituída de dois domínios geologicamente diversos, sendo as suas respectivas vocações hidrogeológicas basicamente diferentes: o embasamento cristalino, com 70% da superfície da área, e o das rochas sedimentares, ocupando o restante da superfície. No domínio do embasamento cristalino, a possibilidade hidrogeológica é fraca, havendo certas perspectivas apenas para o abastecimento local e em pequena escala. No domínio de rochas sedimentares, as possibilidades hidrogeológicas são, em geral, melhores, distinguindo-se quatro sistemas aquíferos que em ordem de potencial explorável de crescente, são relacionados a: sedimentos flúvio-marinhos e fluviais, Formação Caravelas, Grupo Barreiras e Coberturas Detríticas. Quanto à qualidade química da água, os estudos permitiram indicar a utilização das águas para fins de consumo humano e de animal, assim como na irrigação.

## 2. ABSTRACT

The studied area comprising of by 480 square km is related to the RIO DOCE-NO map, limited by the 38° 50' and 42° meridians W Gr and the 16° and 18° south parallels. The objective of this study is connected to hydrogeologic investigations at reconnaissance level, with the intention to present a preliminary picture about groundwater conditions of the area. The study started in 1974 and was carried out through three working phases: collection of maps and bibliographic data, field activities and final report. The area under study comprises of two geological different domains, each having basically different hydrogeological behaviours. The domain of the crystalline basement is characterized by poor hydrogeological conditions, in which it would be possible to meet in small quantities the local demands of water. Generally, the domain of sedimentary rocks presents better hydrogeological conditions, where it would be possible to distinguish four acquifer systems. In decreasing order of groundwater development potential, they are related to: the fluvio-marine and fluvial deposits, Caravelas Formation, Barreiras Group and Detrictic Covers. As to the chemical qualities of waters, the study reveals its possibility of use for human and animal consumption as well as for irrigations.

### 3. INTRODUÇÃO

O presente relatório se refere à folha 34 (Rio DOCE-NO) compreendida pelos meridianos  $38^{\circ}50'$  e  $42^{\circ}$  W Gr e os paralelos  $16^{\circ}$  e  $18^{\circ}$  S, que juntamente com as folhas 31, 32 e 33 compõem a área do Projeto Hidrogeologia do Norte de Minas Gerais e Sul da Bahia que complementa o Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste. A área de estudo abrange uma superfície de aproximadamente  $69,480 \text{ km}^2$ .

O objetivo deste trabalho é o estudo hidrogeológico a nível de reconhecimento, procurando estabelecer uma primeira apreciação das ocorrências, quantidades e qualidades das águas subterrâneas da área. O estudo pretende fornecer subsídios aos estudos de detalhes que poderão surgir posteriormente em relação a projetos de abastecimento de água dos núcleos populacionais, consumo de animais e mesmo para projetos de irrigação nas áreas apropriadas.

O trabalho foi iniciado em 1974 e constou de três fases: coleta bibliográfica e cartográfica, campanha de campo e elaboração final do relatório.

Nessa folha, a área de maior interesse hidrogeológico se restringe à porção leste, correspondente aos sedimentos fluvio-marinhos e fluviais, do Grupo Barreiras e Formação Caravelas. Aí foi possível estabelecer uma rede de pontos d'água relativamente densa, que resultou na confecção do mapa isopiezométrico do aquífero Barreiras e que permitiu a estimativa das suas reservas em água subterrânea.

Nos terrenos cristalinos, que ocupam mais de 70% da área em estudo, as observações foram pontuais e forneceram apenas informações esporádicas sobre a salinidade e

nível estático da água, assim como as vazões específicas dos poços encontrados.

Em total, foram inventariados 236 pontos d'água, coletadas 81 amostras d'água para análise, e realizados 2 (dois) ensaios de bombeamento pela equipe executora.

Além das bases hidrogeológicas, geológica, de poços, piezométrica e de potencial explorável, na escala de 1:500.000, este relatório contém, sob forma de anexo, os catálogos dos pontos d'água inventariados e períodos de observações pluvio-fluviométricas, fichas de poços com perfil geológico e gráficos de ensaios de bombeamento.

A base geológica da folha foi obtida por compilação de mapas dos projetos Jequitinhonha e Sul da Bahia (Convênio DNPM-CPRM), complementada por observações durante os trabalhos de campo.

Registramos nossos agradecimentos aos diferentes órgãos oficiais e firmas particulares, tais como DNOCS, Ministério da Agricultura, DNER, DNAEE, Cia. T. JANER e CERB, pelo acervo de informações fornecidas à realização deste trabalho.

#### 4. ASPECTOS GERAIS

##### 4.1 Localização

A Folha Rio DOCE-NO, situa-se entre os paralelos  $16^{\circ}$  e  $18^{\circ}$  S e entre os meridianos  $38^{\circ}50'$  e  $42^{\circ}$  W Gr (fig. 4.1). Esta folha ocupa uma superfície continental de  $69.480 \text{ km}^2$ , e  $2.520 \text{ km}^2$  no setor leste, cobertos pelo Oceano Atlântico. A área de estudo engloba, aproximadamente,  $42.630 \text{ km}^2$  do Estado de Minas Gerais e uma superfície continental de cerca de  $26.850 \text{ km}^2$  do Estado da Bahia.

##### 4.2 Climatologia

Os fatores climáticos de uma região desempenham um papel marcante no equacionamento do balanço hidrológico e, em particular, na alimentação e renovação das águas subterrâneas. No estudo climatológico, o número de elementos manipuláveis é por demais numeroso para que se possa proceder a uma análise detalhada no presente trabalho.

No caso da folha, os dados climáticos disponíveis são dispersos ou mesmo incompletos ou ausentes nas poucas estações existentes. Em virtude da escassez desses dados, notadamente de temperatura, foram utilizadas também as correlações do sistema solo-vegetação-relevo-altitude para uma melhor compreensão do clima da região. Observa-se que a maioria dos dados pluviométricos refere-se aos setores mais rebaixados da região, principalmente ao longo das margens do rio Jequitinhonha, onde está localizada a maior parte das cidades com estações meteorológicas, portanto, não se registraram as precipitações e temperaturas

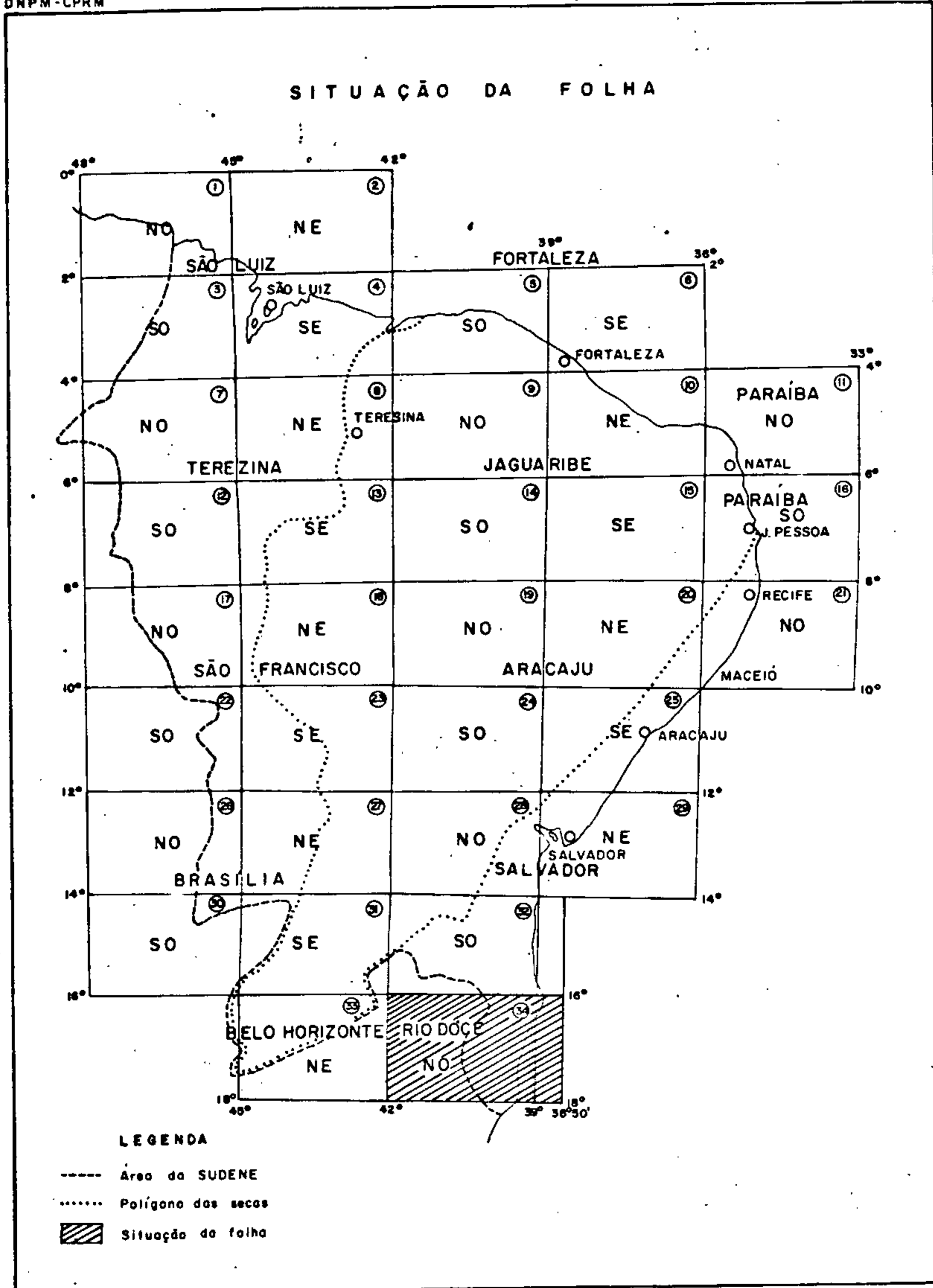


FIG. 4.1

dos setores mais elevados, cujos índices de clima certamente devem ser diferentes, com temperaturas mais baixas, maior umidade e precipitações efetivas mais elevadas.

#### 4.2.1 Pluviometria

O mapa de isoietas médias anuais da folha (fig. 4.2) confeccionado a partir do mapa de Isoietas Anuais elaborado pelo DNOCS, completado e atualizado com dados fornecidos pelo DNAEE e SUDENE, mostra a distribuição das precipitações na região no período de 1912 a 1973.

Neste mapa observa-se a existência de duas zonas com características pluviométricas distintas:

A primeira caracteriza-se por precipitações superiores a 1.000 mm e exibe influência dos ventos úmidos do litoral. As isoietas se desenvolvem paralelamente à costa, mostrando um aumento gradativo em direção ao mar, ao longo da linha Nanuque-Salto da Divisa, atingindo valores superiores a 1.800 mm. O setor de maior pluviosidade compreende a região de Caravelas, cuja estação local registra um valor médio anual de 1.850,6 mm; enquanto que para o norte, em Caraíva, Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália os índices caem, tornando-se inferiores a 1.700 mm.

A segunda zona, mais árida, situa-se ao longo das margens do rio Jequitinhonha onde as altitudes estão compreendidas entre 100 a 270 metros indo de leste para oeste, e as precipitações totais anuais variam pouco, registrando-se valores de 709,1 a 877,4 mm, podendo-se notar que o trecho mais seco situa-se entre Itinga e São Pedro do Jequitinhonha.





Setores internos, menos expressivos, de precipitações médias anuais superiores a 1000 mm, se desenvolvem devido a altitudes mais elevadas, onde se verificam uma diminuição de temperatura e aumento de precipitação, decorrendo este último da influência do relevo, que intercepta os ventos úmidos do litoral. Isto pode ser verificado tanto pelos valores médios anuais de precipitação registrados em Pedra Azul e Teófilo Otoni, que são respectivamente 1010,3 e 1166 mm, como também quando se observa a vegetação que nesses setores é sempre verde, apresentando por exemplo características de floresta úmida no trecho de maior altitude da região (1.100 m) situado entre Pedra Azul e Jequitinhonha.

No quadro 4.1 estão representados os valores da pluviosidade média mensal e anual das estações representativas da área.

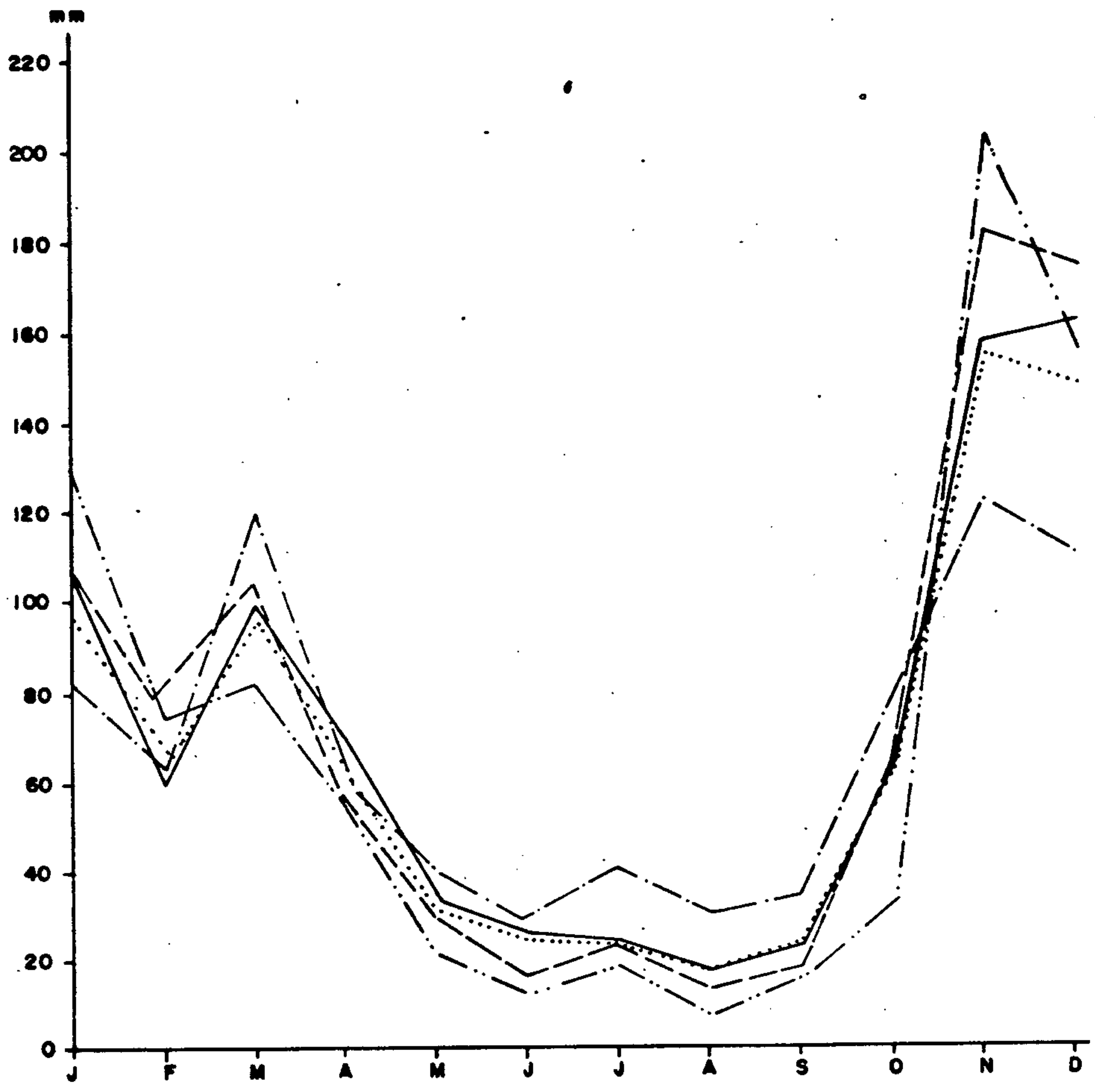
O regime de chuvas é relativamente uniforme para toda a área da folha, como se pode depreender da observação das figs. 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6. Este regime acusa uma periodicidade caracterizada pela concentração máxima de precipitação (80 a 90% do total anual) acumulada nos meses de outubro a março. A época de precipitações máximas em 3 meses consecutivos coincide com novembro, dezembro e janeiro, sendo dezembro o mês mais chuvoso. A época das precipitações mínimas coincide com os meses de junho, julho e agosto; sendo agosto o mês mais seco. Verifica-se a ocorrência de uma estação seca pronunciada, com duração de 5 meses, chegando a se estender por 6 meses em alguns casos, indo de abril a setembro. Com exceção da faixa litorânea da área, onde a umidade é bastante elevada e a precipitação provoca acréscimo considerável nas médias mensais dos meses do período seco, o regime de chuvas que domina no

QUADRO 4.1  
PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSIS E ANUAIS(mm)

ESTAÇÃO	MESES												TOTAL	PERÍODO
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
ALMENARA	105,0	60,3	100,5	69,9	34,3	25,8	25,1	18,2	23,4	65,6	159,3	163,7	851,1	1938 a 1966
CARLOS CHAGAS	140,9	88,2	105,1	63,9	31,9	31,4	32,3	21,6	31,6	68,9	168,3	196,2	980,3	1940 a 1972
ITAOBIM	138,9	69,5	92,0	42,5	14,8	6,9	6,0	5,2	14,3	54,2	143,9	170,6	758,8	1932 a 1968
ITINGA	136,3	68,0	68,9	31,5	10,7	4,5	4,6	1,4	15,7	62,2	144,9	162,9	711,6	1931 a 1966
JACINTO	96,5	66,3	94,9	63,2	31,1	24,3	22,2	18,3	25,7	63,5	155,8	149,0	810,8	1941 a 1973
JEQUITINHONHA	105,8	79,9	105,3	57,7	29,9	16,5	22,7	13,5	18,4	66,7	183,4	176,5	877,4	1930 a 1939 1944 a 1973
MEDINA	128,7	75,1	82,9	55,3	21,8	12,6	18,6	8,6	17,4	33,3	203,8	156,3	814,4	1950 a 1966
NANUQUE	100,8	73,2	93,1	66,2	30,6	41,4	46,9	38,5	34,4	90,7	155,9	195,3	967,0	1945 a 1955 1966 a 1972
NOVO CRUZEIRO	150,6	93,3	84,3	56,3	24,4	24,4	7,6	7,3	21,6	62,8	144,4	295,4	972,4	1942 a 1958
PEDRA AZUL	122,7	109,5	113,9	79,9	26,5	16,5	17,8	14,6	22,2	84,6	197,4	204,7	1.010,3	1912 a 1958
SALTO DA DIVISA	81,6	63,3	120,7	60,9	40,4	28,8	41,6	30,5	34,3	66,2	122,9	111,3	802,5	1939 a 1962
S.P. JEQUITINHONHA	120,6	67,5	73,8	34,8	16,3	7,5	10,0	4,9	11,8	50,9	140,6	170,4	709,1	1932 a 1966
TEÓFILO OTONI	164,4	119,7	122,0	91,5	38,0	25,9	25,0	22,0	29,4	95,4	194,4	238,3	1.166,0	1912 a 1958
CARAVELAS	148,8	119,0	204,5	233,3	143,7	115,9	116,6	81,2	106,7	137,8	247,2	195,9	1.850,6	1933 a 1942
ITANHEM	133,1	33,3	183,5	105,1	60,3	19,3	47,1	17,1	42,0	115,1	236,5	199,6	1.192,0	1972 a 1974

FONTE: SUDENE, DNAEE, M.A., DNOCS

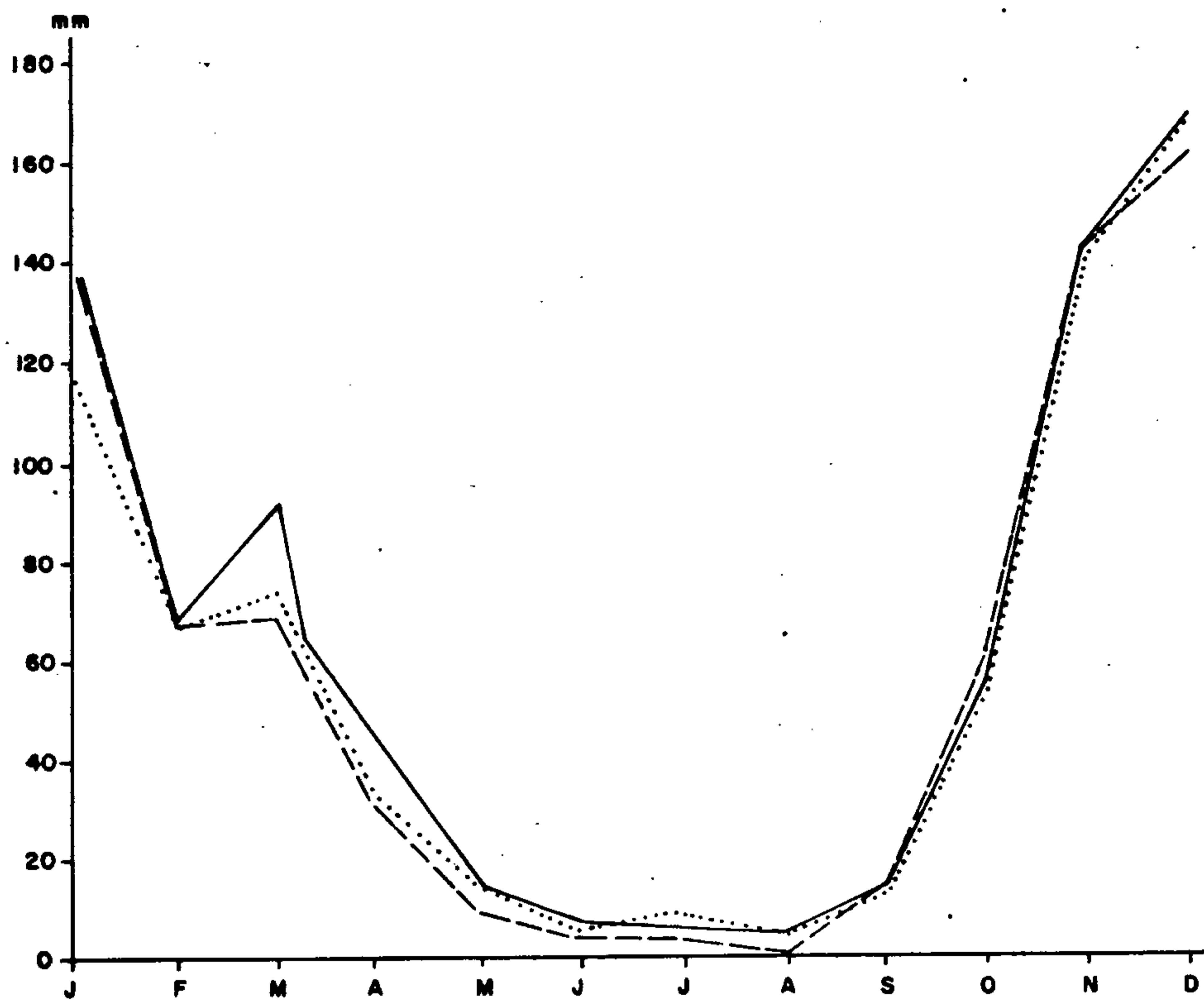
## PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS



CLIMA Aw	—	ALMENARA	PERÍODO : 1938 - 1966
	- - -	JEQUITINHONHA	PERÍODO : 1930 - 1939, 1944 - 1973
	- · - · -	SALTO DA DIVISA	PERÍODO : 1939 - 1962
	· · · · ·	JACINTO	PERÍODO : 1941 - 1973
	- · - · -	MEDINA	PERÍODO : 1950 - 1966

FIG. 4.3

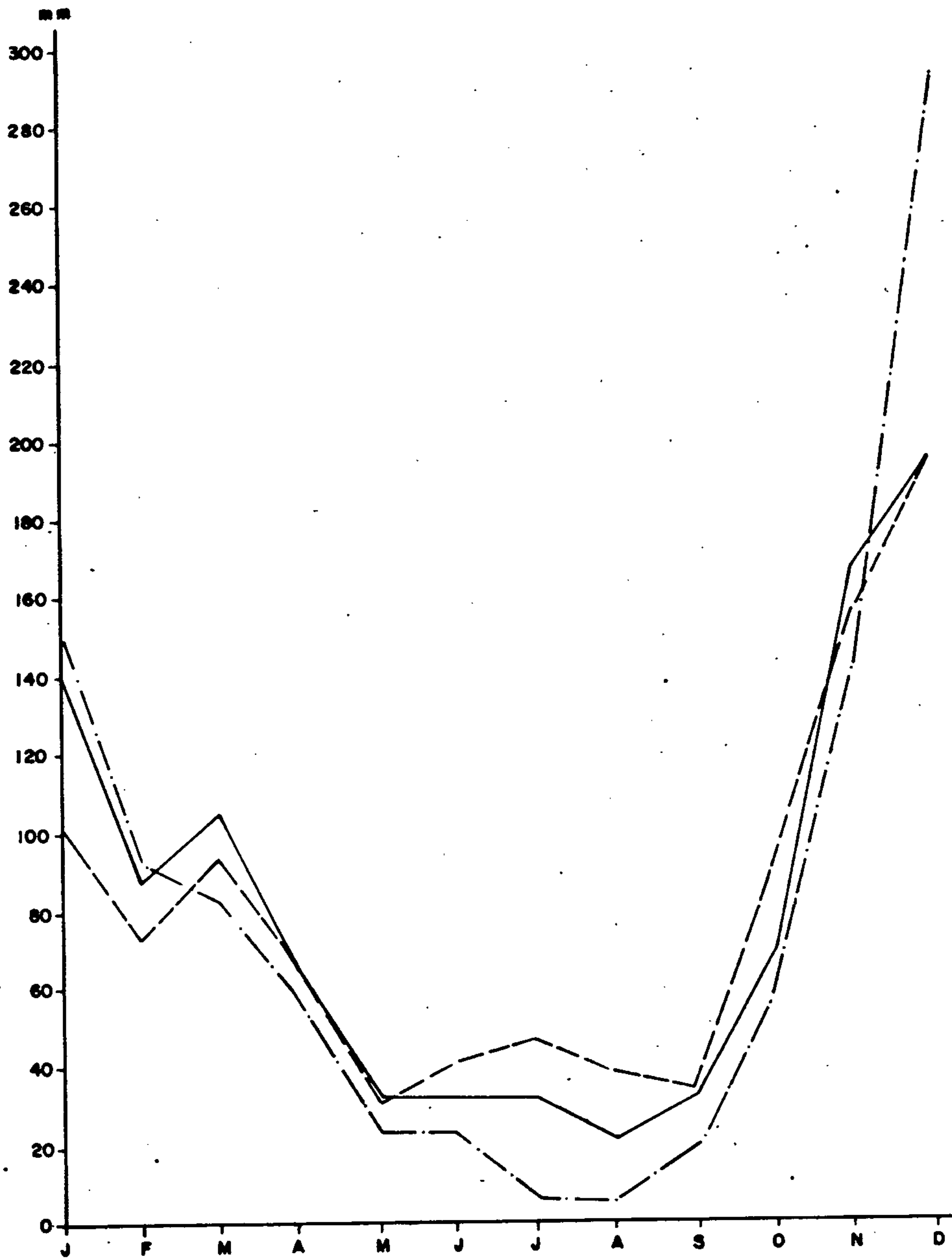
# PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS



CLIMA Aw	—	ITAOBIM	PERÍODO : 1932 - 1968
	- - -	ITINGA	PERÍODO : 1931 - 1966
	.....	S.P. JEQUITINHONHA	PERÍODO : 1932 - 1966

FIG. 4.4

# PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS



— CARLOS CHAGAS (Aw)

PERÍODO : 1940 - 1972

- - - NANUQUE (Aw)

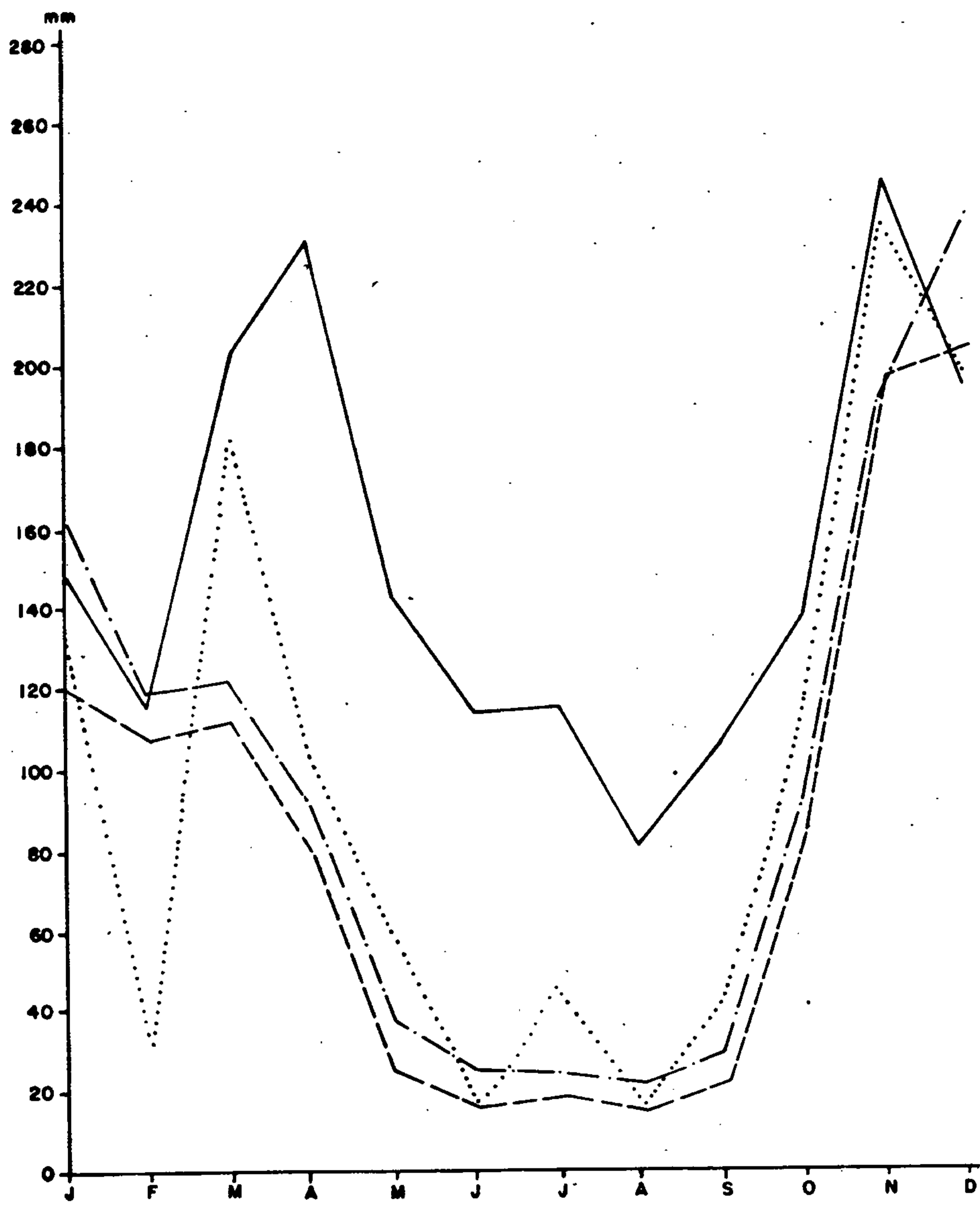
PERÍODO : 1945 - 1955 , 1966 - 1972

- · - · - NOVO CRUZEIRO (Cwa)

PERÍODO : 1942 - 1958

FIG. 4.5

# PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS



— CARAVELAS (Af)	PERÍODO : 1933-1942
- - - PEDRA AZUL (Aw)	PERÍODO : 1912-1958
- - - TEÓFILO OTONI (Aw)	PERÍODO : 1912-1958
..... ITANHEM (Am)	PERÍODO : 1972-1974

FIG. 4.6

resto da área, permite definir duas estações nitidamente delimitadas, das chuvas e das secas, que caracterizam o clima tropical da área.

O quadro abaixo mostra os índices de variabilidade das chuvas anuais de quatro estações nos quais podemos observar que o coeficiente de variação Cv não apresenta variações sensíveis.

ESTAÇÃO	MEDIA P (mm)	DESVIO PADRÃO	COEF. DE VARIACÃO	MÁXIMA Obs. (mm)	MÍNIMA Obs. (mm)
Pedra Azul (1919-1958)	1010	369	0,37	1893	366
T. Otoni (1912-1958)	1166	329	0,28	1879	301
Itinga (1932-1962)	717	280	0,39	1381	179
S.P. do Jequitinhonha (1932-1962)	724	239	0,33	1268	296

#### 4.2.2 Temperatura:

Os poucos dados existentes na área são relativos as cidades de Pedra Azul, Jequitinhonha, Teófilo Otoni e Caravelas, e foram fornecidos pelo Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura, organizados e publicados pela Sudene. Felizmente esses postos se encontram suficientemente afastados uns dos outros para que possamos, na falta de informações mais completas, considerá-los como re

presentativos do regime térmico do conjunto da área.

No quadro 4.2 estão indicados os dados térmicos disponíveis.

Verifica-se pela estação de Jequitinhonha que nas áreas mais rebaixadas, principalmente às margens do rio Jequitinhonha, as médias anuais tendem a ser mais elevadas. No posto de Jequitinhonha registra-se no período de 1930-1939 uma temperatura média anual de 25°C. Pedra Azul e Teófilo Otoni registraram temperaturas médias anuais mais baixas, respectivamente 22,8°C e 22,2°C, mostrando assim a diminuição da temperatura como efeito da elevação de altitude.

Em Caravelas, situada a 4 m acima do nível do mar, tem lugar um clima mais ameno no qual as médias mensais são suavizadas pela proximidade do litoral e consequente umidade dos ventos.

#### 4.2.3 Ventos e Umidade Relativa

Na zona leste da folha sob a influência de duas massas de ar, Equatorial Atlântica e Tropical Atlântica, as direções dominantes dos ventos são respectivamente E e NE.

Sob a influência da massa Equatorial Continental predominam, no interior da área, ventos quentes e úmidos, com direções NE e SE registradas em Teófilo Otoni e Pedra Azul, respectivamente; ventos esses que provocam as chuvas de primavera-verão na região.

As velocidades médias dos ventos variam de um lugar para outro. Em Caravelas, no período de 1933-1942, a



QUADRO 4.2  
TEMPERATURAS MEDIAS MENSAS E ANUAIS (°C)

ESTAÇÃO	PERÍODO	MESES	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	ANUAL
		TEMP.													
JEQUITINHONHA	1930 a 1939	MÁX.	37,0	36,7	36,3	35,4	34,1	32,4	32,1	33,5	34,6	37,2	36,3	36,3	35,2
		MED.	27,1	27,1	26,7	25,6	23,5	22,4	21,5	22,6	24,7	26,3	25,9	26,7	25,0
		MÍN.	18,0	18,9	18,1	16,6	13,9	12,0	11,0	10,6	13,9	16,6	16,7	18,1	15,4
PEDRA AZUL	1918 a 1942	MÁX.	36,4	37,5	36,5	35,8	34,8	33,0	32,7	35,3	36,4	38,6	36,4	36,7	38,6
	1918 a 1956	MED.	25,0	24,9	24,6	23,6	21,4	20,0	19,3	21,1	22,3	24,0	23,8	24,1	22,8
	1918 a 1942	MÍN.	12,6	11,8	13,2	12,4	6,5	6,4	5,4	5,7	9,0	11,3	11,8	14,0	5,4
TEÓFILO OTONI	1918 a 1942	MÁX.	38,0	37,6	36,0	36,0	34,2	32,4	34,0	35,0	36,0	37,6	37,6	39,0	39,0
		MÉD.	24,7	24,4	24,2	22,9	21,0	19,4	18,5	19,3	21,2	22,9	23,5	24,2	22,2
		MÍN.	14,2	16,2	14,2	10,6	8,4	8,0	6,2	5,6	7,6	10,4	12,8	15,6	5,6
CARAVELAS	1933 a 1942	MÁX.	33,8	33,2	33,6	33,3	31,7	30,8	28,6	28,6	31,7	32,1	31,9	33,2	33,8
		MED.	25,5	25,6	25,2	24,7	23,1	21,4	20,6	21,0	22,1	23,5	24,2	25,0	23,5
		MÍN.	17,5	19,2	18,9	16,8	14,3	13,6	12,9	12,2	12,5	13,7	16,2	17,9	12,2

FONTE: SUDENE

velocidade média anual dos ventos foi de 2,9 metros/segundo. Em Teófilo Otoni no período de 1918-1942 se registrou a média mais baixa, 0,9 metros/segundo.

A umidade relativa média anual diminui do litoral para o interior de cerca de 16,6%. Oscila de acordo com as estações, variando de 69,3% a 80,0% na zona interior, alcançando cerca de 83,1% em Caravelas, no litoral. Na parte mais rebaixada do vale do rio Jequitinhonha, em Jequitinhonha, é da ordem de 69,3%, tornando-se mais alta em Pedra Azul e Teófilo Otoni, cujos valores são da ordem de respectivamente, 73,3% e 80,0%.

No quadro 4.3 são mostrados os valores médios mensais da umidade relativa.

#### 4.2.4 Insolação

Os únicos dados disponíveis de insolação na área foram observados nas estações meteorológicas de Pedra Azul, Teófilo Otoni e Caravelas (quadro 4.4).

Em Teófilo Otoni a nebulosidade é muito mais influente do que no restante da área, provocando a mais baixa média anual de número de horas de insolação (1505,8).

As estações de Pedra Azul e Caravelas registraram totais anuais idênticos, apesar da diferença de altitude, enquanto Teófilo Otoni com um total de 1505,8 horas apresenta um desvio de 26,4%.

Nas estações consideradas, março se apresenta como o mês mais ensolarado, enquanto novembro apresenta o valor mínimo.

QUADRO-4.3.

## UMIDADE RELATIVA MEDIA MENSAL(%)

ESTAÇÃO	PERÍODO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	ANUAL
JEQUITINHONHA	1930 a 1938	68,4	67,9	70,6	73,6	74,7	72,8	72,8	66,0	63,0	62,3	69,9	70,3	69,3
PEDRA AZUL	1918 a 1942	72,8	74,1	74,9	75,8	76,7	75,8	75,3	70,8	67,8	67,9	73,4	74,0	73,3
TEÓFILO OTONI	1918 a 1942	79,2	79,0	80,7	82,3	82,9	82,9	82,3	79,1	76,3	76,1	79,8	80,2	80,0
CARAVELAS	1933 a 1942	82,1	82,5	83,6	83,6	84,5	87,9	84,8	82,7	81,9	81,2	80,6	82,4	83,1

FONTE: M.M.A. e SUDENE

QUADRO - 4.4.  
 MEDIAS MENS AIS E ANUAIS DO NUMERO DE  
 HORAS DE INSOLAÇÃO (1918-1942)

ESTAÇÃO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	ANUAL
PEDRA AZUL	200,5	180,8	196,0	165,6	159,0	157,1	156,6	195,5	177,8	164,2	134,2	159,8	2.047,1
TEÓFILO OTONI	157,2	153,4	148,7	131,1	120,0	111,8	109,5	136,6	106,6	105,8	101,6	123,5	1.505,8
CARAVELAS +	91,8	196,1	220,5	178,6	221,0	183,0	199,7	206,3	151,8	132,9	72,0	186,9	2.040,6

+ Dados Referentes a 1971

Fonte: IBGE, M.M.A.

#### 4.2.5 Evaporação e Evapotranspiração

Os valores da evaporação média mensal e anual da área em estudo são fornecidos por três estações evaporimétricas e obtidos em tanque "Classe A".

Como se observa no quadro 4.5, as alturas médias anuais evaporadas apresentam desvios inferiores a 33%, de uma estação para outra. Essas variações, naturalmente se devem à influência dos diversos fatores climáticos reinantes em cada lugar.

Em Pedra Azul a média anual é de 998,7 mm contra 670,3 mm em Teófilo Otoni. Os valores de Caravelas não podem ser considerados na interpretação por representar apenas as observações ao longo de um ano, o que não impede entretanto, de serem citados como ilustração.

As lâminas de precipitações médias anuais em todas as estações excedem as evaporações, atingindo um mínimo em Pedra Azul de 11,6 mm.

Os gráficos das figs. 4.7, 4.8 e 4.9 mostram que a evaporação média mensal sofre influência de vários fatores climáticos - temperatura, umidade relativa do ar, ventos, insolação etc.

Nas três estações estudadas observa-se que as lâminas evaporadas acompanham de modo sensível o movimento anual da temperatura do ar, que parece ter influência preponderante sobre a evaporação; não obstante, pode-se notar que outros fatores climáticos como a insolação exercem certas influências em determinadas épocas do ano.

Quanto a evapotranspiração potencial (ETP), os valores representados no quadro 4.6 foram calculados pela

QUADRO - 4.5.

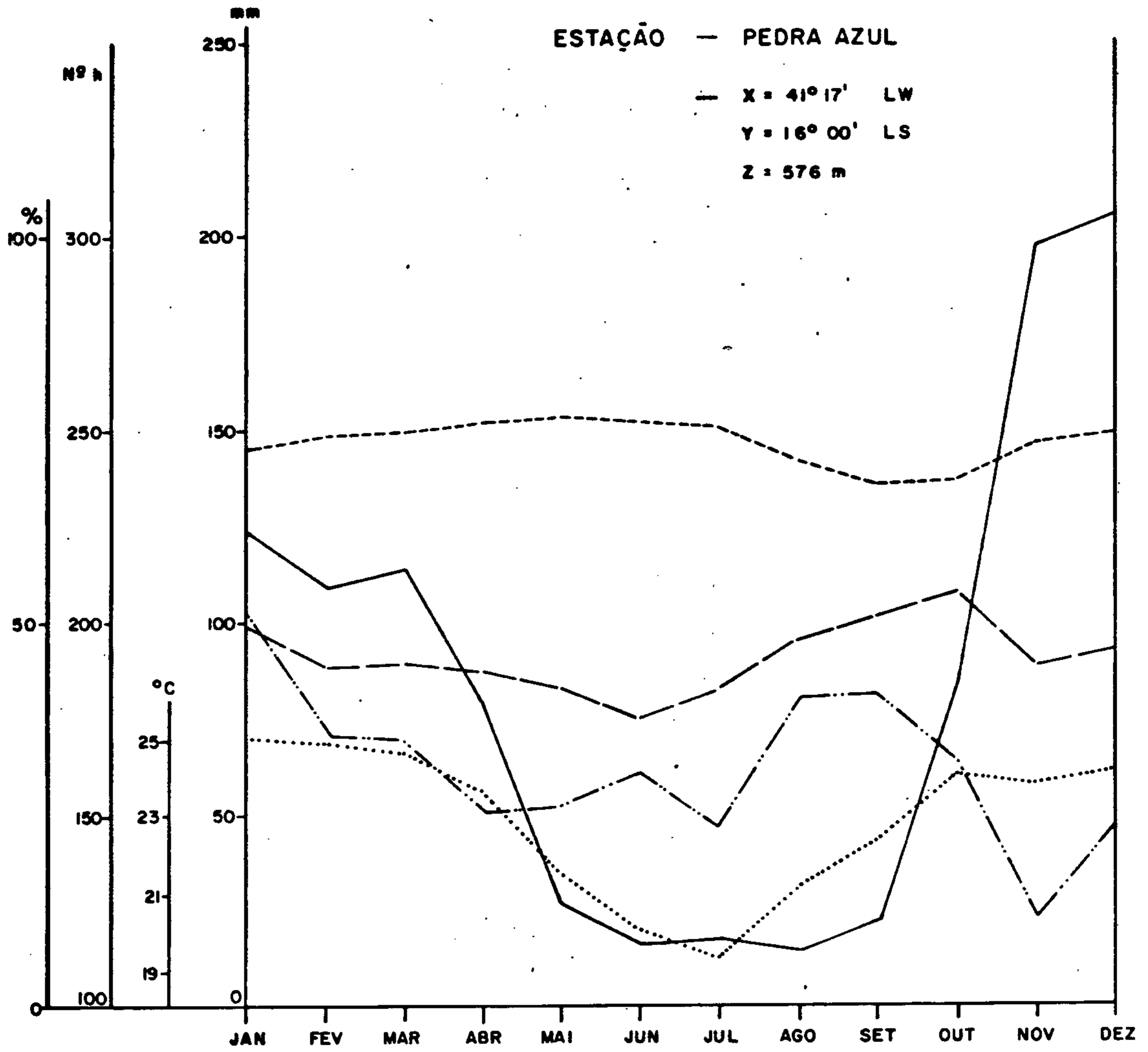
## EVAPORAÇÃO EM TANQUE "CLASSE A" (mm)

ESTAÇÃO	PERÍODO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	ANUAL
PEDRA AZUL	1918 a 1942	89,7	79,5	83,2	77,5	70,8	68,3	71,2	90,9	101,9	106,2	77,1	82,4	998,7
TEÓFILO OTONI	1918 a 1942	64,4	59,4	58,3	49,1	45,0	41,1	44,3	55,8	64,6	71,4	56,3	60,6	670,3
CARAVELAS	1971	91,8	97,9	88,1	86,5	88,3	66,2	72,4	86,4	74,8	82,1	48,1	82,9	965,5

FONTE: IBGE-1974 (BA)

SUDENE

# GRÁFICO COMPARATIVO DE PARÂMETROS CLIMÁTICOS

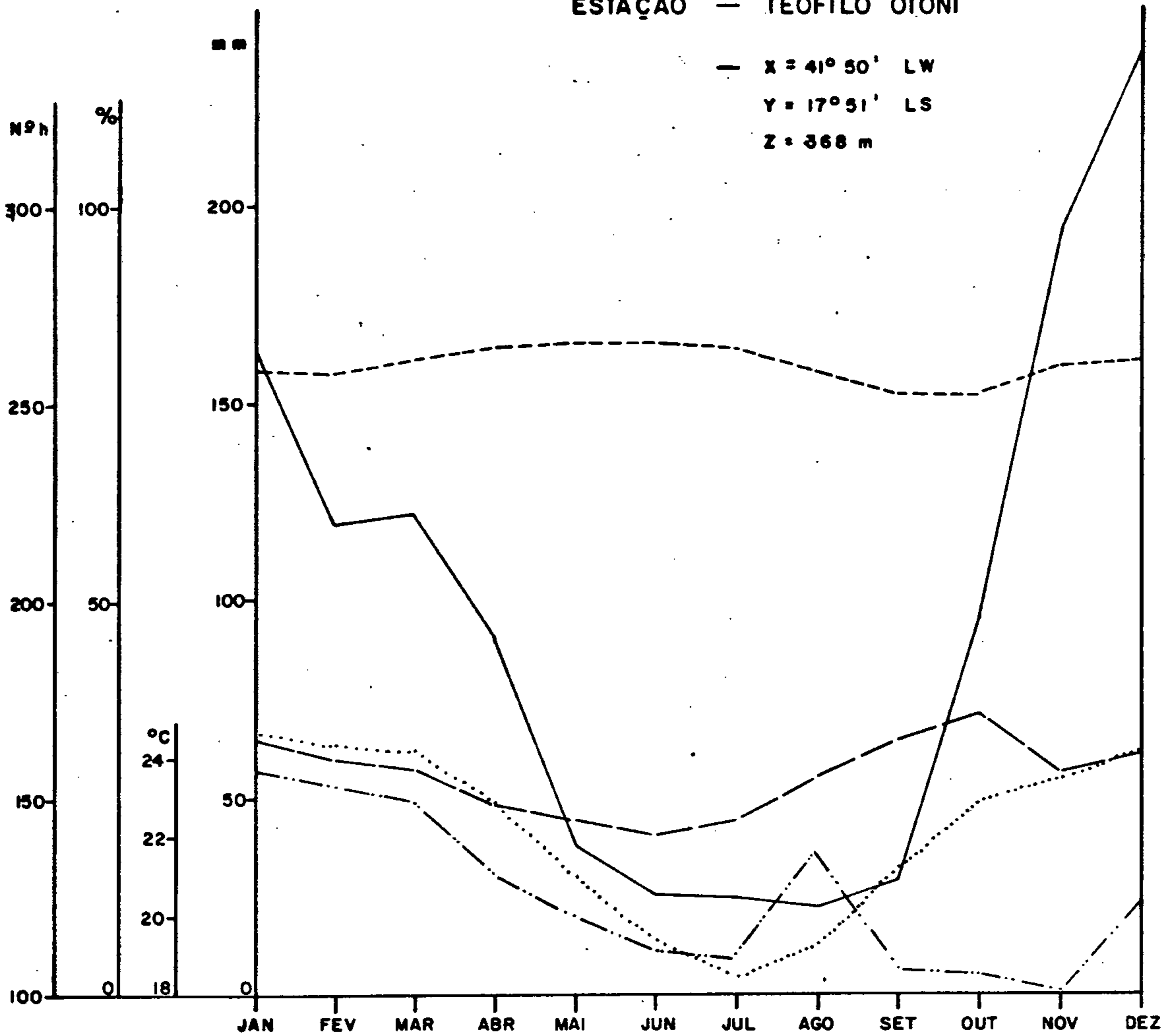


—	PRECIPITAÇÃO (mm)	PERÍODO : 1912 - 1958
.....	TEMPERATURA (°C)	PERÍODO : 1918 - 1942/1949 - 1956
- - - -	UMIDADE RELATIVA (%)	PERÍODO : 1918 - 1942
—	EVAPORAÇÃO (mm)	PERÍODO : 1918 - 1942/1949 - 1956
- · - · -	INSOLAÇÃO (Nºh)	PERÍODO : 1918 - 1942/1949 - 1956

FIG. 4.7

# GRÁFICO COMPARATIVO DE PARÂMETROS CLIMÁTICOS

ESTAÇÃO — TEÓFILO OTONI

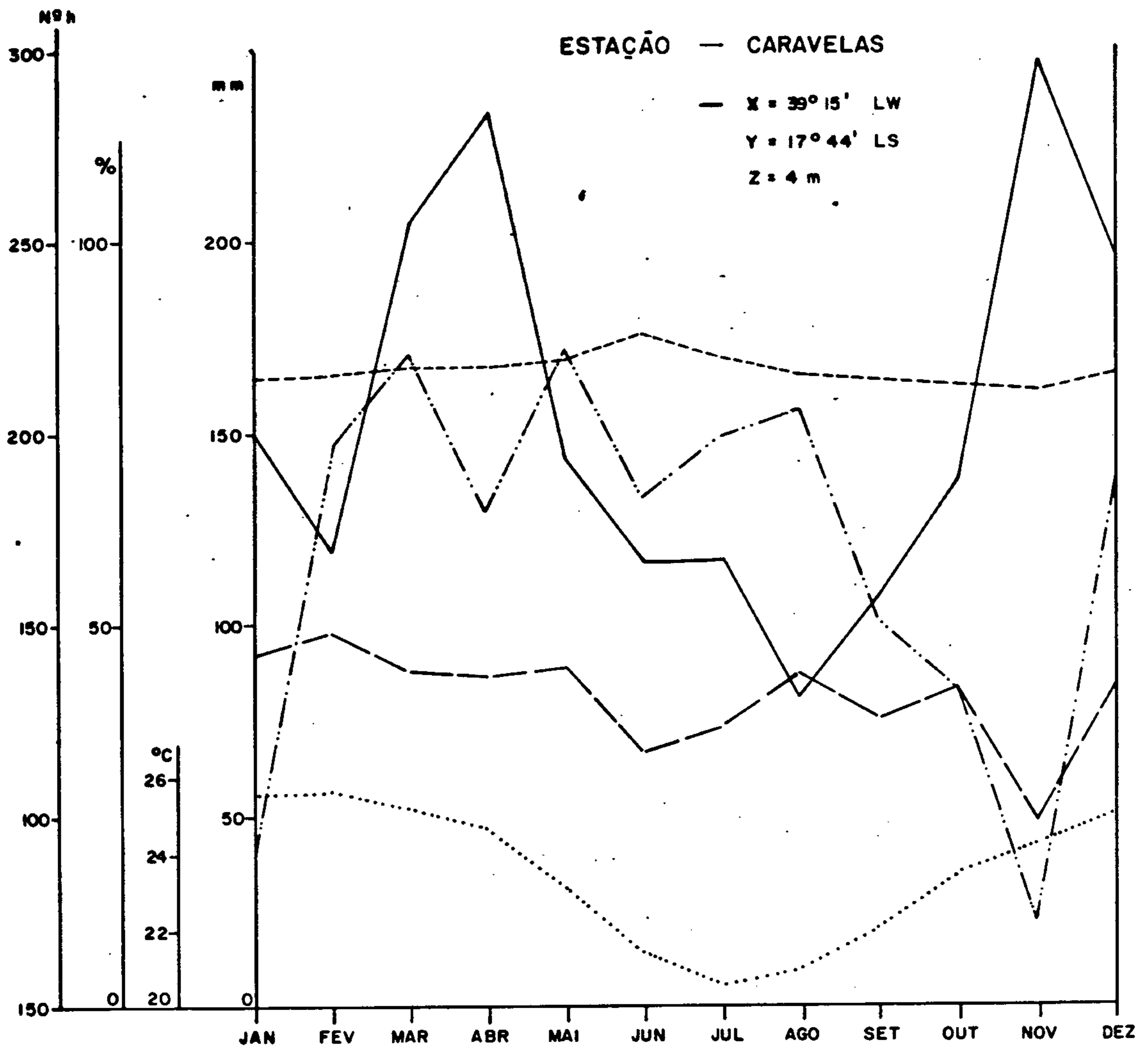


- |           |                      |                       |
|-----------|----------------------|-----------------------|
| —         | PRECIPITAÇÃO (mm)    | PERÍODO : 1912 - 1958 |
| .....     | TEMPERATURA (°C)     | PERÍODO : 1918 - 1942 |
| - - - -   | UMIDADE RELATIVA (%) | PERÍODO : 1918 - 1942 |
| - - - -   | EVAPORAÇÃO (mm)      | PERÍODO : 1918 - 1942 |
| - · - · - | INSOLAÇÃO (N°h)      | PERÍODO : 1918 - 1942 |

FIG. 4.8



# GRÁFICO COMPARATIVO DE PARÂMETROS CLIMÁTICOS



—	PRECIPITAÇÃO (mm)	PERÍODO : 1933 - 1942
.....	TEMPERATURA (°C)	PERÍODO : 1933 - 1942
- - - -	UMIDADE RELATIVA (%)	PERÍODO : 1933 - 1942
- - - - -	EVAPORAÇÃO (mm)	ANO : 1971
- · - · -	INSOLAÇÃO (Nºh)	ANO : 1971

FIG. 4.9

QUADRO - 4.6.  
 EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL MEDIA MENSAL E ANUAL (mm)

ESTAÇÃO	PERÍODO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	ANUAL
JEQUITINHONHA	1930 a 1939	122,3	125,0	122,9	126,1	95,2	92,8	94,3	102,2	136,9	126,1	120,3	121,7	1.385,8
PEDRA AZUL	1918 a 1942	117,1	119,4	117,6	120,2	90,6	87,4	88,4	100,0	130,1	120,1	115,2	116,2	1.322,3
TEÓFILO OTONI	1918 a 1942	118,2	120,3	118,5	120,8	91,0	87,4	88,4	95,7	128,8	119,6	116,0	117,3	1.322,0
CARAVELAS	1933 a 1942	125,9	126,0	125,4	122,0	92,2	90,5	88,0	99,2	125,1	119,0	123,5	125,0	1.361,8

fórmula de TURC abaixo:

$$ETP = 0,40 \frac{t}{t + 15} \times (I_g + 50) \left( 1 + \frac{50 - hr}{70} \right)$$

onde:

ETP = evapotranspiração potencial em mm/mês.

t = temperatura média mensal em °C.

I<sub>g</sub> = valor médio mensal da radiação solar, expressa em pequenas calorias por cm<sup>2</sup> de superfície horizontal.

hr = umidade relativa do ar.

No mês de fevereiro a constante 0,40 da fórmula muda para 0,37 no cálculo da evapotranspiração.

O fator  $\left( 1 + \frac{50 - hr}{70} \right)$  não foi utilizado devido ao fato dos valores da umidade relativa serem maiores que 50%.

Os resultados das estações de Pedra Azul e Teófilo Otoni mostram que a ETP média anual é praticamente constante e igual a 1.322 mm.

Nas estações de Caravelas e Jequitinhonha os valores encontrados se referem a períodos muito curtos. É evidente que nesse caso não se pode obter uma boa aproximação, pois as temperaturas médias adotadas no cálculo se referem a períodos de 9 anos, quando o desejável seria, pelo menos, 20 anos.

Os valores para a evapotranspiração real das estações consideradas foram calculados a partir da fórmula de TURC:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

onde:

ETR = evapotranspiração média real anual em mm

P = pluviometria média anual em mm

L = é o parâmetro de TURC, de valor:

$$L = 300 + 25 T + 0,05 T^3, \text{ onde } T \text{ é a temperatura média anual em } ^\circ\text{C}.$$

Conforme o quadro comparativo abaixo, podemos observar que os resultados da evapotranspiração real estão coerentes com as pluviometrias e evapotranspirações potenciais médias anuais das mesmas estações.

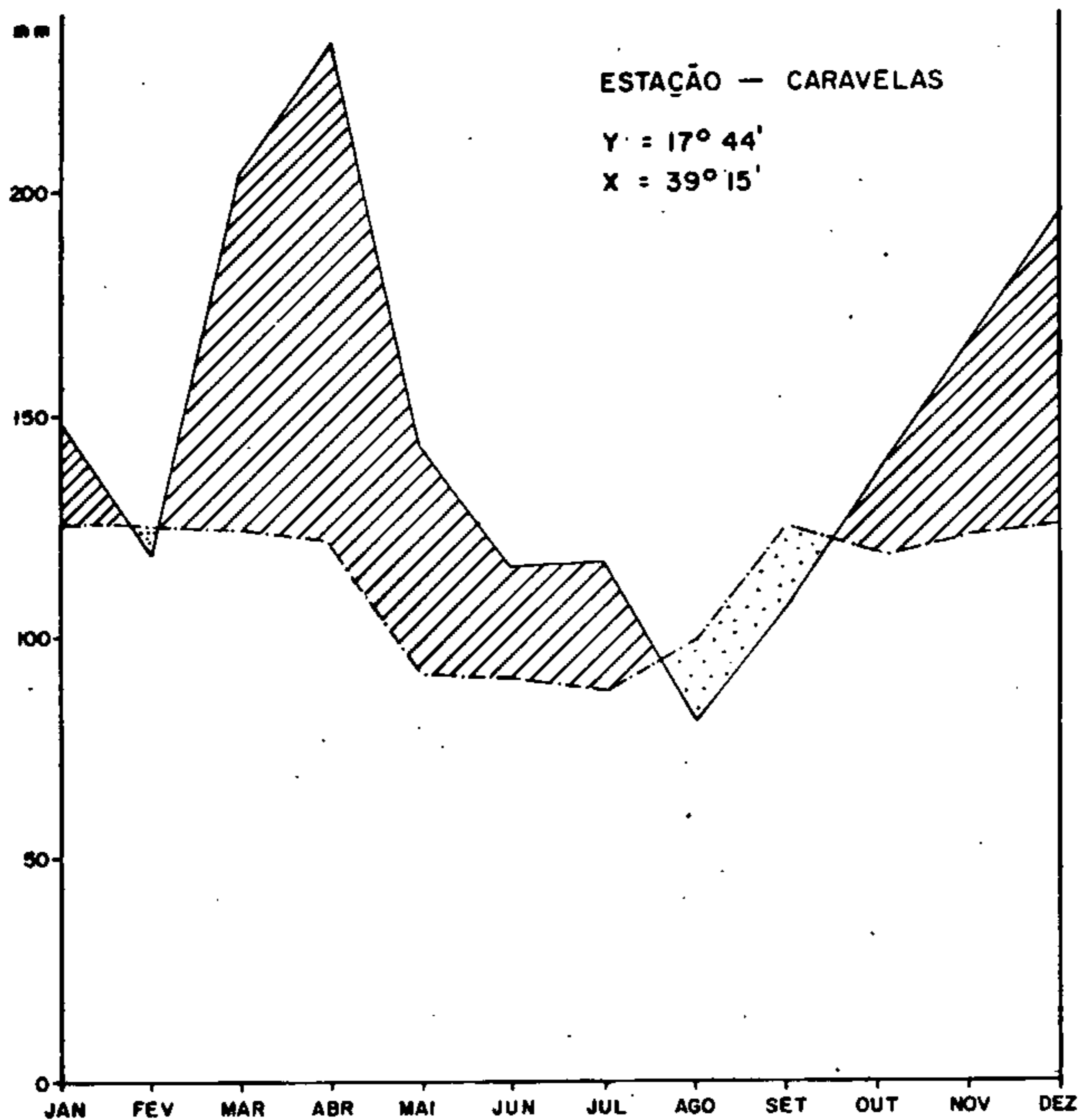
ESTAÇÃO	P	ETR	ETP
Jequitinhonha	877,4	812,4	1385,8
Pedra Azul	1010,3	863,5	1322,3
Teófilo Otoni	1166,0	925,4	1322,0
Caravelas	1850,6	1209,5	1361,8

#### 4.2.6 Balanço Hídrico Preliminar

Os balanços hídricos das estações de Caravelas, Pedra Azul, Teófilo Otoni e Jequitinhonha são apresentados nas figuras 4.10, 4.11, 4.12 e 4.13 respectivamente. Foram realizados a partir dos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e reservas de água utilizável calculados para cada situação específica das estações.

A ausência de deficit na estação de Caravelas (fig. 4.10) é explicável pela elevada pluviometria da área

# BALANÇO HÍDRICO



- PRECIPITAÇÃO (1933 - 1942)
- - - - EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL = POTENCIAL (1933 - 1942)
- ▤ UTILIZAÇÃO DA RESERVA DE ÁGUA
- ▨ EXCEDENTE DE ÁGUA

FIG. 4.10



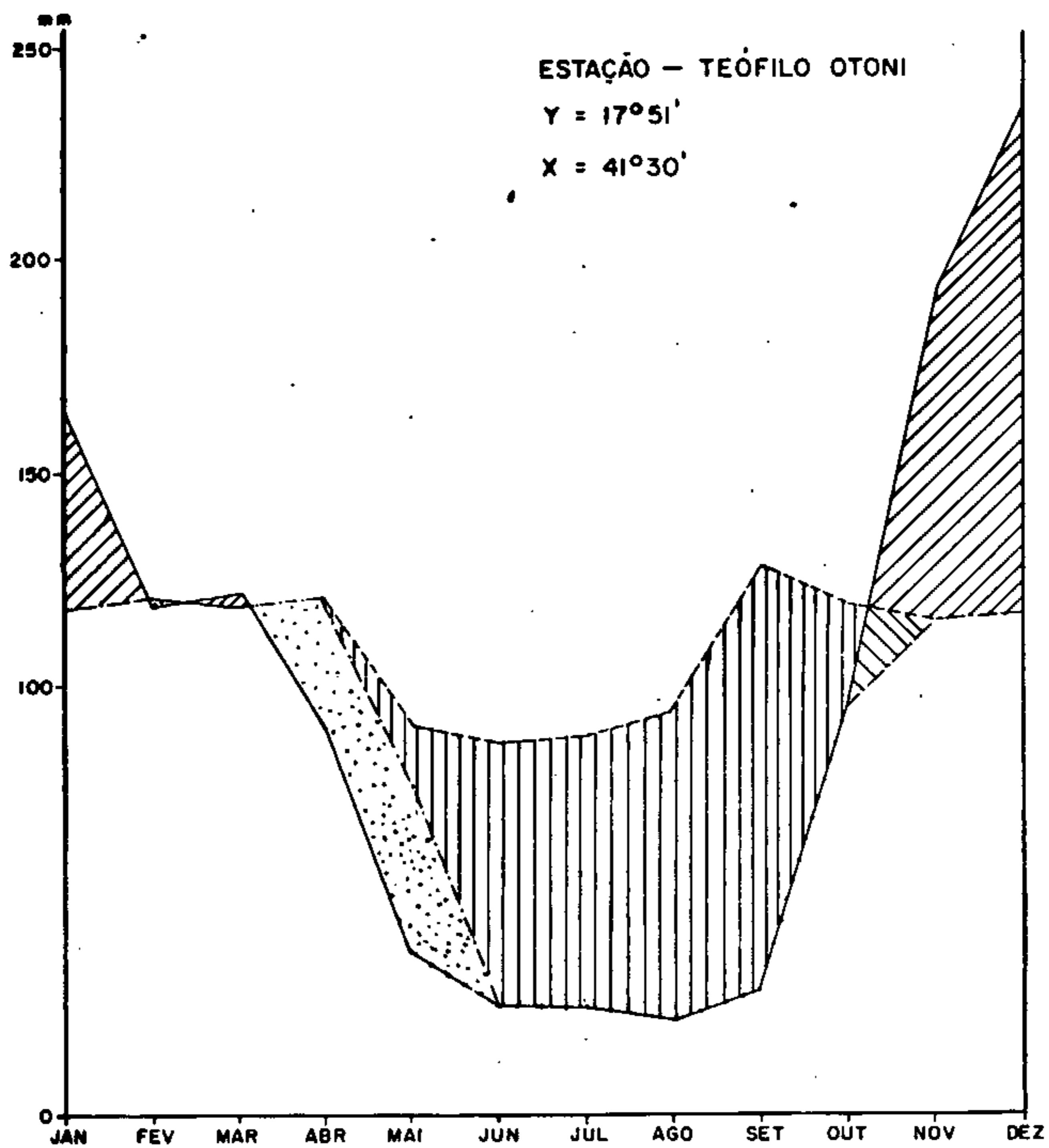


QUADRO 4.8  
BALANÇO HÍDRICO EM PEDRA AZUL

	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	TOTAL
P	122,7	109,5	113,9	79,9	26,5	16,5	17,8	14,6	22,2	84,6	197,4	204,7	1.010,3
ETP	117,1	119,4	117,6	120,2	90,6	87,4	88,4	100,0	130,1	120,1	115,2	116,2	1.322,3
P - ETP	5,6	- 9,9	- 3,7	- 40,3	- 64,1	- 70,9	- 70,6	- 85,4	- 107,9	- 35,5	82,2	88,5	
RESERVA DE ÁGUA UTILIZÁVEL	67,5	57,6	53,9	13,6	0	0	0	0	0	0	67,5	67,5	
ETR	117,1	119,4	117,6	120,2	40,1	16,5	17,8	14,6	22,2	84,6	115,2	116,2	901,5
EXCEDENTE	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,7	88,5	108,8
DEFICIT	-	-	-	-	50,5	70,9	70,6	85,4	107,9	35,5	-	-	420,8



# BALANÇO HÍDRICO



- PRECIPITAÇÃO (1912 - 1958)
- - - - EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (1918 - 1942)
- · - · - EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL
- ▨ - UTILIZAÇÃO DA RESERVA DE ÁGUA
- ▧ - EXCEDENTE DE ÁGUA
- ▩ - DEFICIT
- ▨ - INFILTRAÇÃO

FIG. 4.12

QUADRO 4.9  
BALANÇO HÍDRICO EM TEÓFILO OTONI

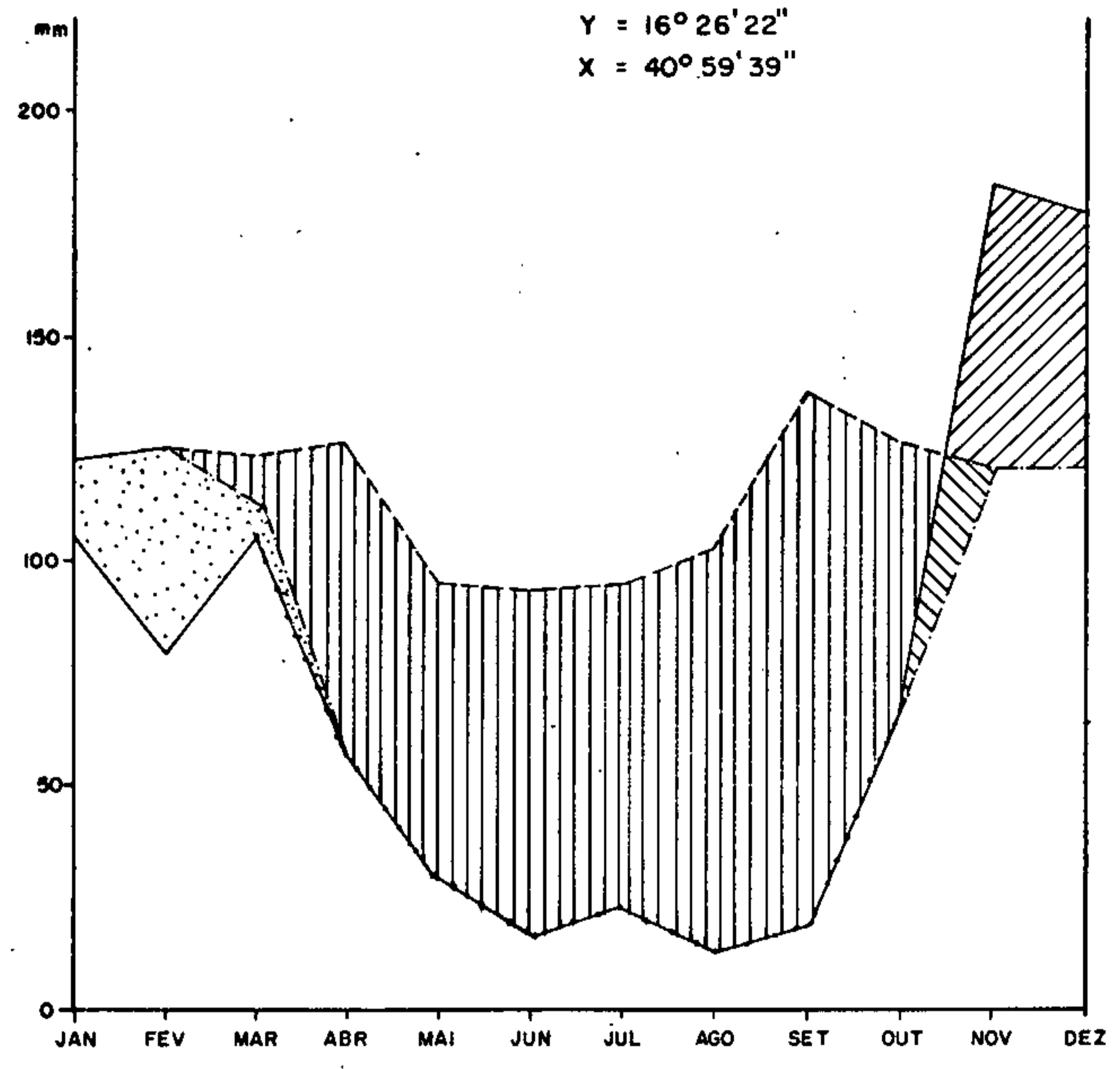
	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	TOTAL
P	164,4	119,7	122,0	91,5	38,0	25,9	25,0	22,0	29,4	95,4	194,4	238,3	1.166,0
ETP	118,2	120,3	118,5	120,8	91,0	87,4	88,4	95,7	128,8	119,6	116,0	117,3	1.322,0
P - ETP	46,2	- 0,6	3,5	- 29,3	- 53,0	- 61,5	- 63,4	- 73,7	- 99,4	- 24,2	78,4	121,0	
RESERVA DE ÁGUA UTILIZÁVEL	67,5	66,9	67,5	38,2	0	0	0	0	0	0	67,5	67,5	
ETR	118,2	120,3	118,5	120,8	76,2	25,9	25,0	22,0	29,4	95,4	116,0	117,3	985,0
EXCEDENTE	46,2	-	2,9	-	-	-	-	-	-	-	10,9	121,0	181,0
DEFICIT	-	-	-	-	14,8	61,5	63,4	73,7	99,4	24,2	-	-	337,0

# BALANÇO HÍDRICO

ESTAÇÃO — JEQUITINHONHA

Y = 16° 26' 22"

X = 40° 59' 39"



- PRECIPITAÇÃO (1930-1973)
- - - EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (1930-1939)
- ..... EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL
- ▤ UTILIZAÇÃO DA RESERVA DE ÁGUA
- ▨ EXCEDENTE DE ÁGUA
- ▧ DÉFICIT
- ▩ INFILTRAÇÃO

FIG. 4.13

QUADRO 4.10  
BALANÇO HÍDRICO EM JEQUITINHONHA

	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	TOTAL
P	105,8	79,9	105,3	57,7	29,9	16,5	22,7	13,5	18,4	66,7	183,4	176,5	877,4
ETP	122,3	125,0	122,9	126,1	95,2	92,8	94,3	102,3	136,9	126,1	120,3	121,7	1.385,8
P - ETP	- 16,5	- 45,1	- 17,6	- 68,4	- 65,3	- 76,3	- 71,6	- 88,8	- 118,5	- 59,4	63,1	54,8	
RESERVA DE ÁGUA UTILIZÁVEL	51,0	5,9	0	0	0	0	0	0	0	0	63,1	67,5	
ETR	122,3	125,0	111,2	57,7	29,9	16,5	22,7	13,5	18,4	66,7	120,3	121,7	825,9
EXCEDENTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,4	50,4
DEFICIT	-	-	11,7	68,4	65,3	76,3	71,6	88,8	118,5	59,4	-	-	560,0

e conseqüente saturamento do solo (66,0 mm) durante quase todos os meses do ano, o que permite a cobertura dos valores negativos (fevereiro, agosto, setembro e dezembro), provenientes da diferença P-ETP (quadro 4.7).

Nas estações de Pedra Azul e Teófilo Otoni (figs. 4.11 e 4.12) o balanço hídrico acusou um deficit anual de, respectivamente, 420,8 mm e 337,0 mm, distribuídos pelos meses de maio a outubro, período de baixa pluviosidade. Em Pedra Azul (quadro 4.8), os valores de reserva útil mantêm - se completos de novembro a janeiro. A partir de fevereiro começa a haver a utilização das reservas, com perdas contínuas até o mês de abril. Em Teófilo Otoni (quadro 4.9), os valores da reserva útil se apresentam bastante homogêneos, mantendo-se contínuos (67,5 mm) durante o período de novembro a março. Para as duas estações, os valores de escoamento são bem aproximados, havendo também muita proximidade entre as respectivas evapotranspirações potenciais.

Em Jequitinhonha (fig. 4.13), o deficit anual alcança 560,0 mm, distribuídos por um período mais longo, de março a outubro. Os valores da reserva útil se mantêm relativamente elevados nos meses de novembro, dezembro e janeiro, com pequena utilização de reserva (quadro 4.10).

Os resultados da evapotranspiração real anual obtidos a partir do balanço hídrico para cada estação, são razoavelmente comparáveis àqueles estabelecidos pela fórmula de TURC e calculados no item 4.2.5.

#### 4.2.7 Caracterização Climática

Pela classificação de Köppen a área da folha

está sujeita a quatro variedades de tipos climáticos (fig. 4.14).

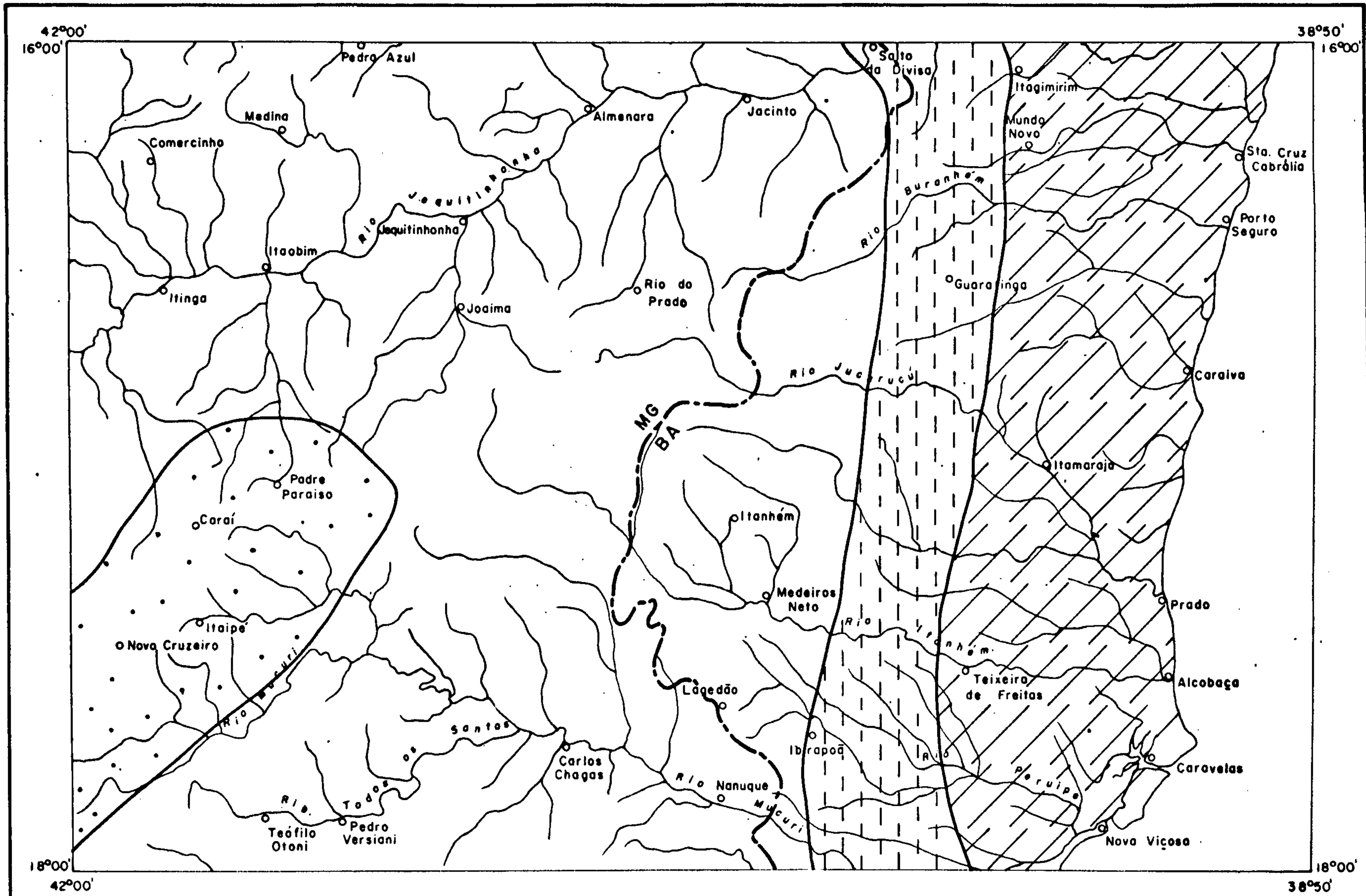
Na parte litorânea da folha predominam dois tipos de climas (Af e Am) que se distribuem em faixas paralelas à costa. Correspondem ao clima de florestas tropicais, quentes e úmidos, e apresentam as mesmas características de temperaturas elevadas, variando entre  $21,5^{\circ}$  e  $24,2^{\circ}$  C as médias anuais.

A principal diferença entre os dois tipos está no fato de que o período menos chuvoso no clima Af não é tão acentuado como no tipo Am, que, pela sua situação, corresponde a uma faixa de transição entre Af e Aw.

No canto sudoeste da folha tem-se um clima do tipo Cwa, tropical de altitude com verões quentes e chuvas de verão.

Dominando a maior parte da área ocorre o tipo Aw, clima de savanas tropicais, quente e úmido com estação seca de outono-inverno, no qual 80% a 90% das chuvas caem no período de outubro a março. A distinção entre os períodos secos e chuvosos é muito nítida. Este tipo climático vigora provavelmente até uma altitude aproximada de 750 m, onde cede lugar a um clima mais ameno, com temperaturas médias mais baixas (Cwa). A diferença existente entre este clima tropical de altitude e o tropical quente e úmido (Aw), reside apenas na diminuição da temperatura como efeito da altitude. Na realidade, o regime pluviométrico é o mesmo da área adjacente de clima Aw, registrando-se apenas uma temperatura média mais baixa, inferior a  $18^{\circ}$  C no mês mais frio para o clima Cwa.

A serra da Sapucaia, localizada entre Pedra



MAPA DE CLIMA



ESC. GRÁFICA

- - Cidade  
 - Drenagem permanente

LEGENDA

TIPOS DE CLIMA

- Aw
- Cwa
- Am
- Af

FIG. 4.14

Fonte: IBGE

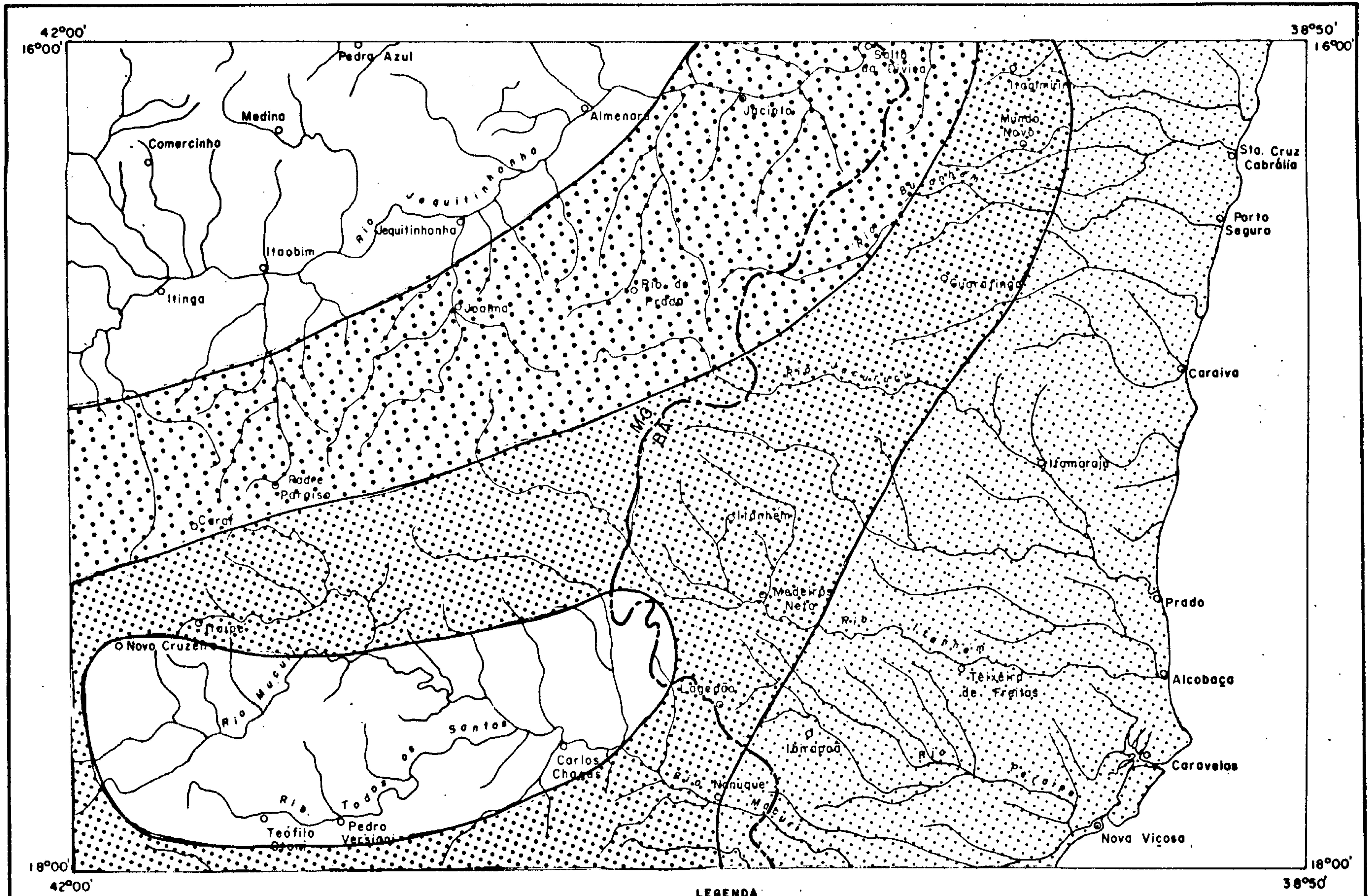
Azul e Jequitinhonha, com altitude de 1.100 m, apresenta um clima local, que provavelmente está incluído no tipo climático Cwb de Köppen. Nesta área, onde a precipitação efetiva é bastante alta e ocorre também forte nebulosidade, existe uma floresta tropical úmida, com muitas epífitas, musgos, palmitos e um manto de detritos orgânicos espesso e úmido sobre o solo. Provavelmente, ocorrem chuvas de relevo, aumentando assim o total anual e atenuando a estação seca, que deve ser bem menor que no restante da região. Num trecho deprimido entre São Pedro do Jequitinhonha e o meridiano  $42^{\circ}$ , no vale do rio Jequitinhonha, situa-se a zona de clima mais seco da área. Isto decorre da situação do vale, que se encontra encaixado entre chapadas, ficando desta maneira, abrigado das massas de ar portadoras de umidade. Verificam-se temperaturas médias anuais bastante elevadas, da ordem de  $24,5^{\circ}$  C e baixas precipitações, da ordem de 730,0 mm. Este clima que pode ser considerado sub-semi-árido, provavelmente constitui transição entre o Aw e o BSh.

Adotando a classificação de GAUSSEN, pode-se chegar a um conhecimento mais amplo das correlações existentes entre os diversos elementos do clima e sua influência sobre os diferentes tipos de vegetação dentro da área.

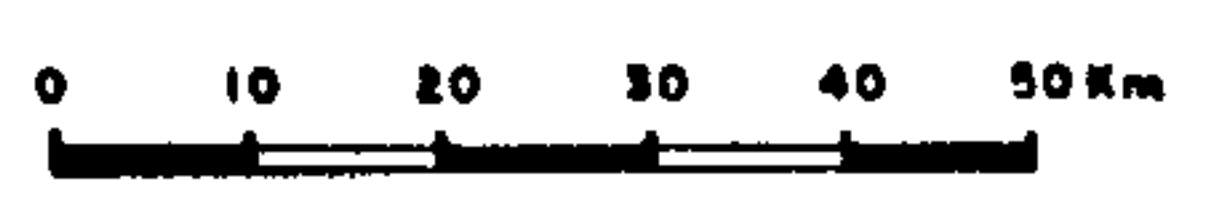
No mapa da fig. 4.15 estão indicadas as sub-regiões bioclimáticas identificadas na área, cuja descrição sumária damos a seguir:

- Tropical quente de seca média (4bTh): estação seca de inverno com uma duração média de 5 a 6 meses. A este clima corresponde uma caatinga mais branda, como a que ocorre nas circun





MAPA DE BIOCLIMA



ESC. GRÁFICA

- - Cidade
- - Drenagem permanente

LEGENDA

CLASSIFICAÇÃO BIOCLIMÁTICA SEGUNDO GAUSSEN

Xeroquimênico (Tropical)		4bTh	Termoxeroquimênico médio
		4cTh	Termoxeroquimênico atenuado
		4dTh	Subtermaxérico - caráter de transição
Termaxérico (Equatorial)		6a	Euftermaxérico

FIG. 4.15

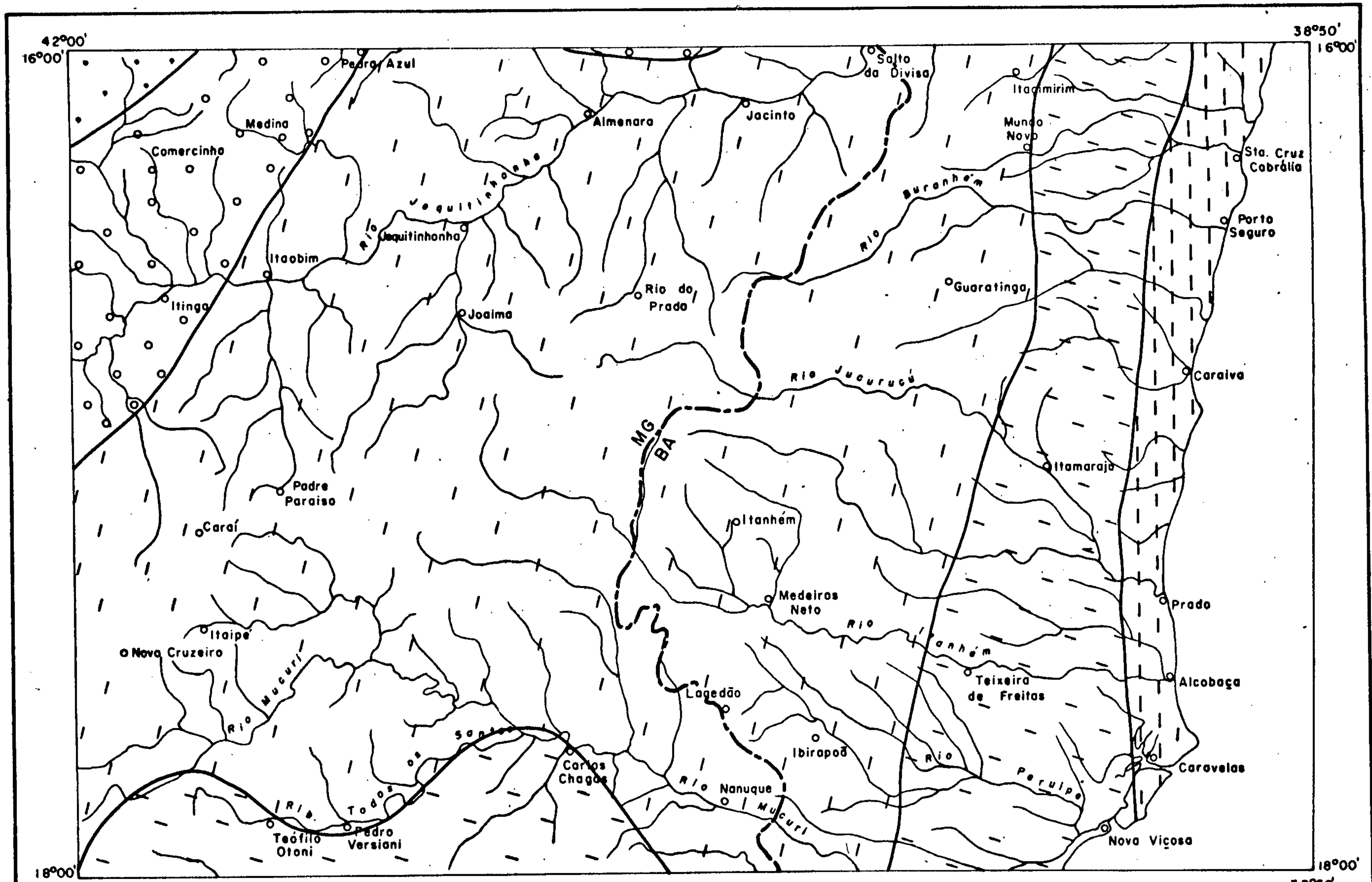
Fonte: IBGE

vizinhanças de Itinga. Há uma expressiva ocorrência de representantes arbóreos. Mancha desse clima aparece na parte sudoeste da área, em torno das estações de Novo Cruzeiro, Teófilo Otoni e Carlos Chagas.

- Tropical quente de seca atenuada (4cTh): estação seca curta de 3 a 4 meses. A este clima corresponde a vegetação do cerrado.
- Tropical quente e sub-seco (4dTh): com estação seca muito curta de 1 a 2 meses. A este tipo de clima corresponde a floresta latifoliada, menos úmida que a do litoral, com grande variedade de epífitas e lianas.
- Equatorial (6a): com temperatura do mês mais frio superior a  $20^{\circ}$  C; período quente contínuo; estações do ano pouco marcadas ou mesmo inexistentes. Este clima se caracteriza ainda por um estado higrométrico muito elevado, superior a 85%. Correspondem a esse clima florestas exuberantes com grande variedade de espécies.

Na fig. 4.16 apresentamos um mapa elaborado por BERTHA K. BECKER que representa os diferentes graus médios de aridez, denominados de "módulos" por representarem a média dos índices de LANG e CAPOT-REY, e de BIROT, calculados sobre a média de um longo período.

- As zonas superúmida e úmida I ocorrem em faixas paralelas ao litoral, resultando da ação dos ventos úmidos oceânicos sobre um relevo com disposição paralela à costa. A zona úmida



**MÓDULOS DE ARIDEZ**



ESC. GRÁFICA

**LEGENDA**

- - Cidade
- - Drenagem permanente

**MÓDULOS DE ARIDEZ SEGUNDO BERTHA K. BECKER**

- |  |            |  |                  |
|--|------------|--|------------------|
|  | Superúmido |  | Semi-úmido       |
|  | Umido I    |  | Sertão sub-úmido |
|  | Umido II   |  |                  |

FIG. 4.16

Fonte: IBGE

da I aparece, também, entre Poté e Carlos Chagas, junto ao paralelo 18<sup>o</sup>. Ambas as zonas representam áreas de pluviosidade superior a 1.000 mm.

- À medida que se caminha para o interior o grau de umidade diminui, o que se constata pela menor pluviosidade da área, onde já ocorrem períodos longos de meses secos. É a faixa correspondente a zona úmida II.
- À zona de transição semi-úmida ocorre no extremo noroeste da área. Nessa zona fica bem ressaltada a importância do relevo sobre o regime de chuvas e a influência deste sobre a vegetação. Dentro dessa zona ocorre a caatinga, que pode estar vinculada, não só aos afloramentos cristalinos, como à ocorrência de secas periódicas que seriam fatais ao desenvolvimento de espécies do cerrado.
- À zona de transição semi-úmida segue-se a zona do "sertão subúmido" : tem pequena ocorrência na área, situando-se no extremo noroeste, em seguimento a zona de transição semi-úmida. Ela engloba trechos menos úmidos do agreste (evaporação muito forte), assim como trechos menos secos do sertão (sopé das serras e chapadas expostas aos ventos úmidos).

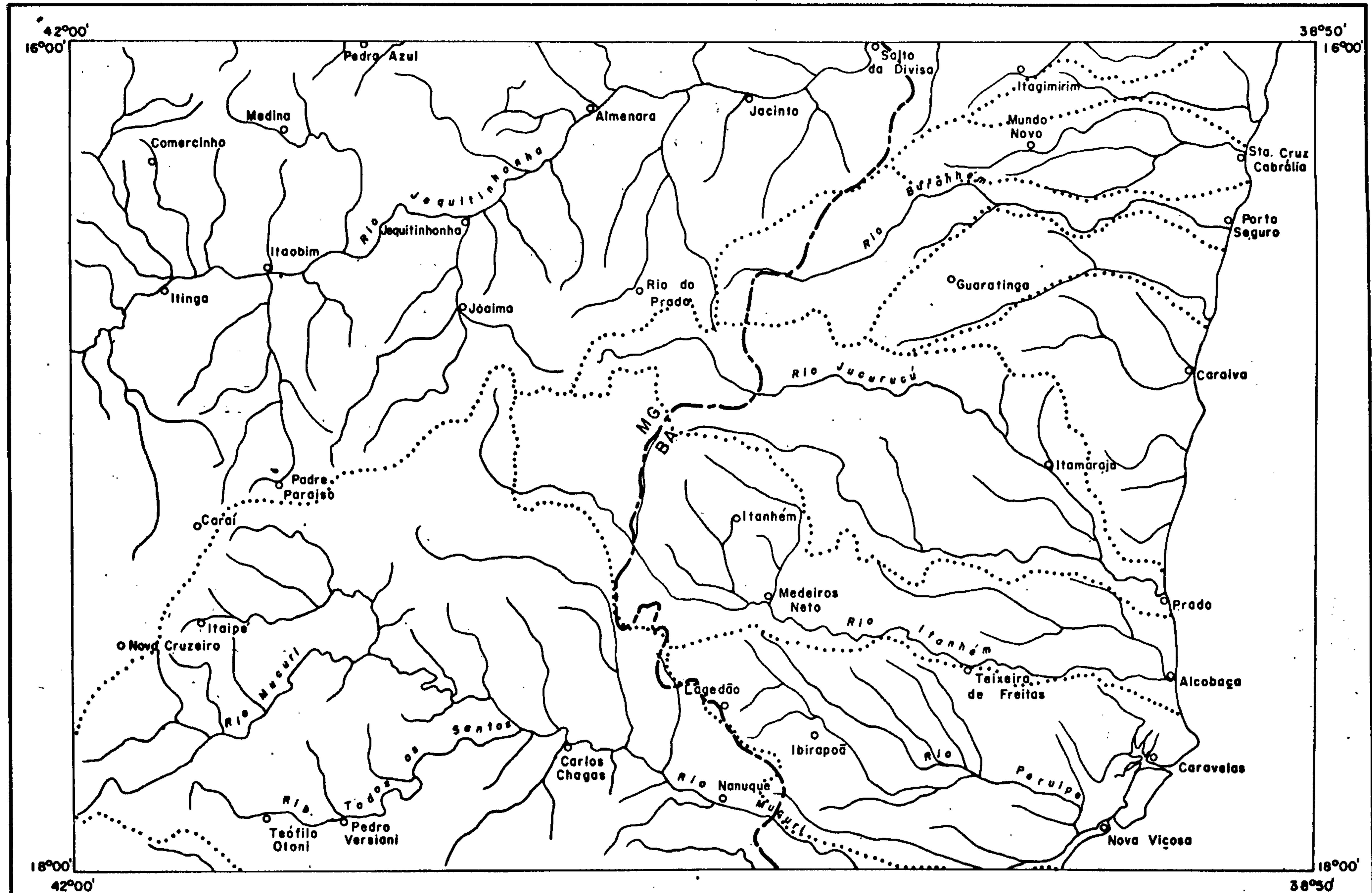
#### 4.3 Hidrografia e Indicações Hidrológicas

##### 4.3.1 A Rede Hidrográfica

Os rios Jequitinhonha e Mucuri são os principais cursos da rede hidrográfica da área, tanto pela expressão areal de suas bacias, cerca de 60% do total, como pelo desenvolvimento estabelecido ao longo de suas margens. Seus cursos e afluentes banham os principais núcleos populacionais. As outras bacias, aqui reunidas como bacias costeiras, são representadas principalmente pelos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu. Todo escoamento da área se dá para leste, terminando diretamente no Oceano Atlântico (fig. 4.17).

Embora nascendo fora da área em estudo, o rio Jequitinhonha apresenta a maior rede hidrográfica, com uma extensão areal de 23.723 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 40% da área total da bacia hidrográfica. Seu vale corta a zona mais árida da área em estudo, onde são medidos os mais baixos índices pluviométricos. Os recursos d'água do vale vêm-se reduzindo de forma bastante acentuada, com o crescente empobrecimento das nascentes e expansão para o sul do polígono das secas. O desmatamento contínuo, especialmente nas cabeceiras de mananciais, originam uma irreparável diminuição das precipitações. Esses fenômenos, aliados a outros, são responsáveis pela modificação local do clima, erosão acelerada etc. Atualmente as estações chuvosas vêm sofrendo retardamento, com sérias consequências em âmbito sócio-econômicos.

Além do exposto acima constatou-se que o escoamento das águas superficiais, próximo ao leito do rio, efetua-se através de vales jovens, em forma de V, com grande velocidade. Este fato é observado em todo o trecho do rio, desde Itinga até Salto da Divisa, onde, nas proximidades do leito, o solo é pouco espesso, tornando reduzidas



**BACIAS HIDROGRÁFICAS**

- LEGENDA**
- - Cidade
  - - Drenagem permanente
  - - - - - Limite de bacia hidrográfica
  - - - - - Divisa interestadual



ESC. GRÁFICA

FIG. 4.17

as possibilidades de armazenagem d'água subterrânea. Quase todo o curso do rio está localizado em área cristalina, e recebe os seguintes afluentes na área: ribeirão São João, rios Rubim do Sul, Rubim do Norte, do Prado, Anta Podre, São Francisco, etc.

O rio Mucuri, o segundo em expressão regional, apresenta praticamente todo seu alto curso dentro da área de estudo, com uma bacia hidrográfica da ordem de 15.610 km<sup>2</sup>, cerca de 66% da extensão da bacia. Sua bacia se situa quase que simetricamente à bacia do Jequitinhonha, sendo separadas a oeste por regiões montanhosas, e se afastando um pouco antes da metade da folha para dar lugar aos afluentes das bacias costeiras. Sua rede hidrográfica é estabelecida quase unicamente sobre o cristalino, cortando apenas uma pequena faixa de sedimentos terciários na sua parte sudeste. Ao contrário do Jequitinhonha, ocupa uma área onde o clima é mais ameno. Seus principais afluentes são o rio Todos os Santos e Ribeirão Marambaia.

Na porção leste da folha, inserindo-se entre as bacias do Jequitinhonha e Mucuri, temos as bacias costeiras onde se destacam os rios Itanhém, Jucuruçu e Peruípe. Nesta zona, as bacias são estreitas e alongadas, de pequena expressão hidrográfica. Nos baixos vales dessas bacias é comum a existência de planícies aluviais importantes, como as dos rios Jucuruçu e Itanhém. Todas elas são invadidas pelas águas das marés altas que penetram pelo leito principal dos rios. Os maiores índices pluviométricos são encontrados nas áreas dessas bacias.

O rio Itanhém (6.310 km<sup>2</sup>), constitui o maior curso d'água da região costeira, com extensão de mais de

200 km. No trecho compreendido entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas, este rio limita duas regiões de relevo e drenagem muito distintas; um relevo ondulado, onde se desenvolve uma drenagem dendrítica e, a sul, um relevo típico de tabuleiros e drenagem sub-paralela. É interessante notar, também, que neste trecho, o rio praticamente só possui afluentes na margem esquerda, destacando os rios Água Preta e Água Fria.

O rio Jucuruçu, com cerca de 180 km de extensão resulta da junção dos braços Norte e Sul. Juntamente com seus afluentes, drenam a parte central das bacias costeiras, passando pelas localidades de Jucuruçu, Coqueiro, Nova Alegria etc. desaguando em Prado. Sua rede hidrográfica abrange uma área de aproximadamente 6.270 km<sup>2</sup>.

O rio Peruípe apresenta a rede hidrográfica mais densa da zona costeira, embora seja o terceiro em expressão areal (5.990 km<sup>2</sup>). Desenvolve-se, em sua maior parte, numa região de tabuleiros, constituindo um padrão aproximadamente sub-paralelo. Resulta da junção dos rios Peruípe Norte e Peruípe Sul, tendo como principais afluentes os rios do Meio ou do Pato e o Pau Alto.

Todos os rios têm cursos relativamente longos, mas sem condições de navegabilidade, a não ser em pequenos trechos, através de canoas, utilizadas quase que somente para travessias de pessoas e mercadorias.

Outras bacias menos importantes são as dos rios Buranhém, João de Tiba e do Frade.

#### 4.3.2 Escoamento Superficial

Desconhece-se qualquer estudo sobre escoamento



superficial dentro da área, a não ser pequena referência a respeito do rio Jequitinhonha.

Toda rede hidrográfica da folha contém 22 (vinte e dois) postos de observações fluviométrica, sendo que somente oito foram escolhidos por apresentarem períodos longos de observação e dados sobre as respectivas áreas drenadas e deflúvios específicos. (Quadro 4.11 e 4.12).

Os hidrogramas dos dois postos do rio Jequitinhonha, fig. 4.18, situados em Almenara e Jacinto, apresentam características muito semelhantes acentuando-se a existência de uma época de águas altas e outra de águas baixas. A descarga média mais fraca registra-se em setembro ( $111,5 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $120,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e a mais elevada cabe a dezembro ( $882,1 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $1073,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ), sendo de 7,9 e 8,8 a razão entre tais valores (muito elevados) em Almenara e Jacinto, respectivamente. Os exames das poligonais de precipitações de 4 (quatro) estações a montante de tais postos (fig. 4.18), demonstram que a média pluviométrica mais elevada coincide com a mais alta média hidrológica, pois ambas se verificam em dezembro, com exceção da média pluviométrica mais alta do posto de Jequitinhonha, que ocorre em novembro. Por outro lado, o mês de pluviosidade mais fraca é sempre agosto e a descarga média mais baixa só é registrada em setembro. Tais atrasos do mínimo hidrológico são explicados pelo fato de que as reservas hídricas acumuladas durante a estação chuvosa são capazes de assegurar a manutenção de descargas razoáveis, só atingindo a mais baixa descarga quando as reservas hídricas estão esgotadas. Em síntese, no regime do Jequitinhonha os gráficos das médias mensais revelam a existência de uma subida e uma descida, bem como valores médios extremos bem contrastantes.

QUADRO 4.11  
DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS EM m<sup>3</sup>/s

BACIA	ESTAÇÃO	PERÍODO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
Jequitinhonha	Almenara	1938/66	837,30	684,80	634,90	367,20	216,70	167,10	143,50	121,90	111,50	159,60	430,20	882,10
Jequitinhonha	Itaobim	1948/73	584,90	397,30	401,30	240,30	143,90	115,80	102,80	88,50	85,30	139,30	375,30	707,40
Jequitinhonha	Jacinto	1942/73	870,40	633,10	550,90	368,80	232,90	191,00	156,40	131,70	120,80	182,90	535,80	1.073,20
Jequitinhonha	Jequitinhonha	1940/75	659,70	475,50	446,20	297,60	174,50	134,60	117,60	100,50	82,40	157,10	423,40	746,00
Mucuri	Carlos Chagas	1943/73	125,70	96,30	87,80	113,00	82,80	76,10	76,00	72,90	69,10	82,40	106,50	163,40
Mucuri	Faz. Diacui	1968/73	71,80	54,20	66,50	50,20	36,00	36,50	36,60	30,20	28,60	44,80	93,70	107,00
Mucuri	Francisco Sá	1945/60	21,60	13,70	18,10	14,20	9,20	7,80	7,10	6,00	5,20	7,40	15,0	27,20
Mucuri	Nanuque	1944/60	146,20	105,60	112,30	105,60	70,20	62,00	57,60	49,50	40,80	51,50	99,30	175,90

FONTE: DNAEE

QUADRO. 4.12.

## DESCARGAS MÉDIAS E DEFLÚVIOS ESPECÍFICOS

BACIA	SUB-BACIA	ESTAÇÃO	ÁREA DA BACIA ATÉ A ESTAÇÃO (km <sup>2</sup> )	DESCARGA MÉDIA ANUAL (m <sup>3</sup> /s)	PERÍODO	DEFLÚVIO ESPECÍ- FICO (l/s. km <sup>2</sup> )
Jequitinhonha	Jequitinhonha	Almenara	55.637	396,4	1938/66	7,12
Jequitinhonha	Jequitinhonha	Itaobim	45.819	281,8	1948/73	6,15
Jequitinhonha	Jequitinhonha	Jacinto	62.365	420,7	1942/73	6,74
Jequitinhonha	Jequitinhonha	Jequitinhonha	53.298	317,9	1940/75	5,96
Mucuri	Mucuri	Carlos Chagas	9.607	96,0	1943/73	9,99
Mucuri	Mucuri	Faz. Diacuí	5.193	54,7	1968/73	10,53
Mucuri	Todos os Santos	Francisco Sá	1.785	10,9	1945/60	6,11
Mucuri	Mucuri	Nanuque	14.174	89,7	1944/60	6,33

**BACIA DO RIO JEQUITINHONHA**  
**POSTO ALMENARA - POSTO JACINTO**  
 Relação entre descargas (Q) e precipitações (P)

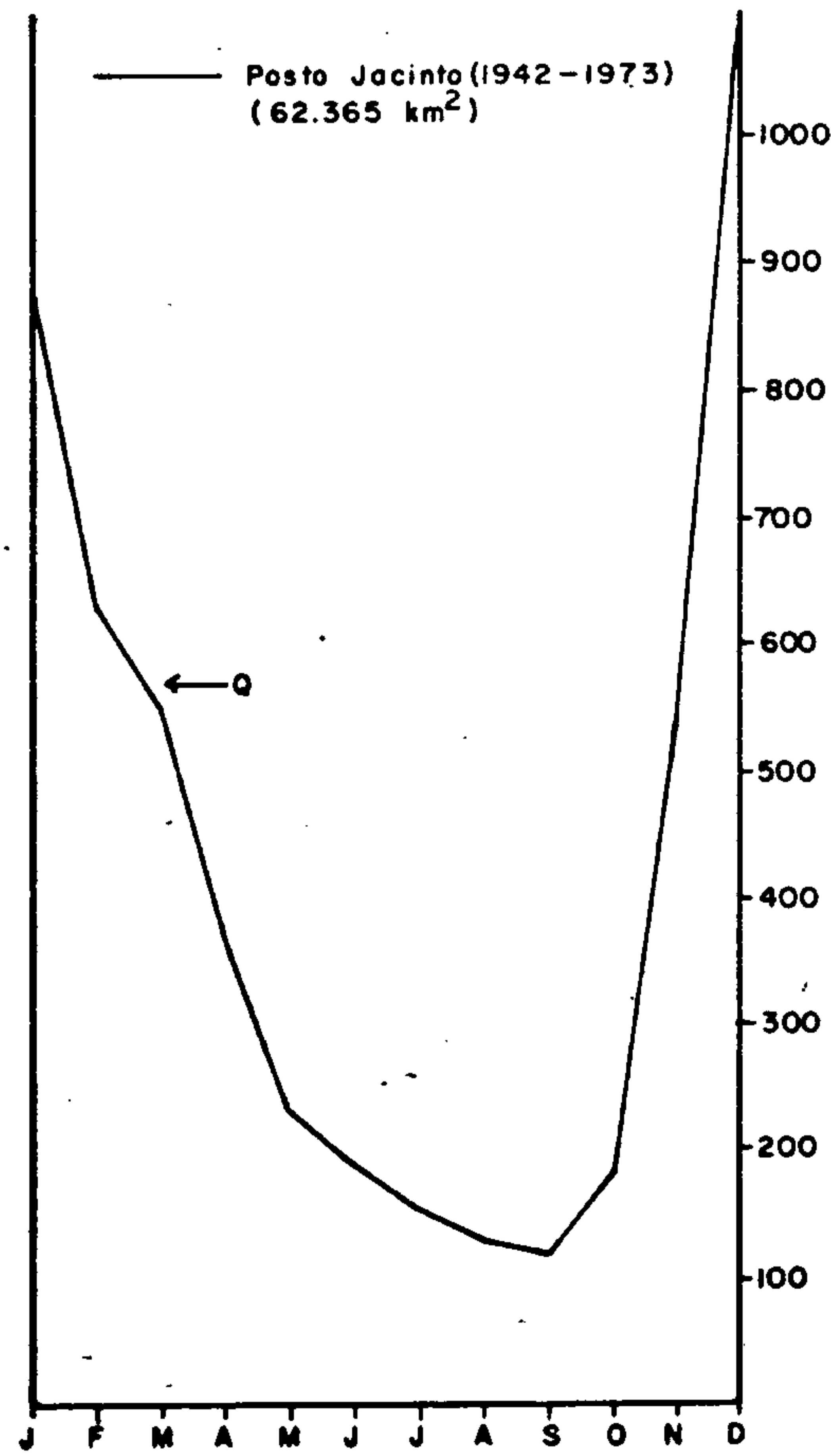
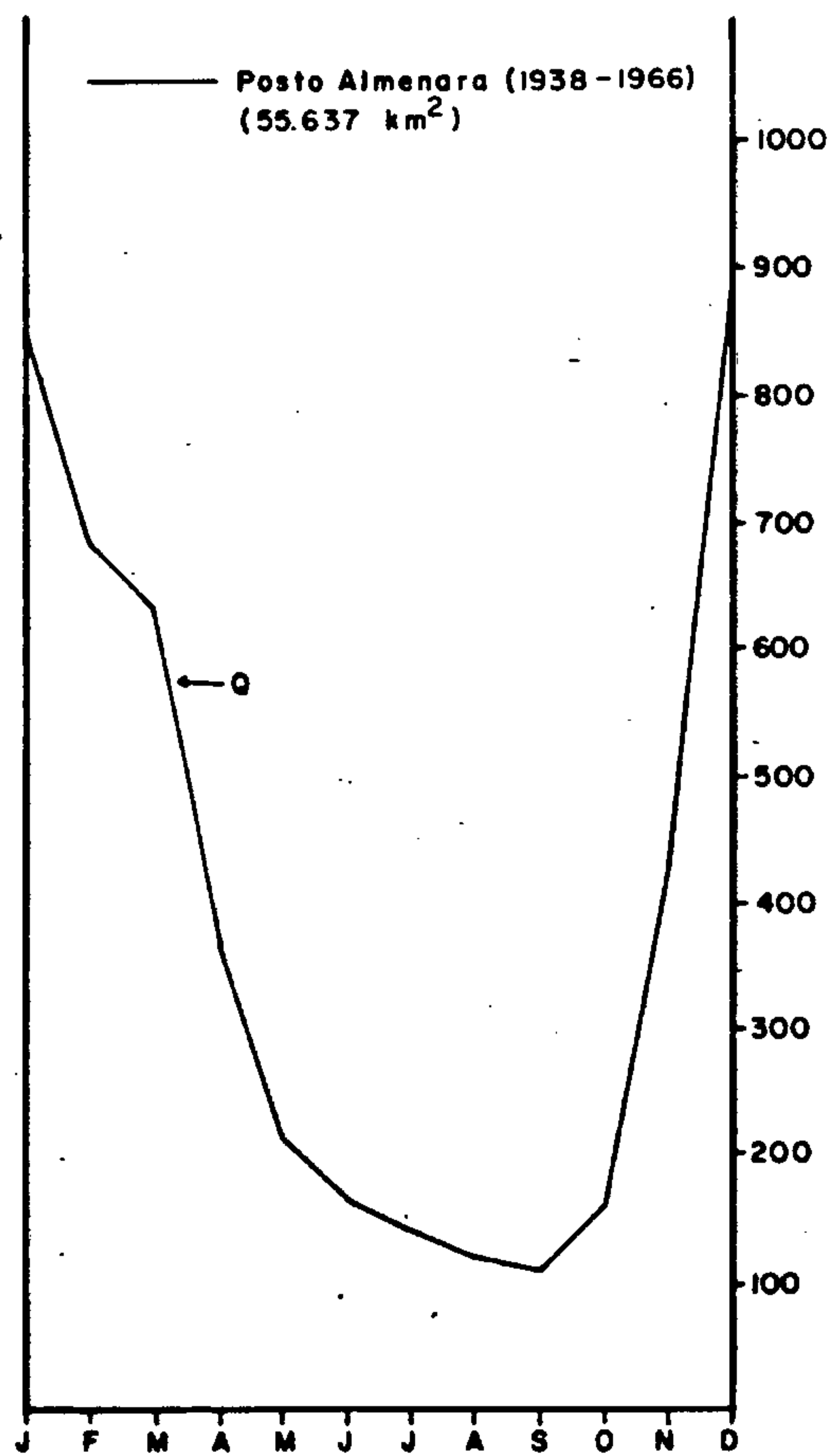
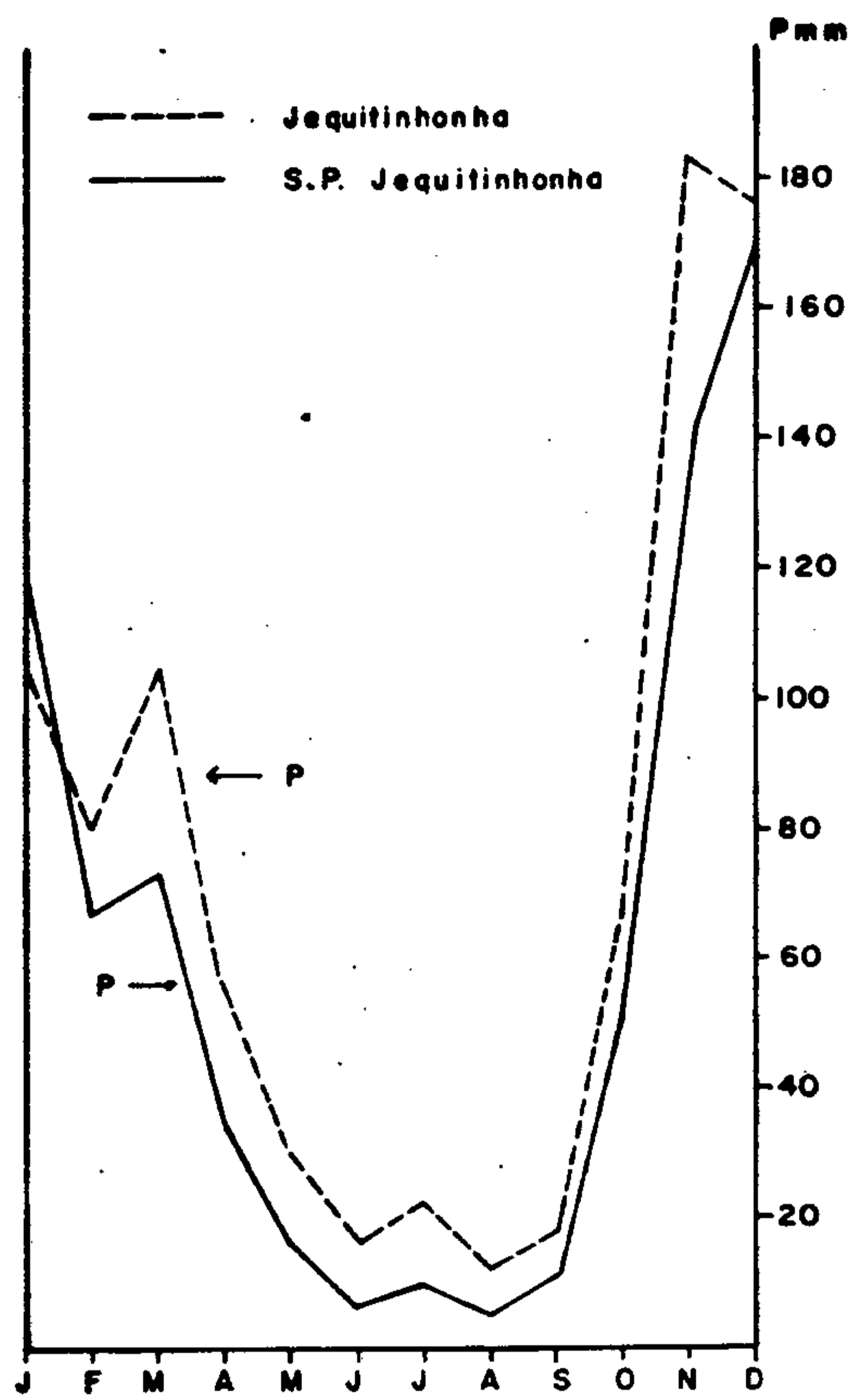
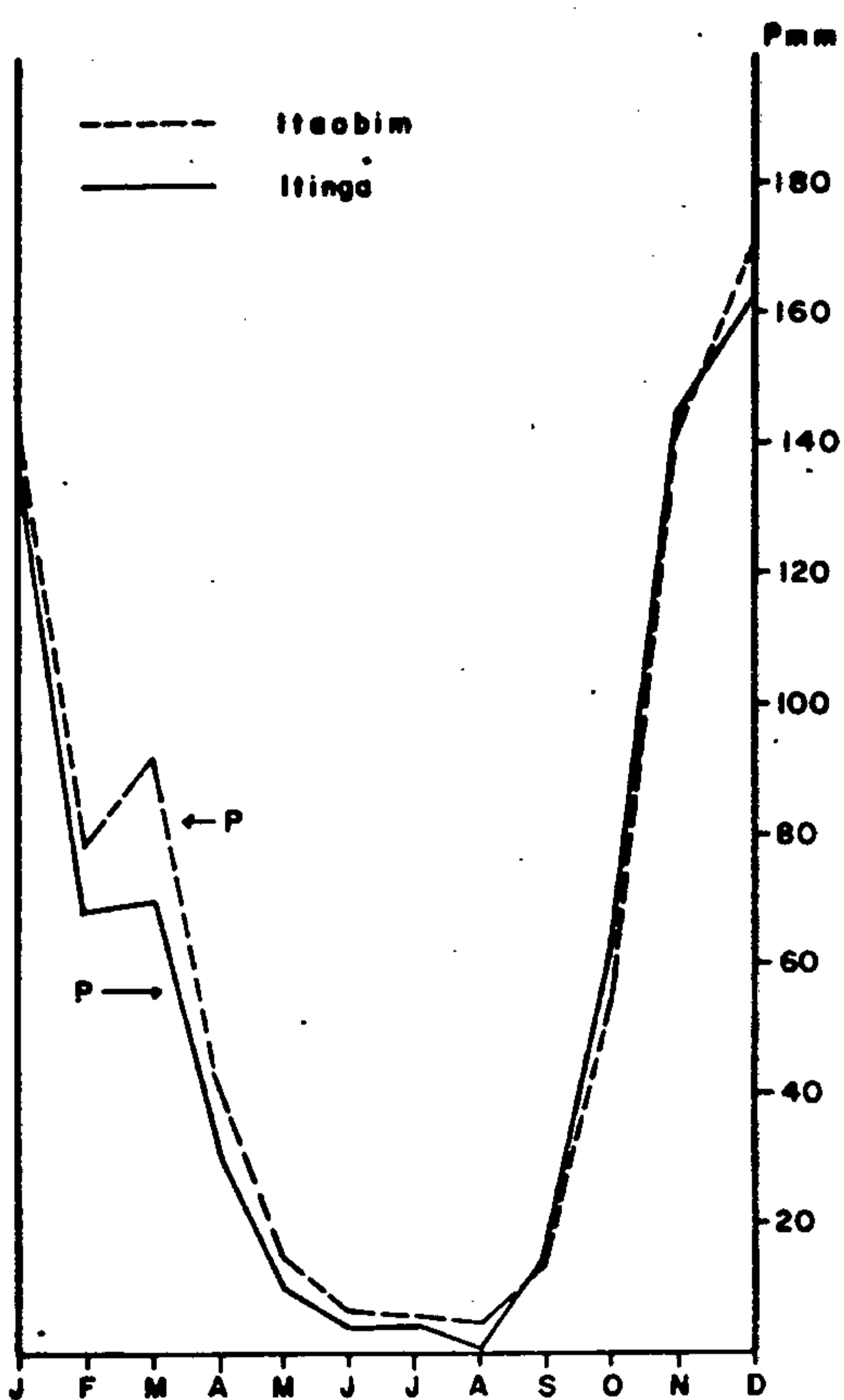


FIG. 4.18

**BACIA DO RIO MUCURI**  
**POSTO CARLOS CHAGAS — POSTO NANUQUE**  
 Relação entre descargas (Q) e precipitações (P)

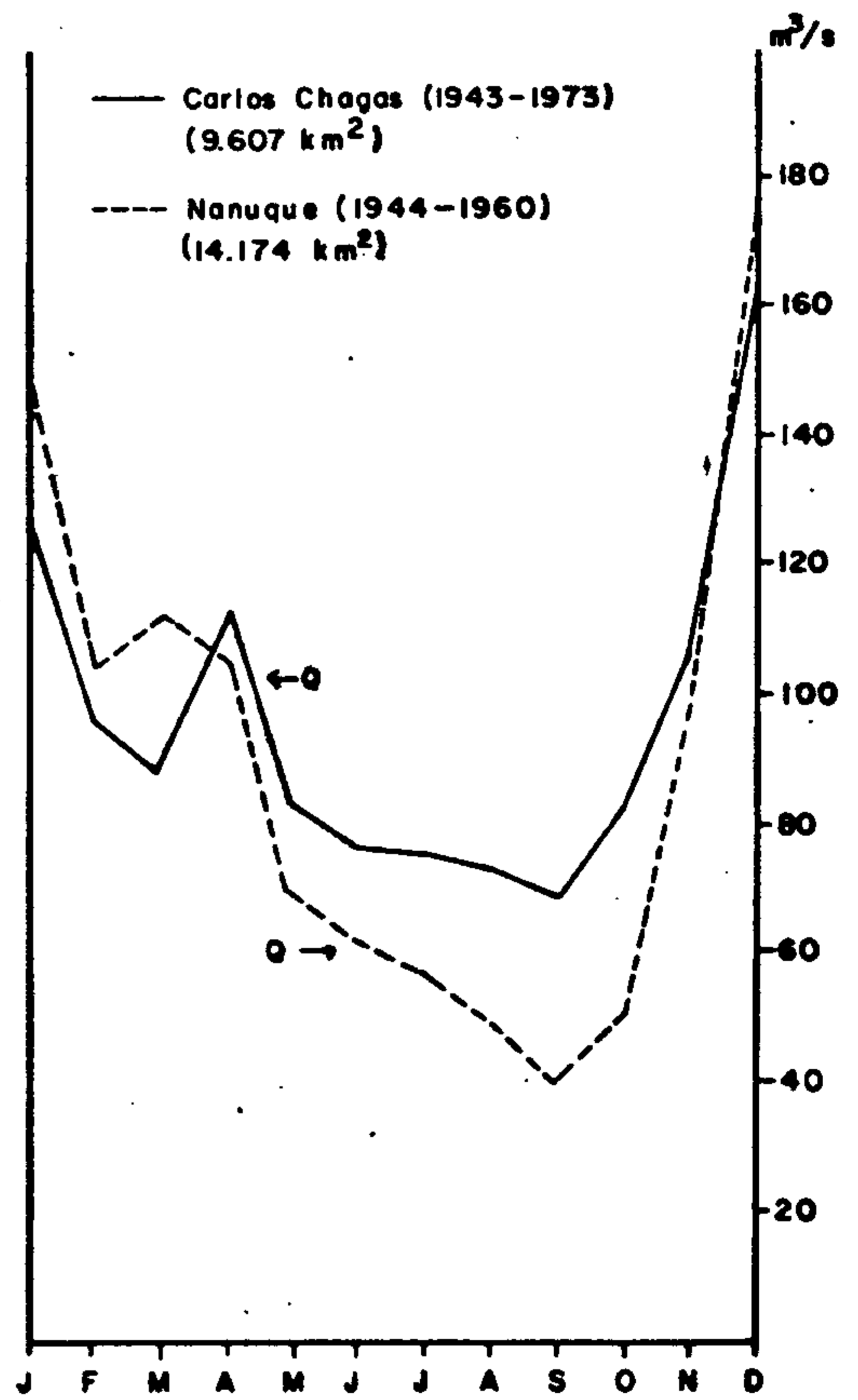
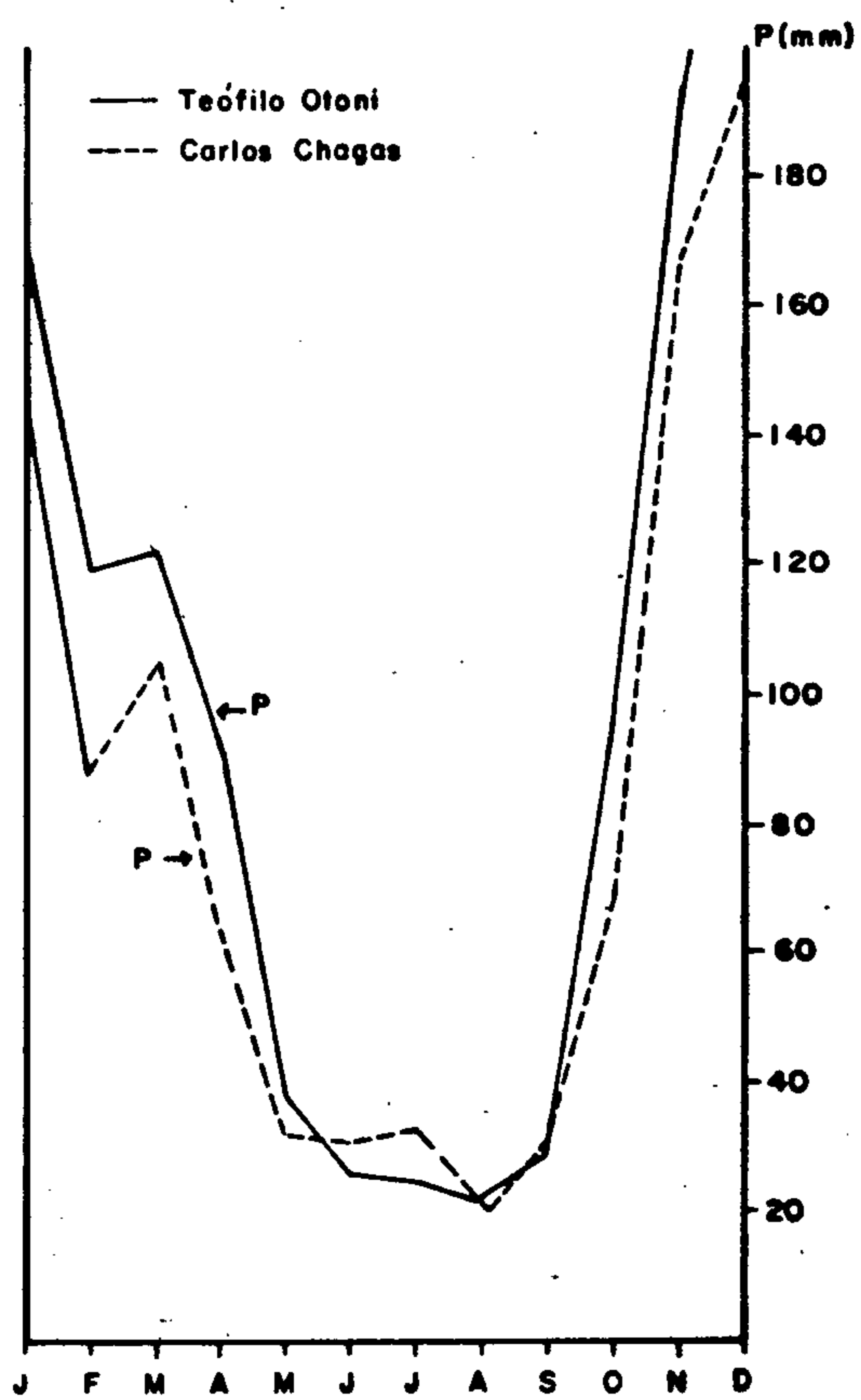


FIG. 4.19

Analisando os gráficos das descargas médias mensais do rio Mucuri, obtidos a partir dos dados dos postos de Carlos Chagas e Nanuque (fig. 4.19), verificamos que o relacionamento de suas descargas máximas e mínimas com os valores extremos de pluviosidade encontrados nas estações de Teófilo Otoni e Carlos Chagas (fig. 4.19), é semelhante ao encontrado no regime do rio Jequitinhonha. Os pontos característicos no regime do rio Mucuri se resumem num menor contraste entre os valores extremos de descargas médias e na existência de duas subidas durante o período, sendo a mais alta em dezembro.

#### 4.4 Morfologia

Com altitudes variáveis entre 1.100 m e o nível do mar, a área em questão apresenta, em seus traços gerais, formas de relevo muito contrastantes, exibindo feições morfológicas características.

- Na margem esquerda do rio Jequitinhonha, ao norte da cidade homônima, ocorre um pequeno planalto com altitude da ordem de 1.100 metros, que se eleva sobre a superfície da chapada denominada "Serra da Sapucaia". Esse planalto se destaca por constituir a área de maior altitude conhecida na folha. Ao norte, esse planalto se eleva cerca de 300 metros acima da "Chapada da Estiva" e, ao sul, desce em encosta íngreme para o leito do Jequitinhonha, que ocorre a, aproximadamente, 800 metros abaixo dessa superfície elevada.

- Chapadas bem aplainadas ocorrem dispersas na zona do médio Jequitinhonha, na região centro-noroeste da folha, constituindo os divisores de água (serra da Sapucaia, chapada do Capinzal etc.), que atingem altitudes compreendidas entre 700 e 950 metros. Exibem um aspecto recortado com esporões e testemunhos já um tanto dissecados, formados por sedimentos argilo-arenosos dispostos em camadas horizontais.
- Áreas de topografia bastante acidentada, com altitudes entre 700 e 300 metros, são representadas pelas serras que constituem os divisores Jequitinhonha-Mucuri-Jucuruçu - Buranhém que são formados por biotita-gnaisses, metatexitos, diatexitos e rochas granitóides.
- Entre Itanhém e São José, a passagem do relevo de serras para o relevo ondulado é marcada por uma escarpa de linha de falha de direção noroeste-sudeste.

O relevo ondulado representa, na parte litorânea uma zona de transição entre o relevo de serras e os tabuleiros. Sua topografia de colinas suaves, de topos arredondados, com altitudes médias em torno de 200 metros é constituída por rochas migmatíticas heterogêneas e, subordinadamente, gnaisses e migmatitos homogêneos. Entre Nanuque e Itupeva, próximo a Lajedão, destaca-se no relevo colinoso a Pedra do Frito, verdadeiro "inselberg", constituído por rochas graníticas.

- Na parte oeste da folha é típica a influência

litológica na forma de relevos. Nas regiões de rochas xistosas ocorrem formas onduladas típicas como no extremo-oeste da folha. Nas regiões de rochas gnáissicas e granito-gnáissicas, como a abrangida por Medina-Caju-Pedra Azul, ocorrem formas rebaixadas e bastante dissecadas em que se verifica concentração de pontões e "urcas".

- Formas de relevo típicas do litoral nordeste do Brasil são os tabuleiros, constituindo uma topografia aplainada, com colinas de topo plano, de altitudes muito constante em torno de 100 metros, que decrescem gradativamente na direção do litoral e vale dos principais rios. São dissecados por vales de fundo chato e bordas escarpadas, com desníveis médios em torno de 30 metros. Tais feições morfológicas são típicas do Grupo Barreiras e aparecem em toda faixa litorânea.
- A passagem dos tabuleiros para a planície flúvio-marinha e aluvial se faz de modo brusco através de escarpamentos. De Prado para norte, os tabuleiros atingem a costa, formando falésias contínuas e retilíneas. A feição mais típica da planície flúvio-marinha é a presença de extensos cordões litorâneos, que representam praias fósseis.

No local denominado de Ponta da Baleia, entre Alcobaça e Nova Viçosa, estes cordões litorâneos apresentam sua maior extensão para o interior, cerca de 13 km.



Nesta região, é comum a presença de lagoas, meandros, pântanos e áreas inundáveis.

#### 4.5 Vegetação e Solos

##### 4.5.1 Vegetação,

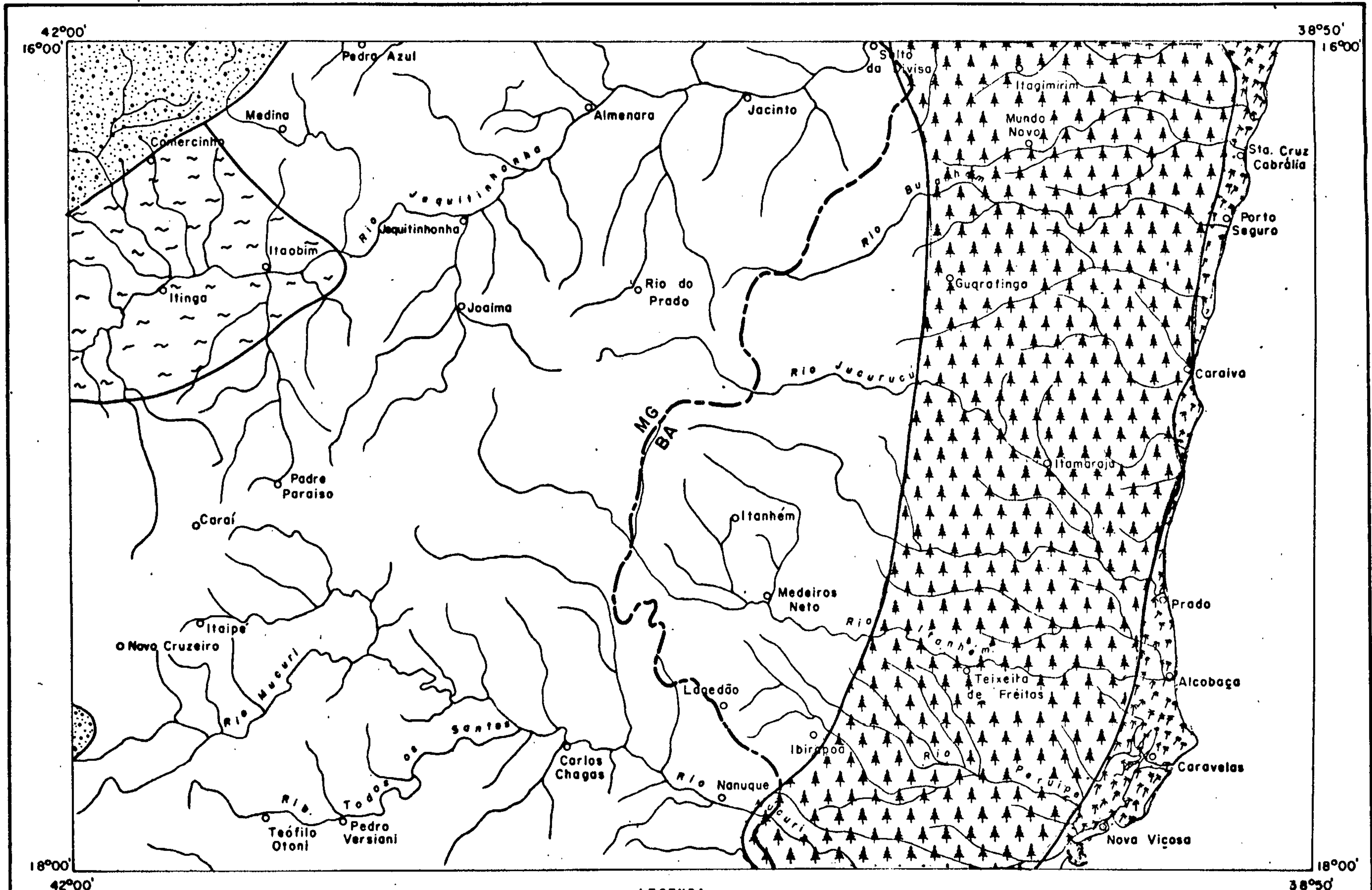
Em concordância com os climas, havendo localmente alguma variação, podem ser identificadas na área a vegetação litorânea, a floresta latifoliada tropical úmida da encosta, a floresta latifoliada tropical, a caatinga e o cerrado, distribuídos em faixas, do litoral para o interior (fig. 4.20).

##### 4.5.1.1 Vegetação Litorânea

Tipo de vegetação que aparece em estreita faixa quase sempre descontínua ao longo da costa. Possui tipos variados e diferenciados à medida que se afasta da costa. Nos cordões litorâneos predominam as herbáceas, formando uma cobertura descontínua. Mais para o interior, ocorre a vegetação típica de restingas, aparecendo em destaque os coqueiros e também o angico etc. Em áreas mais restritas, limitando-se a reentrâncias da costa e desembocaduras dos rios, aparecem os mangues, com sua vegetação característica, constituída de arbustos que se desenvolvem em solos extremamente salinos, argilosos e hidromórficos.

##### 4.5.1.2 Floresta Latifoliada Tropical Úmida da Encosta (mata tropical úmida)

Esta floresta de caráter exuberante está relacionada



MAPA DE VEGETAÇÃO



ESC. GRÁFICA

LEGENDA

- - Cidade
- - Drenagem permanente

- - Floresta latifoliada tropical
- ▨ - Vegetação litorânea (mangue)
- ▧ - Floresta latifoliada tropical úmida de encosta
- 〰 - Caatinga
- ▩ - Cerrado

FIG. 4.20

Fonte: IBGE

cionada a um clima muito úmido, onde o relevo, a pluviosidade e a umidade favorecem o desenvolvimento de árvores de grande porte, que constituem uma floresta densa e estratificada. Esta mata, cujos componentes nobres, como o jacarandá, peroba, cedro, sucupira etc, estão se escasseando em virtude do desmatamento indiscriminado, ocorre em uma faixa paralela ao litoral, correspondendo aproximadamente à zona de clima Af e com limite oeste já na zona Am.

Os sítios desmatados são de excelente fertilidade, conforme atestam as pastagens e culturas que vão substituindo as matas. Este fato incentiva a devastação. Exceção se faz ao plantio de cacau, cujo desenvolvimento exige sombra e umidade. Assim, sua cultura se faz sem prejuízo total da mata original, que pode conservar seus melhores componentes.

#### 4.5.1.3 Floresta Latifoliada Tropical (mata seca)

É encontrada em zonas intermediárias entre as formações florestais úmidas e as formações não florestais. Apresenta variações condicionadas aos tipos de solo, e está ligada a um clima continental com duas estações nítidas, sendo a periodicidade de sua vida vegetativa marcada pela perda das folhas durante a estação seca. Seus limites são imprecisos, dada a localização entre as formações florestais mais úmidas e as não florestais. É uma formação vegetal de porte mais baixo que o apresentado pela mata tropical úmida, formada por um estrato denso e contínuo, de difícil acesso devido à abundância de cipós, entrelaçando árvores de 15 a 20 metros, como o jatobá, o ipê e o pau

d'arco, além de uma grande quantidade de gravatás arbóreas. Possuem troncos delgados de cujas extremidades saem as copas afuniladas.

#### 4.5.1.4 Caatinga

Localizada principalmente na região de clima semi-árido, a caatinga aparece em mancha isolada no médio Jequitinhonha, sendo a ocorrência mais meridional da vegetação. Ali, os divisores de água apresentam fitofisionia de cerrado, aparecendo floresta semidecídua nas partes superiores das encostas e, no fundo dos vales entalhados, as caatingas: uma cobertura arbórea dominante sobre um estrato arbustivo, por vezes, bastante ralo. GUIMARÃES DE AZEVEDO (1960), de acordo com o que já sugeria SAINT-HILAIRE, acredita que a natureza e a pequena profundidade dos solos são os responsáveis pela presença dessa área de caatinga, encravada isoladamente entre cerrados e florestas, o que permitiu supor a hipótese de que a caatinga do Jequitinhonha seria o testemunho de uma área, muito maior, que se teria estendido mais ao sul, em época em que as condições climáticas eram mais rigorosas que as atuais.

#### 4.5.1.5 Cerrado

Característicos das áreas onde o clima apresenta duas estações bem marcadas, uma seca e outra chuvosa. Ocorrem no extremo noroeste e sudoeste da área, geralmente, apresentando um estrato arbóreo, melhor dito, talvez subarbóreo, com 5 metros de altura em média e outro estrato herbáceo, com numerosos subarbustos e arbustos, porém dominado por vegetação graminóide de 50 centímetros de altu

ra em média. É frequente a exposição de solo nu, por en  
tre a vegetação herbácea.

#### 4.5.2 Solos

Nesta folha apresentamos cinco associações de solos relacionados com as formações litológicas, ou segun  
do as variações de vegetação e clima, conforme mapa do IBGE, Atlas do Brasil II-5.

##### 4.5.2.1 Associação de Solos Relacionados com a Vegetação Litorânea.

Correspondem aos depósitos arenosos das faixas costeiras, concordando com a zona de vegetação litorânea.

##### 4.5.2.2 Associação de Solos Relacionados ao Grupo Barreiras

O solo dominante é Latossolo Vermelho-Amarelo, fase terraço, dominando a fase textura média (menos de 35% de argila) com uma espessura variando de 100 a 200 cm. Ocupa o topo dos tabuleiros e baixos platôs que integram as áreas de distribuição do Grupo Barreiras, estendendo-se pe  
las áreas contíguas a esta unidade cartográfica.

##### 4.5.2.3 Associação de Solos Relacionados com a Floresta Tropical Leste

Unidade que a grosso modo coincide com o domí  
nio da floresta tropical leste, e é caracterizada pela pre  
dominância do Latossolo Vermelho-Amarelo seguido do Podzó

lico Vermelho-Amarelo, ambos com textura argilosa.

4.5.2.4 Associação de Solos Relacionados com os Cerrados do Brasil Central e Sudeste

Latossolo Vermelho-Escuro e/ou Vermelho-Amarelo de texturas argilosa a média, são os solos preponderantes nesta associação, os quais, combinados com areias ácidas vermelhas e amarelas, compõem a feição pedológica monotamente marcante das chapadas e das áreas de relevo suave a noroeste da folha em estudo.

4.5.2.5 Associação de Solos Relacionados com Zona de Caatinga

Esta unidade encontra-se apenas no vale do rio Jequitinhonha a noroeste da área. O solo representativo desta associação é o mediterrâneo Vermelho-Amarelo (tropical), muito meteorizado e quase maciço que se torna duro ou muito duro quando seco.

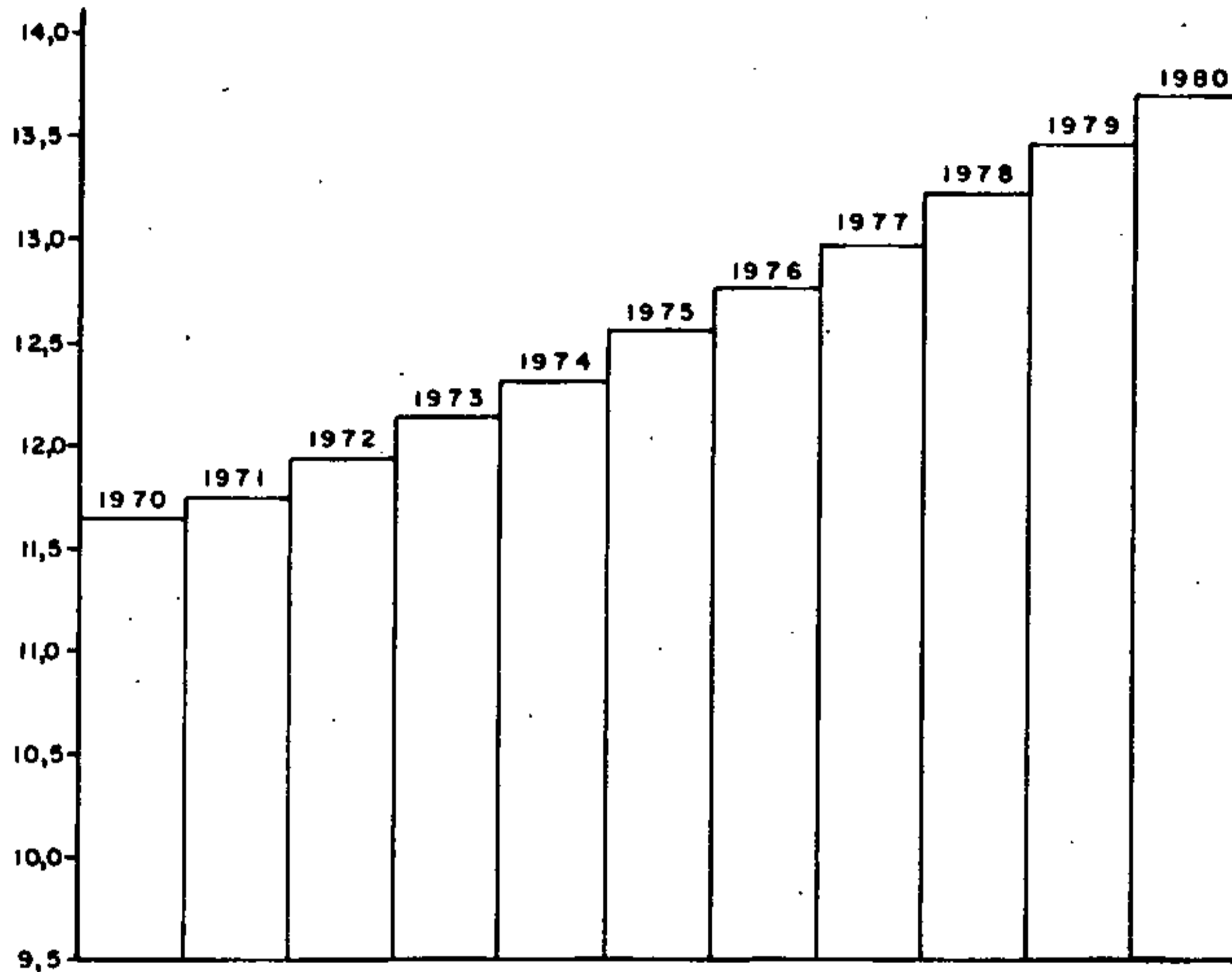
4.6 Aspectos Sócio-Econômicos

Até 1970, a população recenseada nos Estados da Bahia e Minas Gerais, era de 7.583.140 e 11.645.095 de habitantes, respectivamente, com uma densidade demográfica, para ambos, da ordem de 13,5 e 20 hab/km<sup>2</sup>.

As estimativas de crescimento para os dois estados são mostradas na fig. 4.21.

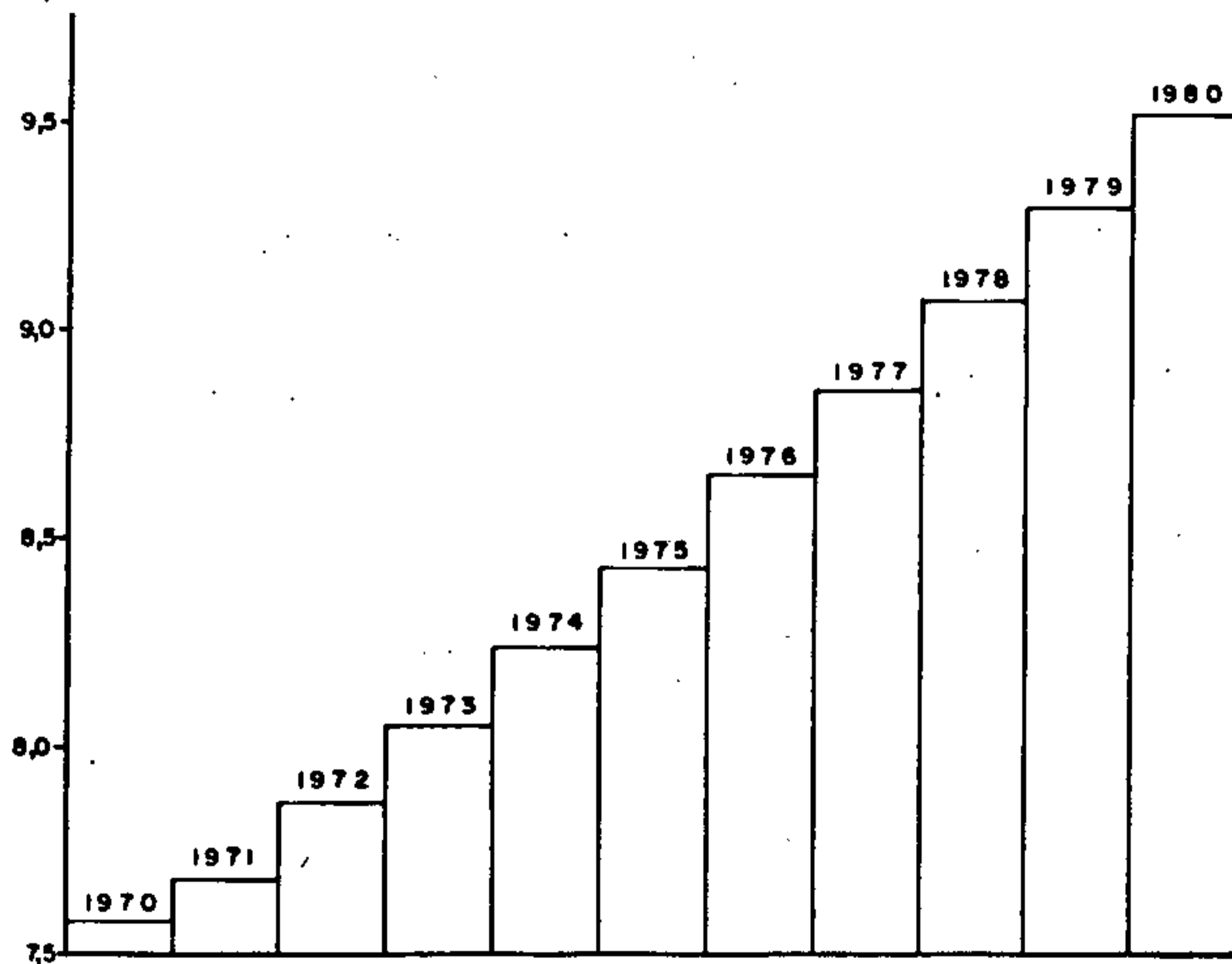
A região da folha apresenta uma população total

**POPULAÇÃO ESTIMADA - (1970-1980)**  
(EM MILHÕES DE HABITANTES)



Estado : Minas Gerais  
Área : 582.586 Km<sup>2</sup>

População : 11.645.095 hab (1970)  
Densidade : 20 hab/Km<sup>2</sup>



Estado : Bahia  
Área : 561.026 Km<sup>2</sup>

População : 7.583.140 hab (1970)  
Densidade : 13,5 hab/Km<sup>2</sup>

FIG. 4.21

de aproximadamente 1.102.117 habitantes, sendo a densidade demográfica para a mesma da ordem de 16,11 hab/km<sup>2</sup>. Quando se compara essa densidade com a média calculada para os dois estados, 16,7 hab/km<sup>2</sup>, se verifica uma taxa razoável de povoamento na área. Teófilo Otoni e Nanuque, principais cidades da área, apresentam uma taxa de crescimento de 6,2 e 10,8, respectivamente (IBGE-1970).

No cômputo total dos índices populacionais e de rebanhos foi feita uma compensação devido ao fato de alguns municípios situarem-se parcialmente fora da folha ou por apresentarem partes insignificantes dentro da mesma.

Nos quadros 4.13 e 4.14 seguem as relações de populações e de rebanhos, segundo as micro-regiões homogêneas da área (vide mapa de divisão municipal, fig. 4.22).

A seguir, apresentamos outras atividades econômicas de maior significado na área e considerações finais:

Na região baiana, a agricultura é pouco desenvolvida, se destacando apenas na cultura de cacau; o município de Itamarajú é o maior produtor, inclusive um dos maiores produtores da Bahia. Já na região mineira, ela é inexpressiva, predatória, à base de instrumentos agrícolas rudimentares. Comporta-se como economia de troca e de subsistência. Destaca-se na região a produção de mandioca, feijão, milho, arroz, cana de açúcar, etc.

A atividade madeireira é uma das mais importantes da região baiana, não só na exportação de toros como através das inúmeras indústrias de beneficiamento existentes em Teixeira de Freitas, Itamarajú, etc.

A pecuária é o fator básico da economia da área, contando com rebanhos da ordem de mais de 2,7 milhões



QUADRO 4.13

POPULAÇÕES SEGUNDO AS MICRO-REGIÕES HOMOGÊNEAS

MICRO - REGIÃO	URBANA	RURAL	% URBANA	% RURAL	DENSIDADE hab/km <sup>2</sup>	DEMANDA D'ÁGUA (MILHÕES m <sup>3</sup> /ano)
Alto Rio Pardo (159 - MG)	-	7.559	-	-	6,1	0,221
Pastoril de Pedra Azul (164 - MG)	42.561	103.199	29	71	14,9	13,400
Pastoril de Almenara (165 - MG)	55.626	89.410	38	62	11,3	13,240
Teófilo Otoni (168 - MG)	79.729	119.401	40	60	27,2	18,200
Pastoril de Nanuque (169 - MG)	72.527	74.529	49,3	50,7	17,9	13,420
Encosta do Planalto de Conquista (XXIII - BA)	4.405	8.600	34	66	13,6	1,200
Interiorana do Extremo Sul da Bahia (XXV - BA)	68.525	168.618	29	71	25,1	21,700
Litorânea do Extremo Sul da Bahia (XXVI - BA)	30.323	177.105	14,6	85,4	12,8	18,930
T O T A L	353.696	748.421	32	68	16,11	100,311

FONTE: IBGE - 1973 (MG)

IBGE - 1974 (BA)

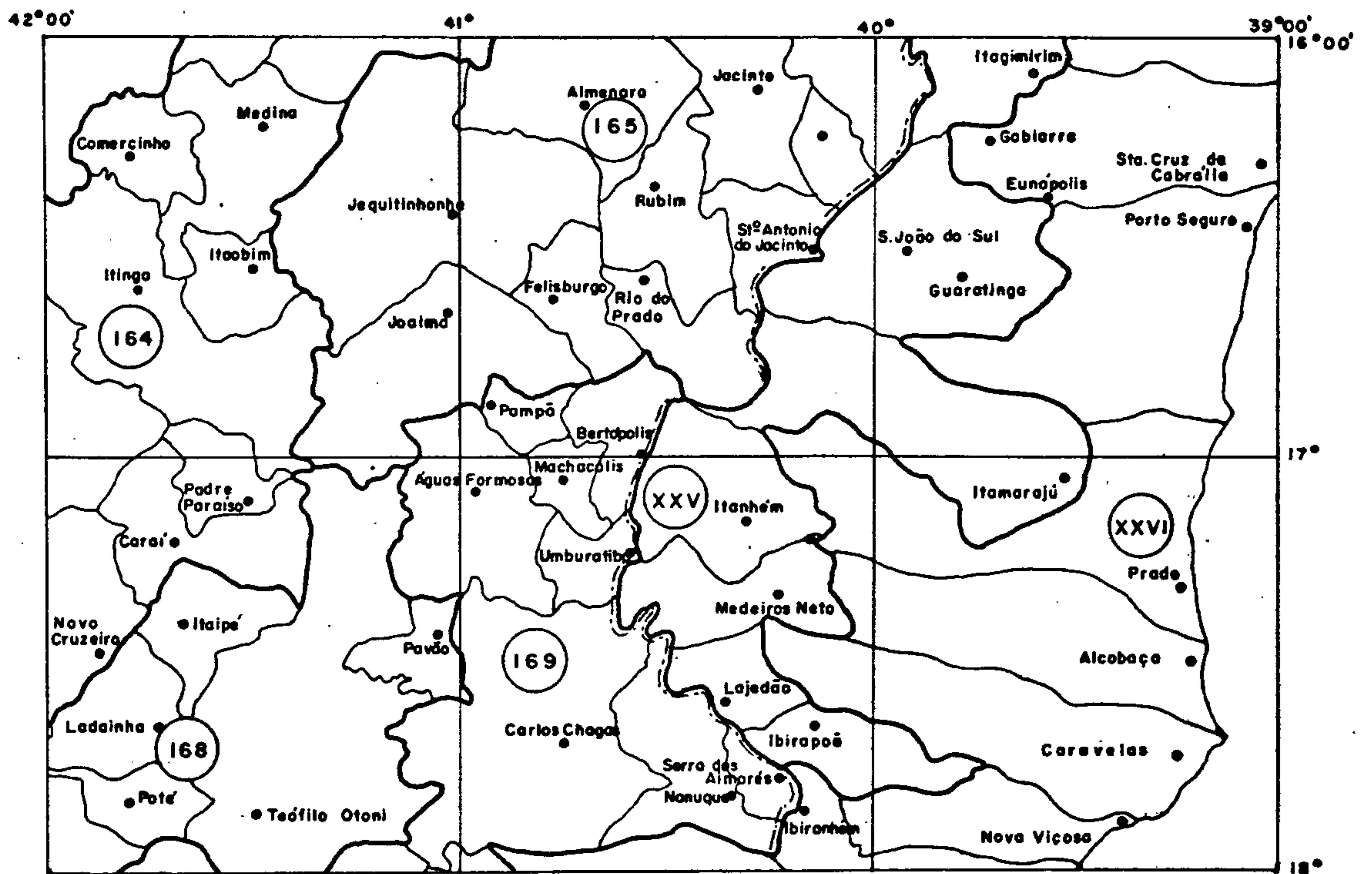
QUADRO 4.14

REBANHOS SEGUNDO AS MICRO-REGIÕES HOMOGÊNEAS

MICRO - REGIÃO	BOVINOS	SUÍNOS	CAPRINOS	OVINOS	DEMANDA D'ÁGUA (MILHÕES m <sup>3</sup> / ano)
Alto Rio Pardo (159 - MG)	13.045	2.491	-	-	0,30
Pastoril de Pedra Azul (164 - MG)	233.097	44.766	2.231	3.738	4,70
Pastoril de Almenara (165 - MG)	584.586	35.593	2.985	12.401	11,00
Teófilo Otoni (168 - MG)	296.755	36.007	1.911	4.285	5,75
Pastoril de Nanuque (169 - MG)	628.408	26.993	4.655	9.615	11,70
Encosta do Planalto de Conquista (XXIII-BA)	27.540	2.750	563	758	0,55
Interiorana do Extremo Sul da Bahia (XXV-BA)	392.442	88.237	3.448	5.848	8,00
Litorânea do Extremo Sul da Bahia (XXVI-BA)	168.681	91.736	3.514	5.518	4,00
TOTAL	2.344.554	328.573	19.307	42.163	46,00

IBGE - 1973 (MG) - IBGE - 1974 (BA)

**DIVISÃO MUNICIPAL**  
**MICRO - REGIÕES HOMOGÊNEAS**  
 Fonte : IBGE



**LEGENDA**

- — — — — LIMITE INTERMUNICIPAL
- — — — — LIMITE DAS MICRO - REGIÕES
- — — — — — CIDADE
- - - - - LIMITE ESTADUAL

**ESCALA GRÁFICA**



FIG. 4.22

de cabeças.

Quanto ao subsolo, este é rico em jazidas de minerais não ferrosos, mica, cristal de rocha, turmalina, águas-marinhas, cassiterita, etc. Com destaque para Teófilo Otoni, no setor das pedras semi-preciosas.

Os principais núcleos populacionais são as cidades de Nanuque, Teófilo Otoni, Pedra Azul, Almenara, Salto da Divisa e Carlos Chagas, todos no Estado de Minas Gerais. Localidades como Eunápolis, Itamarajú e Teixeira de Freitas, no Estado da Bahia, estão em franco desenvolvimento após o surgimento da BR-101.

As rodovias mais importantes, a BR-101 e a BR-116, cortam a área em seus extremos leste e oeste, aproximadamente na direção norte-sul.

Estradas secundárias de tráfego permanente interligam essas duas vias principais aos núcleos populacionais mais importantes, como: Itinga-Jequitinhonha-Almenara-Salto da Divisa-Porto Seguro (BR-367), Carlos Chagas-Nanuque-Caravelas (BR-418), Itanhém-Medeiros Neto-Teixeira de Freitas-Alcobaça (BA-255), Itamarajú-Alcobaça (BA-287), Pedra Azul-Jequitinhonha-Pampã-Pavão (MG-105) e BR-116 - Pavão (409).

Linhas de ônibus ligam, regularmente, as localidades menores aos principais centros populacionais.

As cidades de médio porte, quase todas têm campos de pouso, assim como as grandes fazendas. Entretanto, somente Nanuque, Teófilo Otoni, Almenara, Pedra Azul, Caravelas e Porto Seguro possuem linhas regulares de vôos da aviação comercial.

Finalmente, cita-se a título de informação específica sobre uma parte importante da área, o estudo feito pela CODEVALE (Comissão de Desenvolvimento do Vale do Jequitinhonha) visando o diagnóstico da região com a intenção de promover o desenvolvimento Sócio-econômico deste vale. Elaborado com base em estudos parciais a partir de 1967, o estudo poderá dar aos interessados uma visão completa da realidade anual do vale, dando informações valiosas em apoio a implantação de diversos projetos (inclusive o de irrigação).

#### 4.7 Cálculos de Demanda d'Água

Os volumes de água necessários às populações, dentro de cada micro-região (quadro 4.13) foram calculados tomando-se por base a seguinte tabela:

POPULAÇÃO	TAXA (l/hab/dia)
Inferior a 5.000 hab.	50
5.000 - 10.000	80
10.000 - 20.000	100
20.000 - 50.000	125
50.000 - 100.000	200
100.000 - 300.000	250
Superior a 300.000	300

Quanto aos rebanhos, para o cálculo das estimativas das necessidades de água (quadro 4.14), foi adotado a unidade animal padrão (UAP) : 50 l/UAP/dia ou ainda 18 m<sup>3</sup>/ano. Para caprinos, ovinos e suínos 9 m<sup>3</sup>/ano.

Podemos ver nos quadros 4.13 e 4.14 que para o total dos rebanhos e populações da folha, foram encontradas as demandas da ordem de 46,0 e 100,3 milhões  $m^3$ /ano, respectivamente. A estimativa total é da ordem de 146,3 milhões  $m^3$ /ano.

## 5. GEOLOGIA

### 5.1 Generalidades

A área estudada tem mais de 70% de sua superfície ocupada por rochas cristalinas do Pré-Cambriano. Este complexo é constituído predominantemente de gnaisses, metatexitos e xistos.

Repousando discordantemente sobre essas rochas cristalinas ocorre uma faixa litorânea contínua, constituída de sedimentos inconsolidados ou pouco consolidados, argilosos a conglomeráticos, denominados de Grupo Barreiras.

Coberturas detríticas são representadas na área por extensos chapadões horizontais, compostos de detritos alóctones e autóctones. Na maioria das vezes exibem forte quebra de relevo e se apresentam em cotas superiores a 550 m.

Os depósitos quaternários têm grande área de ocorrência na folha sendo representados essencialmente por sedimentos flúvio-marinhos e fluviais.

### 5.2 Embasamento Cristalino

As rochas cristalinas da área, pouco conhecidas e estudadas, são representadas por dois grandes grupos litológicos designados de Associação Paraíba do Sul ou Complexo Metamórfico-Migmatítico e Associação Barbacena ou Complexo Paragnáissico ambas correlacionadas ao Pré-Espinhaço; a primeira, reunindo uma sequência de rochas composta

principalmente por biotita-gnaisses e metatexitos de composição kinzigítica; a segunda, rochas metassedimentares e um complexo gnáissico-granítico. Suas relações estratigráficas não estão ainda bem esclarecidas.

As delimitações entre os dois grupos litológicos do Pré-Espinhaço e unidades englobadas são dificilmente observáveis, tanto em fotointerpretação como no campo, por serem mascaradas em parte pela granitização ocorrida durante a Orogênese Brasileira, que afetou toda a região, e pela extensa cobertura argilo-arenosa.

Devido à complexidade geológica da área e baixa densidade de informações em boa parte dela, procurou-se dar o seguinte cunho lito-estrutural ao Pré-Espinhaço:

- Associação Paraíba do Sul/Complexo Metamórfico-Migmatítico
- Associação Barbacena

#### 5.2.1 Pré-Espinhaço

É representado na área por associações de rochas antigas, compostas de diversas unidades e complexos metamórficos de baixo a alto grau.

Em estudos preliminares realizados na parte mineira da folha (Convênio DNPM-CPRM) ele foi separado em dois grandes grupos litológicos e designados de Associação Paraíba do Sul e Associação Barbacena, segundo o "Programa de Reuniões para Integração Regional" realizado em Caxambú (1976):

- A primeira para se referir ao prolongamento



físico das formações que foram estudadas por ROSIER E EBERT (1957-1965) no Estado do Rio de Janeiro e Sul de Minas Gerais.

- A segunda para se referir aos xistos, gnais ses e quartzitos que repousam sob a Série Minas e que antes foram denominados de Grupo Barbacena por EBERT (1968).

Na parte baiana da folha, em estudos mais detalhados (Convênio DNPM/CPRM), a primeira foi designada de Complexo Metamórfico-Migmatítico. Para efeito desse trabalho resolveu-se considerar esse complexo como prolongamento da Associação Paraíba do Sul, por apresentar rochas de origem, composição, comportamento estrutural e grau de metamorfismo semelhantes.

#### 5.2.1.1 Associação Paraíba do Sul/Complexo Metamórfico-Migmatítico (PC mm)

Este conjunto que ocupa a maior parte da área, ocorre segundo uma faixa contínua NE-SW, cujo limite oeste com a Associação Barbacena, se faz por contatos ainda não muito bem elucidados. Inicia-se ao sul, na sua parte mais ocidental, nas proximidades de Franciscópolis, passando por Padre Paraíso e proximidades de Joáima, Jequitinhonha e Almenara. A leste o conjunto só é interrompido por uma faixa de sedimentos do Grupo Barreiras.

As relações estratigráficas entre as unidades litológicas desse conjunto, bem como muitos aspectos estruturais, não estão bem esclarecidos de modo que tentaremos compor uma idéia dessa área para completar as discussões e inter-relações com a água subterrânea.

Em termos gerais, o biotita-gnaiss e o metatextito de composição kinzigítica representam as rochas dominantes desse conjunto.

A área de domínio do biotita-gnaiss se estende por uma faixa aproximadamente N-S, localizada na parte oeste do conjunto. Ele passa lateralmente, no sentido W-E, de uma granulação fina a gnaisses granatíferos (metatextitos) que variam de estrutura e textura.

Intercalada nesse gnaiss ocorre uma sequência muito dobrada de quartzitos e biotita-xistos alternados ( $PCmm_2$ ). Esta sequência se apresenta entre as cidades de Jequitinhonha e Almenara e exibe evidências de um aumento de metamorfismo para leste, caracterizado pela gnaissificação dos xistos e recristalização dos quartzitos. Para leste, a mesma sequência ocorre em forma de um corpo mais estreito, já com predominância de quartzitos. Esses metassedimentos formam dobras anticlinais e sinclinais de direção axial aproximadamente NE-SW.

Os metatextitos têm o seu domínio na metade leste da folha, distribuindo-se por amplas áreas, desde a região norte de Pedra Azul passando por Bandeira (acima do paralelo  $16^\circ$ ) e continuando para sul, indo além do paralelo  $18^\circ$  e se estendendo para o litoral.

Apresentam graduação a migmatitos mais homogêneos (diatextitos) e estes a granitóides. Essas transições geralmente se dão em espaços curtos, com exceção daquelas que se configuram entre Catajazes e Palmópolis, Ibirapôa e Serra dos Aimorés onde podem ser mapeadas. As rochas que marcam essas transições para os granitóides constituem o que talvez impropriamente se chama "гнаiss-granítico".

e que aqui nesse trabalho se denominam diatexitos. No mapa geológico essas rochas e os granitóides são representados numa só unidade (PC mm<sub>1</sub>).

Os granitóides porfiróides representam uma unidade que é reconhecida em grande área do extremo nordeste de Minas Gerais e Sul da Bahia. Seus afloramentos são relativamente abundantes, principalmente nas regiões de Nanuque, Umburatiba, Santa Maria do Salto, Jacinto etc. Representam na área o termo final de um processo de granitização "in situ", por um fenômeno de anatexia. Sua característica mais típica é a textura porfiróide, onde os pórfiroblastos de feldspato, subedrais, medem até 7 cm e, as vezes, se apresentam orientados segundo a foliação da rocha original, mas geralmente dispostos aleatoriamente.

Morfologicamente, reconhecem-se essas zonas de transição pelo contraste entre a topografia de colinas e vales colmatados dos metatexitos e o relevo de serras dos diatexitos e granitóides porfiróides.

Na faixa litorânea os metatexitos kinzigíticos acham-se recobertos discordantemente por sedimentos do Grupo Barreiras. Seus afloramentos aparecem geralmente nos vales de rios e córregos, sob a forma de lajedos. Apresentam-se bem foliados, às vezes contorcidos, migmatíticos, com estrutura predominantemente estromática. Macroscopicamente, exibem cor cinzenta e rósea, granulação média a grossa, com faixas neossomáticas leucocráticas, graníticas e pegmatíticas, compostas de quartzo, feldspato e concentrações locais de granada rósea e biotita, intercaladas com faixas mesocráticas, gnáissicas, de mesma composição. É também muito comum a presença de corpos paleossomáticos ovóides de até cerca de 1,0 metro de diâmetro maior, concor

dantes com a estrutura, meso a melanocráticos, granulação muito fina e gnáissica.

Estes metatexitos constituem colinas de topo arredondado, às vezes passando a um relevo de serras como a norte e noroeste de Itanhém, Prata etc.

Algumas manchas de biotita-gnaiss são observadas nessa unidade, como aquela a norte de Itagimirim ao longo da BR-101. Ela se estende até o povoado denominado Quarenta e Um e prolonga-se para noroeste, até além de Gabiarra. Apresenta-se bem foliada, com um bandeamento mineralógico, onde bandas propriamente gnáissicas se alternam com outras essencialmente micáceas (biotita-muscovita). Sua composição apresenta quartzo, feldspato, biotita, muscovita e, raramente, granada.

Sobreposta ao gnaiss anteriormente citado temos uma sequência mal exposta de xistos (PCmx), cujos afloramentos foram estudados ao longo da estrada Salto da Divisa-Itagimirim, entre a fazenda Cansanção e esta última cidade, e ao longo da BR-101, entre Itagimirim e Mundo Novo. Petrograficamente, possuem coloração cinza, granulação média, e são constituídos essencialmente por biotita, muscovita, granada e localmente cianita; quartzo e feldspato ocorrem em proporções mínimas. Entre Itagimirim e Mundo Novo, percebe-se que esta unidade está bastante dobrada, devendo no entanto fazer parte de uma estrutura maior em sinclínio.

Associados ainda aos metatexitos, ocorrem na área pequenos corpos lenticulares de rochas charnockíticas (PCch). Desses corpos, o que ocorre em Itanhém, foi citado de maneira generalizada por CORDANI, referindo-se a

núcleos granulíticos que ocorrem na área granito-gnáissica meridional da faixa costeira entre Salvador (BA) e Vitória (ES). Outros corpos charnockíticos ocorrem na área da folha, principalmente em Ibirajá, Massaranduba, Padre Paraíso e entre Carlos Chagas e Nanuque. Nota-se que eles estão alinhados na direção noroeste-sudeste, embora individualmente acompanhem a estrutura local da rocha encaixante. Afloram em regiões aplainadas, de topografia arrasada, geralmente na forma de blocos, relativamente abundantes.

#### 5.2.1.2 Associação Barbacena (PCx e PCggn):

Esta associação é representada por um conjunto de rochas constituído por biotita-gnaisses, granito-gnaisses e xistos, com grau de metamorfismo menos elevado que o grupo PC'mm.

Ocupa uma faixa contínua NE-SW que, iniciando-se no extremo sudoeste da folha, com sua parte mais estreita, passa por Franciscópolis, Antonio Pereira e Santo Antonio do Mucuri e, a partir daí, à medida que se estende para o norte, aumenta a sua largura.

Neste trabalho foi dividida em duas unidades litológicas cujos contatos entre si e com o grupo PC'mm a leste, são dificilmente observáveis, dada a granitização ocorrida durante a Orogênese Brasileira que afetou toda região, e também, devido a uma extensa cobertura argilo-arenosa. São as seguintes:

- Rochas metassedimentares (PCx)
- Complexo gnáissico-granítico (PCggn)

A primeira foi considerada como o prolongamento físico da sequência metassedimentar que ocorre em maior escala na área vizinha a oeste. Esta sequência é constituída por quartzo-biotita xistos, quartzo-biotita-granada xistos, quartzo-biotita-muscovita xistos, estaurolita xistos etc.

Deste conjunto ocorre na área apenas uma sequência alternada de quartzo-biotita xistos e quartzitos que se estende desde Novo Cruzeiro até Itinga, tendo suas melhores exposições entre esta última cidade e Araçuaí.

A segunda, foi relacionada a um complexo gnáissico-granítico que engloba biotita-gnaisses, granito-gnaisses e granitóides predominantes, com quartzo-biotita xistos e anfibolitos subordinados.

Nas circunvizinhanças de Medina, Comercinho e Pedra Azul predominam granitóides que se caracterizam por formar morros isolados do tipo "pão de açúcar". Em direção ao sul predominam rochas gnáissicas.

### 5.2.2 Rochas Ígneas

Estes magmatitos ocorrem dispersos no Pré-Espinhaço da área, sendo na maioria rochas graníticas, responsáveis pela morfologia de morros isolados sobre a superfície de aplainamento da região. Rochas básicas ocorrem escassamente em corpos de pequena extensão.

#### 5.2.2.1 Rochas Graníticas (v)

Os corpos graníticos da metade oeste da área, carentes ainda de um estudo mais detalhado, foram separa

dos por meio de interpretação de fotografias aéreas e ima  
gens de radar, necessitando assim de uma melhor apreciação  
de campo. Não obstante, podemos destacar os núcleos graní  
ticos que ocorrem entre a cidade de Jequitinhonha e Almena  
ra; os que cortam localmente os metassedimentos que ocor  
rem a oeste e sudoeste de Itinga e que sempre são acompa  
nhados de pegmatitos.

Na metade leste da área, a cinco quilômetros  
sudeste de Itanhém, na estrada Itanhém-Medeiros Neto, e  
nas proximidades do córrego Novo, na estrada Santa Luzia  
do Norte-Ibirajá ocorrem núcleos de biotita-granitos equi  
granulares de caráter intrusivo bem evidenciado.

A norte de Itagimirim e nos arredores de Salto  
da Divisa ocorrem granitos equigranulares, formando peque  
nos maciços. São considerados granitos circunscritos reo  
mórficos, resultantes da cristalização de um magma palin  
genético originado em profundidade, na zona onde se proces  
sou a anatexia de que resultaram os granitóides anatexíti  
cos porfiróides. Apresentam aspecto gnáissico, granulação  
média a grosseira e coloração rósea. A composição minera  
lógica é de quartzo, feldspato, biotita, muscovita e, não  
raro, hornblenda.

#### 5.2.2.2 Rochas Básicas ( $\beta$ )

São representadas na área por diques de diabá  
sio de idade ainda indeterminada. Ocorrem dispersamente  
ao redor das cidades de Joáima e Pampã, envolvidas pela  
sequência sedimentar PC  $mm_2$ .

## 5.3 Rochas Sedimentares

### 5.3.1 Generalidades

Os sedimentos na área se restringem ao Grupo Barreiras, às coberturas detríticas e aos depósitos flúvio-marinhos e fluviais.

O uso do termo "Grupo" para o Barreiras, deve-se a BIGARELLA e ANDRADE (1964) em lugar de "Formação" ou mesmo "Série", como eram conhecidos os sedimentos terciários que ocorrem ao longo da costa, desde o Rio de Janeiro até a foz do rio Amazonas. MABESOONE et alii (1972) conseguiram individualizar três formações: Serra dos Martins, Guararapes e Macaíba.

A coluna litoestratigráfica nesta parte sedimentar, para efeitos descritivos, é a seguinte:

Quaternário: depósitos flúvio-marinhos e fluviais.

Terciário-Quaternário: coberturas detríticas

Terciário: Grupo Barreiras

### 5.3.2 Grupo Barreiras (TTb)

Ocorre na parte litorânea da área, formando uma faixa contínua de sedimentos inconsolidados e pouco consolidados em toda sua extensão ora alargando-se ora estreitando-se, com uma largura de mais ou menos 50 km. Na parte sul penetra pelo continente por cerca de 100 km até a região de Nanuque.

A feição morfológica típica dessa unidade são



os tabuleiros. Constitui um relevo aplainado, monótono, cujas cotas oscilam em torno de 100 m, decrescendo suavemente no sentido do litoral, onde termina bruscamente em extensas falésias ao longo da costa. Os rios que compõem a rede de drenagem bastante densa e de padrão paralelo e subparalelo correm por entre vales de fundo chato e bordos escarpados; ocorre também o padrão dendrítico, sendo comum a presença de lagoas.

Os sedimentos Barreiras repousam discordantemente sobre rochas cristalinas. Tratam-se de sedimentos clásticos finos a conglomeráticos, com grande variação lateral e vertical de litologia, granulometria e cor. Mostram-se muito pobremente selecionados, por vezes com estratificação cruzada e com interestratificação de argilas variegadas de natureza caulínica. Litologicamente, são constituídos por argilas arenosas, arenitos argilosos, areias conglomeráticas, com grãos de quartzo angulosos a subangulosos e argilas parcialmente endurecidas. Não raramente ocorrem concreções ferruginosas (cangas lateríticas) no topo da sequência, com blocos por vezes atingindo até dois metros de diâmetro. Isto pode ser observado na estrada Duque de Caxias-Nova Tribuna nas proximidades do ribeirão das Altarifas, a sudoeste de Teixeira de Freitas.

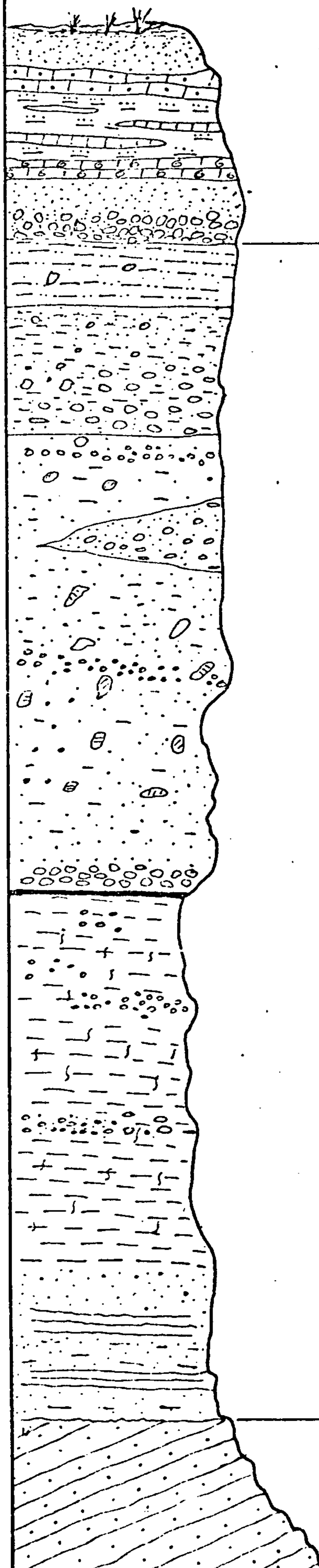
Os melhores afloramentos ocorrem em cortes ao longo da BR-101 e na linha de costa entre Porto Seguro e Mogiquiçaba (fig. 5.1)

A espessura destes sedimentos é variável, mas não muito significativa. Nas imediações do povoado de Monte Pascoal constituem uma capa de 3 a 4 metros recobrimdo o cristalino alterado. O poço estratigráfico 2-Cxst-1-BA (Petrobrás) (fig. 5.2) localizado em Cumuruxatiba, atra

PÔRTO SEGURO - MOGIQUIÇABA  
NORDESTE

COLUNA ESTRATIGRÁFICA GERAL

N.R. Menezes Filho



Aluviões arenosos e argilosos - pântanos e mangues  
Praias recentes

Arenito calcífero

Cordões de praias antigas com níveis de calcário

Recifes orgânicos

Terraços fluviais, gradando para areia conglomerática

QUATERNÁRIO

Arenito argiloso de cor avermelhada, coerente,  
mal selecionado

Arenito argiloso, cinza, grosseiro, gradando para fino  
no topo

Arenito argiloso, feldspático, tendendo a um sub-arcócio

Presença de clay-balls nas argilas e arenitos prece-  
dentes

Níveis e bolsões de areias conglomeráticas

TERCIÁRIO

Grupo  
Borreiros

Canga ferruginosa

Argilas variegadas, coerentes, de cor cinza, vermelha,  
violeta

Textura mosqueada, muito coerentes

Pequenos níveis de limonite

Lentes de seixos de quartzo com pequeno espessura

Arenito branco, matriz caulínica, friável com níveis  
ricos em óxido de ferro

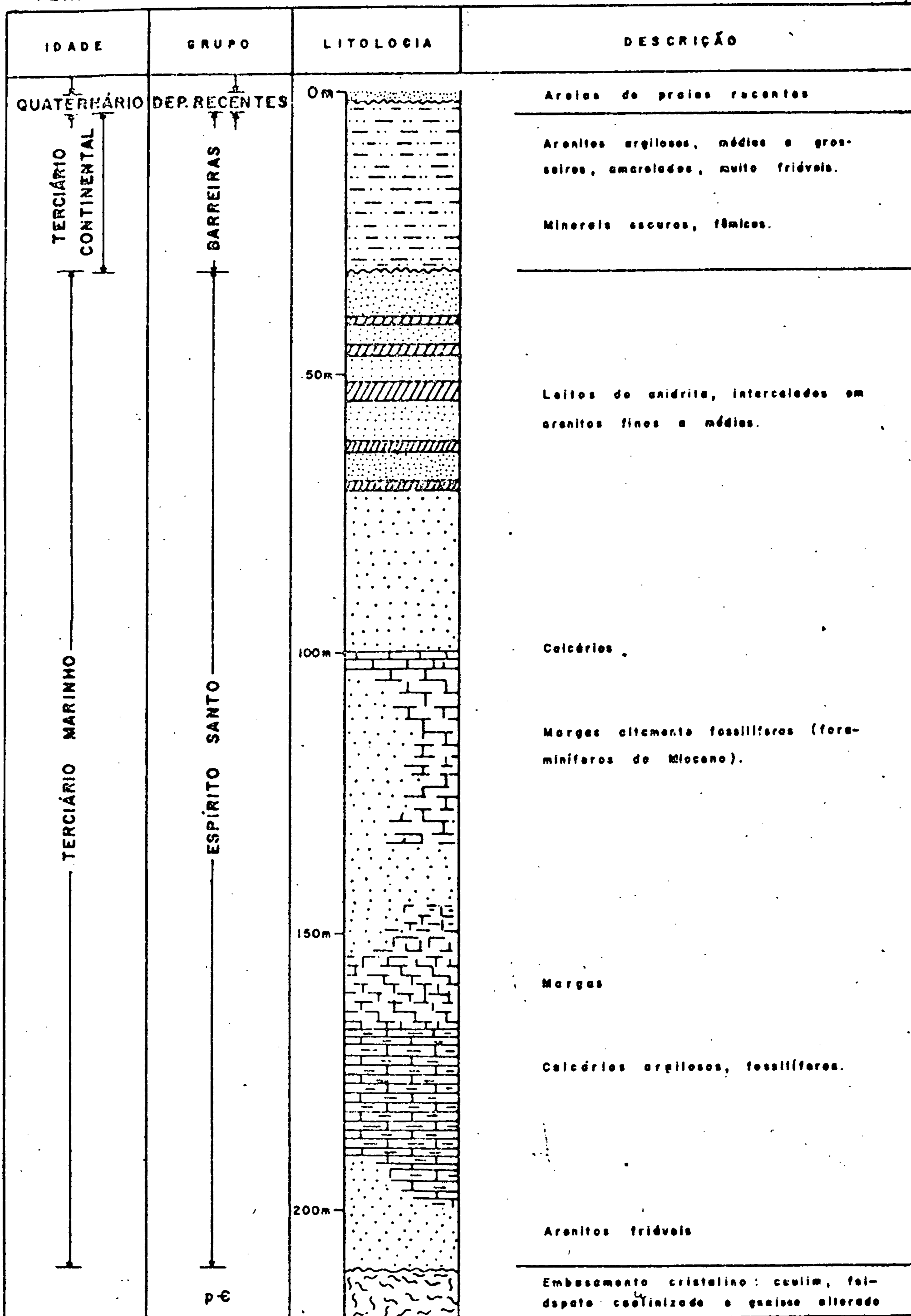
DISCORDÂNCIA ANGULAR

Quartzito micáceo

Quartzito hematítico

PRÉ-  
CAMBRIANO

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DO POÇO 2-Cxst-1-BA (PETROBRÁS) EM CUMURUXATIBA



Fonte: Barreto & Pinto (1972)

Fig. 5.2

vessou cerca de 30 metros de sedimentos terciários do Grupo Barreiras, sobrepostos a uma sequência de sedimentos terciários marinhos, atingindo o embasamento cristalino a 221 metros. É improvável uma espessura maior, pois quase sempre no vale dos rios que cortam os tabuleiros encontram-se exposições de rochas do embasamento. Nas falésias das imediações de Porto Seguro têm 70 metros de espessura. Na fig. 5.3 vemos o perfil estratigráfico na área de Cumuruxatiba.

Os sedimentos do Grupo Barreiras devem ter sido originados a partir de alternâncias climáticas. Processos de intemperismo químico atuaram sobre rochas do embasamento cristalino durante os climas úmidos; alternadamente, períodos de clima semi-árido foram responsáveis pela desagregação mecânica das rochas, com o conseqüente transporte e deposição dos sedimentos por correntes fluviais.




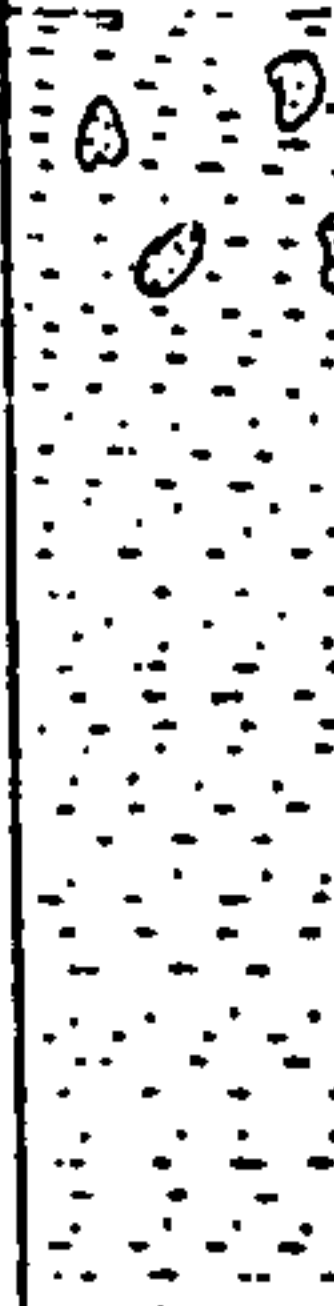
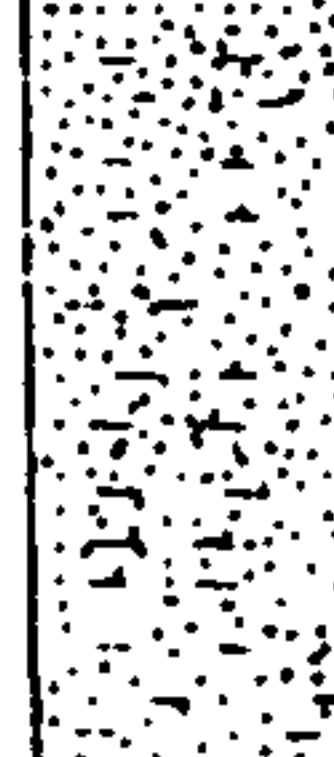
É notório o controle de alguns rios por acidentes estruturais do embasamento, sendo representativo desse fato, o rio Caraíva que, nas proximidades do povoado de Monte Pascoal, muda bruscamente de direção, escavando seu leito em uma falha ou fratura provável.

CARVALHO & GARRIDO atribuíram para esses sedimentos idade Pliocênica, baseados em fósseis encontrados em sedimentos semelhantes em Ouriçanguinhas, no Recôncavo Baiano.

### 5.3.3 Coberturas Detríticas (TTQe)

Na área da folha, essas coberturas são representadas por extensos chapadões horizontais, compostos de de

PERFIL ESTRATIGRÁFICO NA ÁREA DE CUMURUXATIBA

IDADE	GRUPO	LITOLOGIA	DESCRIÇÃO
TERCIÁRIO SUPERIOR	BARREIRAS		<p>Solo argiloso, coloração castanha alaranjada</p> <p>ESPESSURA = 5,0 m.</p>
			<p>Argila arenosa, marrom avermelhada, com nódulos de maior concentração de grãos de quartzo, de granulação, média a grosseira. (Nível D)</p> <p>ESPESSURA = 3,0 m</p>
			<p>Arenito argiloso, marrom acastanhado, granulação média nódulos caulínicos, concreções ferruginosas (Nível C)</p> <p>ESPESSURA = 6,0 m</p>
			<p>Argila de coloração creme a lilás, grãos de quartzo finos a grosseiros, dispersos, leitos creme acinzentado, totalmente argiloso, manchas de impregnações ferruginosas, no topo do nível (Nível B).</p> <p>ESPESSURA = 4,0 m</p>
			<p>Arenito argiloso, castanho avermelhado, fino a grosseiro, mal selecionado, grãos de quartzo angulares a sub-arredondados, maciço, cimentado. (Nível A).</p> <p>ESPESSURA = 2,4 m</p>

Fonte: Barreto & Pinto (1972)

Fig. 5.3

tritos alóctones e autóctones laterizados ou não, capeando quase todas as unidades indiscriminadamente. Têm sido posicionadas no terciário por vários autores, muito embora a não observância de fósseis, impeça sua datação.

Na insuficiência de dados torna-se difícil precisar sua natureza genética, motivo pelo qual adotou-se a representação simbólica descritivas TTQe (Terciário-Quaternário), sem implicar numa deposição em ambiente sedimentar definido.

Litologicamente são constituídas por material arenoso e/ou argiloso quase sempre inconsolidados, com estratificação indistinta, mal selecionados e com baixo grau de maturidade.

Tais coberturas apresentam sua maior área de distribuição ao norte do paralelo  $17^{\circ}00'S$ , entre Joáima-Itinga e Jequitinhonha-Pedra Azul.

Sua zona principal de ocorrência é observada na forma de uma chapada, situada a sudeste de Pedra Azul e nordeste da cidade de Jequitinhonha.

Na maioria das vezes exibem forte quebra de relevo e são encontradas em cotas superiores a 550 metros, sendo reconhecidas regionalmente sob a forma de topônimos como serra do Tombo, serra Três Irmãos, serra Amarela, chapada do Capinzal etc.

#### 5.3.4 Depósitos Flúvio-Marinheiros e Fluviais (Qa)

Os depósitos quaternários têm grande área de ocorrência na folha, principalmente em sua parte sudeste.

São representados essencialmente por sedimentos flúvio-marinhos e fluviais. Os primeiros se dispõem ao longo de toda a costa e na desembocadura dos rios João de Tiba, Bu ranhém, Frade, Caraíva e, com maior expressão, nos rios Jucuruçu, Itanhém e Peruípe. Os depósitos fluviais estão bem representados na planície de inundação dos rios acima citados.

Os cordões litorâneos ocorrem entre a linha de praia atual e a base das falésias do Grupo Barreiras; cor dões bem desenvolvidos são verificados nas pontas Grande e de Corumbau, e, de Alcobaça para sul, sendo constituídos de areias brancas, granulometria grossa e angulosa e com postos predominantemente de quartzo e fragmentos de con chas. Geralmente são paralelos à costa, embora ocorram também obliquamente e até perpendicularmente a ela, como se observa na Ponta da Baleia, onde a linha de costa muda bruscamente de direção norte-sul para nordeste-sudoeste; representam praias antigas.

Os depósitos aluvionares são caracterizados por material arenoso e areno-argiloso, no leito e nas planí cies de inundação e terraços dos principais rios. Estão bem representados na planície de inundação do rio Jucuru çu, no trecho Itamarajú-Prado, e do rio Itanhém, de Teixe ira de Freitas a Alcobaça. Nestes locais, a exemplo do que ocorre na costa, o contato dos sedimentos quaternários com sedimentos do Grupo Barreiras se faz de maneira brus ca, com presença de escarpamentos dos tabuleiros típicos da área de ocorrência destes sedimentos terciários.

A origem das areias brancas quartzosas que ocor rem geralmente sobrepostas a sedimentos terciários do Gru po Barreiras é explicada pela lixiviação do material mais

argiloso dos próprios sedimentos do Grupo Barreiras.

No que concerne às aluviões do rio Jequitinhonha, não estão representadas em mapa por serem de pequena monta, localmente constituindo terraços isolados na região compreendida entre Almenara e Itinga.

O poço estratigráfico CST-1-BA (Petrobrás) situado na Barra de Caravelas, no intervalo de 30-100 metros atravessou uma secção composta predominantemente de calcários com intercalações de argila margosa. Apesar da não existência de afloramentos, CARVALHO & GARRIDO (op. cit.) baseando-se em aspectos geomorfológicos, estimaram uma área de ocorrência desde Alcobaça, a norte, até Mucuri, a sul, esta última localidade situada fora da área. Para oeste, se estenderia até próximo a Helvécia e Aparajú. A esses sedimentos denominaram Formação Caravelas, de idade pleistocênica, de acordo com abundantes fósseis marinhos encontrados. ASMUS et alii (1971), em trabalho de integração geológica regional da Bacia Sedimentar do Espírito Santo, correlaciona essa formação a sedimentos carbonáticos que ocorrem em toda a porção leste da Bacia, situados na coluna estratigráfica no intervalo Pleistoceno-Eoceno, com espessura máxima de 2.800 metros. Esses sedimentos acham-se expostos no fundo do oceano ou recobertos por depósitos recentes de calcários bioclásticos (informações dos poços submarinos 1-BAS-2A e 1-ESS-3, da Petrobrás).

#### 5.4 Geologia Estrutural

De uma maneira geral, toda a área da folha exibe os efeitos dos eventos relacionados ao Ciclo Tecto-Orogênico Brasileiro que provocaram a superposição e mascara



mento das estruturas originais das rochas pré-cambrianas.

A Associação Barbacena apresenta estilo tectônico dominante orientado para NE-SW, muito embora haja uma marcante movimentação tectônica NW-SE, observada pela acomodação de parte da drenagem a esse padrão. Registram-se, ainda, dentro desse conjunto algumas estruturas concêntricas, possivelmente, ligadas a corpos intrusivos. Estruturas de dobramentos são observados somente nos metassedimentos, particularmente na região de Itinga, onde formam uma dobra anticlinal de direção axial aproximadamente NE, fechada nas proximidades da cidade do mesmo nome.

Na Associação Paraíba do Sul/Complexo Metamórfico-Migmatítico os alinhamentos estruturais apresentam direções muito diversificadas, em consequência da intensa de formação a que foi submetida. De modo geral, os alinhamentos têm direções gerais NW-SE, caracterizando dobramentos normais, simétricos e assimétricos com eixos em torno de N-S e E-SE. Os metassedimentos PC mm<sub>2</sub>, a noroeste e sudeste de Almenara exibem dobras com eixos NE-SW. Na zona central da metade leste da área as feições estruturais evidenciam ação de esforços compressivos leste-oeste, com os flancos das dobras apresentando mergulhos fortes quase sempre acima de 60°. No percurso de Itanhém para noroeste, junto ao meridiano 41°30', um anticlinal está bem caracterizado com o flanco leste, inclinando-se para nordeste com mergulho de 65° a 80°, e o flanco oeste, com 80° a 85° para noroeste. Dois sistemas de falhamentos têm expressão nessa associação: NW-SE e NE-SW, tendo este último maior representatividade. São, na maioria, falhamentos indiscriminados, cujas componentes de rejeito são de difícil comprovação. Foram, geralmente, mapeadas por evidências indi

retas ou por situações geológicas que as admitem. Três de las merecem citação: a falha do rio Caraíva, expressa pela retilinidade deste rio; a falha de direção nordeste que passa a oeste de Colônia e parece ter continuidade além dos limites da folha, e, aquela que passando a norte de Itanhém e em Massaranduba, é evidenciada pela escarpa de linha da falha existente entre Itanhém e São José, e pela zona de cisalhamento que ocorre entre Vereda e Zelândia.

## 6. HIDROGEOLOGIA

### 6.1 Introdução

A hidrogeologia de uma região é condicionada por dois fatores principais: um climatológico e outro geológico. O último comanda sobremaneira as ocorrências, mas influenciam também substancialmente nas disponibilidades de água subterrânea nesta região.

Na região do presente trabalho, predominam (mais de 70% da área) rochas cristalinas, sendo o restante da área ocupado por rochas sedimentares. As áreas de domínio destes dois tipos de rochas são basicamente diferentes no tocante às suas características de conter e suprir água subterrânea, oferecendo as rochas sedimentares, em geral, melhores condições aquíferas que as cristalinas.

A seguir, as águas subterrâneas serão tratadas de acordo com a subdivisão acima adotada: as do embasamento cristalino e as dos terrenos sedimentares.

### 6.2 Águas Subterrâneas do Embasamento Cristalino

Como em outras regiões com características geológicas idênticas, a água subterrânea nos terrenos cristalinos é contida e transmitida no sistema de fissuras, juntas, fendas e fraturas das rochas cristalinas presentes. É o conjunto destes interespaços, constituindo a porosidade secundária da rocha, que determina a capacidade de armazenar e produzir a água subterrânea nestes terrenos. Por outro lado, o conjunto dos vazios de fissuração depende de:

- tipo de fraturas

- densidade e extensão dos fraturamentos
- profundidade dos fraturamentos

Todos estes elementos são em última análise, comandados pela configuração geológica da região.

Embora não se tenha dados suficientes e precisos que possibilitem conclusões profundas a respeito da hidrogeologia dos terrenos cristalinos, serão abordadas, da melhor maneira possível, as características que determinam os recursos hídricos subterrâneos nestes terrenos. Trata-se de uma área cuja extensão ocupa mais de 70% da região estudada, em que estão situados os maiores núcleos populacionais e onde em alguns lugares a disponibilidade de águas superficiais é escassa.

Estima-se em 80, o número total de poços realizados nesses terrenos cristalinos pelo DNPM e ESEMG, desde 1949. Entretanto, carecendo de cuidadoso estudo geológico-estrutural muitos destes poços se apresentaram secos ou ofereceram pouca vazão, a ponto de não serem utilizados. Devido aos insucessos havidos, a procura de água para o abastecimento populacional e de rebanhos fixou-se definititivamente nos recursos superficiais. Assim sendo, existe reduzido número de poços tubulares na área, tendo sido inventariados apenas 33, dos quais 12, encontram-se abandonadados devido, principalmente, a defeitos em suas instalações.

Os valores dominantes das características dos poços cadastrados na área, estão apresentados na tabela 6.1

TABELA 6.1 CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS CADASTRADOS

	UNIDADE	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA	Nº DE POÇOS
Profundidade	m	124,00	34,00	68,46	15
Entrada d'água	m	122,00	14,00	42,55	05
Nível Estático	m	9,57	0,52	1,92	13
Nível Dinâmico	m	44,05	10,88	28,84	09
Rebaixamento	m	41,85	10,03	26,99	09
Vazão	m <sup>3</sup> /h	43,00	2,50	14,57	16
Vazão Específica	m <sup>3</sup> /h/m	2,76	0,60	1,13	09
Resíduo Seco	mg/l	601,00	319,00	453,40	05

- De 15 poços perfurados, 8 alcançaram profundidades inferiores a 68 m, 4 superiores a 80 e inferiores a 100 m, e 3 superiores a 100 m.
- As entradas d'água são conhecidas apenas em 5 poços. Na maioria (4) dos poços, foram encontradas entradas d'água em profundidades inferiores a 60 m.
- Dos 13 poços com nível estático, 4 são jorrantes, 6 possuem níveis estáticos inferiores a 1,00 metro e 3 entre 1,00 e 9,6 metros.
- Quanto aos níveis dinâmicos encontrados em 9 poços, 5 se situam em profundidades inferiores à da média (28,84 m), e 4 entre a média e máxima (44,05 m).

- Rebaixamentos em número de 5 são inferiores a 27,41 metros e 4 entre o último e 41,85 m.
- As vazões de 16 poços se apresentam da seguinte maneira: 4 entre 2,50 e 6,00 m<sup>3</sup>/h, 8 entre 8,00 e 16,00 m<sup>3</sup>/h, e 4 entre 25,00 e 43,00 m<sup>3</sup>/h.
- Das 9 vazões específicas encontradas, 5 apresentam valores inferiores a 0,60 m<sup>3</sup>/h/m, 4 entre 1,30 e 2,70 m<sup>3</sup>/h/m.
- Das águas em 5 poços, 3 apresentam valores de resíduo seco inferiores a 400 mg/l e 2 superiores a este valor.

#### 6.2.1 Alimentação

A quantificação exata da recarga dos depósitos de água subterrânea dos terrenos cristalinos sempre se apresenta como um problema de difícil solução, recorrendo-se muitas vezes apenas a descrições qualitativas a respeito. De um modo geral a recarga pode se processar diretamente a partir da precipitação pluviométrica, devido a alimentação pelos rios ou ainda através dos sedimentos sobrepostos aos terrenos cristalinos (Grupo Barreiras). Uma boa parte ocorre, também, de modo indireto, por intermédio do manto de decomposição.

Devido às circunstâncias indireta da recarga, os elementos intermediários, que funcionam como transmissores de água aos aquíferos de fissuras subjacentes, condicionam substancialmente o modo e o volume de recarga. No setor noroeste da área, mais especificamente na superfície abran

gida pela bacia do Jequitinhonha, onde o manto de intemperismo é pouco espesso ou inexistente, a alimentação parece estar ligada as regiões de chapadas que apresentam grande extensão areal e espessura razoável. Na faixa litorânea, os sedimentos do Barreiras desempenham um papel importante nesse tipo de alimentação.

O total de chuva que se precipita por ano nesse terreno cristalino é em torno de  $48.10^9 \text{ m}^3$  (48 bilhões de metros cúbicos) para uma área de  $53.360 \text{ km}^2$  e pluviometria média anual de 900 mm (média de longo período). A maior parte deste volume d'água é consumido pela evapotranspiração que atinge um valor médio anual de 804 mm, valor esse calculado pela fórmula de TURC. Com base nestas considerações, avalia-se que a contribuição das águas das chuvas para os reservatórios subterrâneos é pequena. A seguir, será detalhado o cálculo da taxa de infiltração para uma área restrita. O cálculo é baseado na equação do balanço hidrológico para uma área de  $1.785 \text{ km}^2$  pertencente a bacia do rio Todos os Santos (afluente da margem direita do Mucuri), e situada a montante do posto fluviométrico da localidade de Francisco Sá. Além de apresentar uniformidade quanto ao clima e condições geológicas, essa bacia abrange a estação meteorológica de Teófilo Otoni e a estação fluviométrica acima citada, ambas apresentando longo período de observações.

Foram utilizados os seguintes dados:

ESTAÇÃO	P mm	R $\text{m}^3/\text{s}$	ETR mm	A $\text{m}^2$
Teófilo Otoni	1166		955	
Francisco Sá		10,9		$1.780.10^9$

onde:

P = precipitação pluviométrica (média anual de 46 anos).

Quadro 4.1

R = escoamento fluvial (média anual de 15 anos). Quadro

4.12

A = área da bacia a montante da estação. Quadro 4.12

ETR = evapotranspiração real baseada na média do valor calculado pela fórmula de TURC (925,4 mm) e o obtido pelo balanço hídrico (985,0 mm) (pag. 13 e quadro 4.9 respectivamente).

Utilizando estes dados podemos calcular a distribuição das águas precipitadas na área da bacia, usando a equação:

$$V_p = V_i + V_R + V_{ETR}$$

onde:

$V_p = A.P =$  Volume precipitado na área =  $2,075.10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$

$V_{ETR} = A.ETR =$  Volume evapotranspirado =  $1,699.10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$

$V_R =$  Volume escoado superficialmente =  $0,344.10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$

$V_i =$  Volume infiltrado

$$V_i = 0,032.10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$$

A taxa de infiltração efetiva, será então:

$$i = \frac{V_i}{V_p} \cdot 100 \% = 1,54 \%$$

Esta taxa da infiltração parece bastante elevada para as condições de áreas cristalinas em geral, mas



pode ser até válida para a área restrita a que se refere. Contudo, seria temerosa a extrapolação desta taxa para toda a área de estudo, devido as condições geológicas, topográficas e edafo-climáticas diversas.

#### 6.2.2 Escoamento e Exutórios

Nas áreas de rochas fissuradas em geral, pode-se distinguir reservatórios por fraturas profundas e aqueles por fraturamento superficial. As fraturas superficiais, constituindo uma trama densa e muitas vezes em conexão direta com o manto de intemperismo, apresentam condições de aquífero livre, sendo a circulação comandada principalmente pela topografia. As fraturas profundas mais individualizadas, de trama rarefeita, podem apresentar condições de confinamento, onde a circulação é comandada pelas paredes das fraturas. Nesta circulação, ocupam papel importante as fendas-mestras, de maior envergadura. A localização da saída das fendas-mestras de descarga, controla o nível de água no conjunto de fraturas tributárias.

Na área de estudo, podem ser constatadas algumas das características gerais acima citadas. Um reservatório constituído por fraturamento superficial é evidenciado pelos poços da área, cujas entradas d'água se encontram na maioria em profundidades inferiores a 60 m e os níveis d'água se situam a profundidades rasas. Alguns poços são jorrantes, evidenciando uma circulação em condições de confinamento.

Exutórios em forma de fontes que possam confirmar uma restituição localizada da água subterrânea nos terrenos cristalinos, não foram constatados. No entanto, há

possibilidades ainda de restituições ocultas, sobremaneira na rede hidrográfica, que fogem às observações diretas.

A evapotranspiração sendo muito elevada, consumindo cerca de 80% da precipitação pluviométrica da área, deve ser considerada como o mais importante exutório.

Apresenta-se, portanto, o seguinte quadro geral relativo a circulação de água subterrânea nos terrenos cristalinos da área: grande parte da porção superior do aquífero periodicamente renovável, é consumida pela evapotranspiração, podendo haver restituições em pequenas parcelas através da rede hidrográfica, que possivelmente contribuem na recessão dos rios e riachos da área.

### 6.2.3 Considerações sobre Exploração

A determinação das características hidrodinâmicas das rochas (porosidade efetiva, coeficiente de armazenamento, permeabilidade, transmissibilidade, etc.) no caso das rochas fissuradas, tem menos significância comparativamente com as rochas sedimentares. Na maioria dos casos, os métodos e fórmulas deduzidas para os meios porosos permeáveis, se aplicam com pouco ou nenhum êxito às rochas fissuradas. Apesar das restrições, os ensaios de bombeamento continuam a ter uma certa validade, podendo-se obter indicações relevantes quanto a relação entre "aquífero" fraturado e o poço.

Contamos na área do cristalino com quatro testes de bombeamento, sendo que dois foram realizados pela equipe do projeto nas cidades de Águas Formosas e Medina. Os outros testes, realizados em Pedra Azul e Fazenda Santa Bárbara (Itagimirim) foram desenvolvidos pela COPASA e

CERB, respectivamente.

Os valores de capacidade específica de poços obtidos através dos testes, apresentam-se a seguir:

LOCALIDADE	POÇO	ROCHA	Q/s (m <sup>3</sup> /h/m)
Medina-MG	183.34	granito-gnaissse	2,46
Pedra Azul-MG	199.34	granito-gnaissse	2,76
Itagimirim-BA	068.34	xisto	0,14
Águas Formosas-MG	153.34	migmatito	0,60

Observam-se que os maiores valores de capacidade específica são relacionados aos poços nas rochas granito-gnaisses situados a noroeste da área, o menor com o poço no xisto a nordeste e um valor intermediário em migmatito no centro.

Para efeito puramente ilustrativo, foram traçados diversos gráficos de rebaixamento verso tempo, relativos aos testes de bombeamento e que constam do anexo 9.5.

As vazões obtidas dos 33 poços inventariados, indicam uma variação de 2,5 a 43 m<sup>3</sup>/h, sendo a média de 14,6 m<sup>3</sup>/h. As maiores vazões de 25 e 43 m<sup>3</sup>/h, são obtidas da área a noroeste, coincidindo com a de valores maiores de capacidade específica dos poços.

Para uma área cuja manutenção e desenvolvimento da atividade pecuária assim como o abastecimento humano depende essencialmente de rios e riachos, e onde os rigores das estiagens aumentam gradativamente, é de esperar que a exploração dessas águas subterrâneas se apresenta com certas perspectivas para o abastecimento local e de pequena es

cala, podendo a mesma ser praticada com mais frequência no futuro. Na parte noroeste da área, os poços indicam as maiores vazões e capacidades específicas.

Serão necessários estudos específicos para definir as melhores áreas de captação, que são, em geral, aquelas de circulação mais intensa.

#### 6.2.4 Água Subterrânea no Manto de Intemperismo

A água subterrânea ocorre também no manto de intemperismo e se encontra em condições tão favorável de captação, que é muito explorada em toda área cristalina, tanto nas grandes cidades, como na zona rural. Em Pedra Azul, Nanuque, Machacalis, cidades com respectivamente 11.000, 34.000 e 3.700 habitantes (ano de 1975), o número de poços amazonas é da ordem de 01 (um) poço por casa residencial. Mesmo nas localidades onde existem captações de grandes volumes d'água superficiais o método de exploração através de poços escavados é utilizado em grande escala, se colocando, às vezes, em posição de concorrência com a água encaçada. Em geral, o manto de intemperismo é uniformemente distribuído, atingindo espessuras de 10 a 20 m, que favorecem substancialmente o armazenamento de água subterrânea. No entanto, na bacia do Jequitinhonha, onde o capeamento do manto não é muito desenvolvido, os poços amazonas em sua maioria se esgotam nos anos de estiagens mais prolongadas.

#### 6.3 Águas Subterrâneas dos Terrenos Sedimentares

As condições geológicas descritas no capítulo 5.3 nos permitem deduzir que as possibilidades hidrogeoló

gicas desses terrenos estão restritas a 4 (quatro) sistemas de aquíferos:

- a - Sedimentos flúvio-marinhos e fluviais
- b - Coberturas detríticas
- c - Formação Caravelas
- d - Grupo Barreiras

As possibilidades hidrogeológicas são boas quando se trata do sistema aquífero da Formação Caravelas, sendo de uma ordem maior as possibilidades dos sedimentos flúvio-marinhos e fluviais, embora ambos restritos quanto a sua extensão. Em ordem decrescente de importância hidrogeológica se apresentam os aquíferos Barreiras e de Coberturas Detríticas.

#### 6.3.1 Sedimentos Flúvio-Marinhos e Fluviais

Esses sedimentos, reunidos, cobrem uma superfície da ordem de  $1.670 \text{ km}^2$ . Constituem-se de depósitos sedimentares (arenoso e areno-argiloso) situados nos vales dos principais rios, além de uma faixa no litoral com 80 km de comprimento e 10 km de largura. Na atual fase de estudo pouco se conhece a respeito das espessuras exatas destes sedimentos. As estimações feitas no momento, vão até algumas dezenas de metros em determinados trechos dos rios, sendo mais provável uma espessura em torno de 10 metros como média.

Portanto, uma quantificação absoluta das disponibilidades d'água ainda não pode ser efetuada. Sabe-se apenas que estes sedimentos formam um sistema freático, possuem bom potencial dimensional, estão situados em área dos mais altos índices pluviométricos da área e se apresen

tam nos vales com boas possibilidades de recarga direta pelos rios presentes. Com base nesta avaliação, os sedimentos flúvio-marinhos e fluviais foram classificados como sendo de potencial explorável de elevado a muito elevado.

Nas áreas onde aparecem arealmente bem desenvolvidos, como nos rios Jucuruçu, Itanhém e Peruípe, e ao longo da costa entre Prado e Nova Viçosa, a água nos sedimentos, já está sendo explorada com frequência através de poços escavados.

#### 6.3.1.1 Alimentação

A alimentação desses sedimentos é realizada essencialmente pelas infiltrações diretas das águas das chuvas, e das águas provenientes das pequenas fontes e ressurgências difusas verificadas na base dos sedimentos do Barreiras e que, a seguir, escoam para os sedimentos flúvio-marinhos e fluviais. As influências fluviais sobre a água subterrânea contida nestes sedimentos, se fazem sentir nas proximidades dos rios, e até a algumas centenas de metros durante os períodos das enchentes, embora dados específicos sobre estas influências não estão disponíveis.

#### 6.3.1.2 Escoamento e Exutórios

O escoamento das águas subterrâneas se faz normalmente em direção aos rios e ao mar, que juntamente com a evapotranspiração, constituem os exutórios principais deste aquífero. Embora carente de um mapa do nível freático, observa-se pela topografia que a rede hidrográfica atravessando a área sedimentar está em condições de receber

grande parte do escoamento subterrâneo da área.

A falta de dados sobre os níveis d'água do sistema não nos permite, no estágio atual dos conhecimentos a bordar mais detalhes sobre a mesma, inclusive quantificar o volume de água que escoo diretamente para os exutórios.

### 6.3.2 Coberturas Detríticas

Essas coberturas representadas por extensos chapadões horizontais escalonados, correspondentes às superfícies de pediplanação da área de tamanhos variáveis de 5 a 25 km<sup>2</sup>, cobrem uma área de 2.860 km<sup>2</sup>. São compostas essencialmente por sedimentos argilo-arenosos, podendo atingir espessura da ordem de meia centena de metros conforme verificações no campo, o que permite certa acumulação de águas subterrâneas.

Constituem um sistema cujas possibilidades hidrogeológicas são muito fracas devido à baixa permeabilidade que é inerente a este tipo de rocha. Não obstante esta característica desfavorável dos sedimentos, encontram-se algumas ressurgências em forma de pequenas fontes no contato com o substrato, nas encostas dos vales. Apesar do fraco potencial hidrogeológico, este tipo de manancial subterrâneo por se encontrar em área cristalina, representa uma fonte a mais para o abastecimento d'água da região.

As características hidrodinâmicas destes sedimentos ainda não foram determinadas até agora, dificultando assim qualquer consideração de ordem quantitativa. Ao norte, na região de Planalto de Conquista, já fora da área de estudo, essas coberturas adquirem maiores espessuras

e extensão. Os poços perfurados naquela região, indicaram a presença de um meio aquífero de baixa permeabilidade, com captações de vazões reduzidas (vazão média de 2.000 l/h). Na mesma região, o nível estático se encontra, na maioria das vezes, a profundidades menores de 30 m.

Esses sedimentos cenozóicos, sobrepostos ao em basamento cristalino em boa parte da área a noroeste, fun cionam, em geral, como uma boa superfície de captação da precipitação pluviométrica favorecendo localmente a infil tração pluviométrica favorecendo localmente a infiltração no próprio substrato.

Em terrenos semelhantes na vizinhança meridi onal (Planalto de Conquista), as águas analisadas se apre sentam como boas, física e quimicamente.

No momento, este aquífero é ainda pouco explora do na área. A localidade que oferece melhores possibili dades, tanto em termos de espessura como em extensão é aquela situada entre as cidades de Pedra Azul e Jequitinho nha.

### 6.3.3 Formação Caravelas

No momento, consideram-se os sedimentos mari nhos da Formação Caravelas como um dos principais aquífe ros no âmbito da área embora relativamente pouco se conhe ce ainda de suas características geométricas. A revelação dessa ocorrência só foi possível através de poços estrati gráficos perfurados pela Petrobrás no litoral da área e, pos teriormente, pelas perfurações de poços tubulares realiza das pela CERB em diversos outros pontos da área, situados no litoral e em locais mais interiores. A ausência de a



floramentos na área deixam aqui patenteadas, as necessidades de serem efetuadas pesquisas visando a um melhor conhecimento de seu potencial. Com base no conhecimento atual, avalia-se a extensão em subsuperfície da Formação Caravelas no mínimo em 2.900 km<sup>2</sup>.

Pelos perfís estratigráficos dos poços podemos observar que a Formação Caravelas compõe um sistema de aquífero confinado, constituído ora por uma sequência de calcários, argilas margosas e arenitos calcíferos, ora por arenitos grosseiros, às vezes argilosos, com intercalações de folhelhos. Em Cumuruxatiba, no litoral, esses sedimentos apresentam uma espessura de 191 metros, já em Posto da Mata, mais para o interior, a espessura diminui para 45 metros.

Apesar do número pequeno de perfurações existentes, cerca de 10 (dez), os dados delas obtidos são de validade para o estudo hidrogeológico e constam da tabela abaixo:

	UNIDADE	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA
Profundidade	m	109,20	53,00	89,60
Nível Estático	m	12,50	Jorrante	3,60 +
Nível Dinâmico	m	37,20	10,00	20,40
Rebaixamento	m	34,40	7,70	17,40
Vazão	m <sup>3</sup> /h	56,57	4,46	23,85
V. Específica	m <sup>3</sup> /h/m	3,60 +	2,09	1,67 +
Resíduo Seco	mg/l	335,00	236,00	295,00

+ Nestes valores inclui-se um pequeno erro, pois não se dispõe de dados piezométricos exatos relativos a 2 (dois) níveis jorrantes..

Tratando-se de um aquífero confinado o seu confinamento é, em geral, propiciado pela base da porção calcária do perfil, situada a profundidades de 40 a 900 m.

Para cinco entre dez poços, foram encontradas vazões específicas superiores a  $1,67 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  podendo as mesmas aumentar nas áreas onde ocorre a sequência formada de calcários e arenitos calcíferos.

Para a maioria dos poços, as entradas d'água se situam entre 40-90 metros, no contato inferior dos calcários. Os níveis piezométricos variam de 12,5 m abaixo da superfície a níveis jorrantes.

Na localidade de Helvécia (Nova Viçosa) foi instalado no poço nº 102 um linígrafo Registrador Vertical OTT, tipo R 16, com a finalidade de medir as variações do nível estático das águas subterrâneas do aquífero Caravelas.

Infelizmente, devido a falhas mecânicas durante o período de medições, os dados obtidos não nos permitiram a dar uma análise quantitativa com relação às variações dos níveis d'água. Portanto, restringimos apenas à apresentação qualitativa das mesmas.

O comportamento da superfície das águas durante o período de julho/76 a junho/77 é mostrado no diagrama da fig. 6.1, onde podemos observar que o movimento anual do nível d'água apresenta uma forma semelhante a uma senoide.

No que se refere a alimentação pela precipitação pluviométrica, verifica-se um atraso de um mês entre o máximo de chuva (Dezembro) e o máximo do aquífero (Janeiro).

CURVA DE VARIAÇÃO DO NÍVEL ESTÁTICO DO POÇO Nº 102  
HELVÉCIA - NOVA VIÇOSA - BA

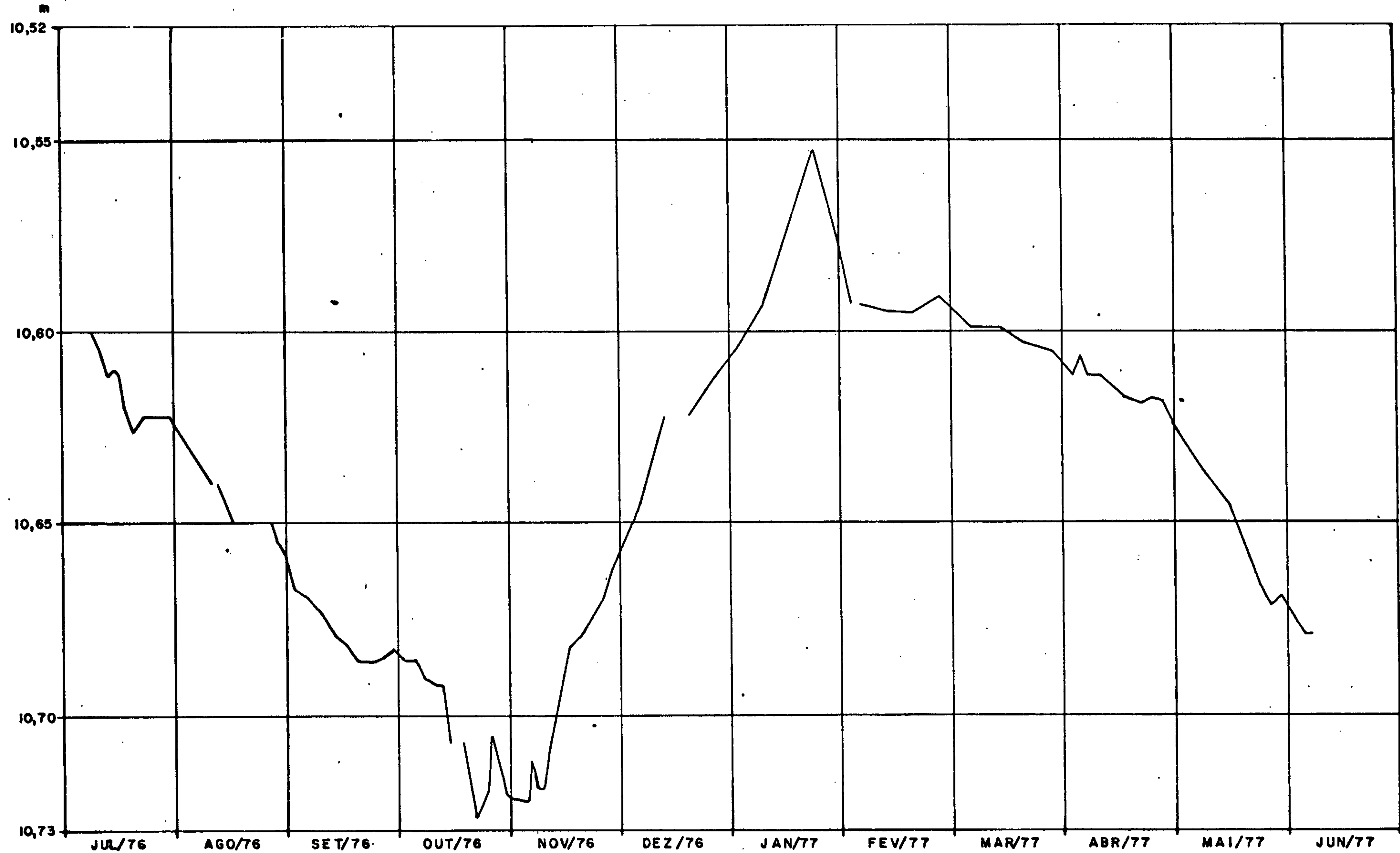


FIG. 6.1

Quanto ao mínimo do aquífero (Outubro) ele ocorre com dois meses de atraso em relação ao mínimo pluviométrico.

#### 6.3.3.1 Alimentação, Escoamento e Exutórios

Apesar de ser difícil conhecer, no momento, os tipos de alimentação e a sua contribuição quantitativa, acreditamos que se faça de forma indireta, principalmente por infiltração vertical descendente através dos sedimentos do Grupo Barreiras, sobreposto à Formação Caravelas.

O escoamento das águas subterrâneas do aquífero Caravelas não pôde ser delineado por falta de maior número de dados que possibilitassem a construção de mapa piezométrico. Não obstante, baseando na conformação geológica acreditamos que o escoamento se faça no sentido do mar, talvez, o seu principal exutório.

#### 6.3.3.2 Características Hidrodinâmicas

Os dados susceptíveis de fornecerem informações sobre as características hidrodinâmicas das águas subterrâneas da Formação Caravelas, são os correspondentes aos trabalhos de perfuração realizados pela CERB, os quais são acompanhados de testes de bombeamento.

Ao todo foram realizados 10 ensaios de bombeamento, dos quais 7 (sete) possibilitaram a construção de curvas de rebaixamento ou recuperação de onde foram calculados os valores das características hidrodinâmicas.

No quadro 6.1 acham-se representados os diversos valores de T. e K. O coeficiente de armazenamento não

foi calculado devido a ausência de piezômetros.

Nesse quadro podemos observar a diminuição de K quando o aquífero passa de uma sequência de calcários e arenitos calcíferos, para outra de arenitos.

#### 6.3.3.3 Considerações sobre Exploração

A escolha dos locais para captação das águas subterrâneas é de grande importância tanto na obtenção de boas vazões, como na continuidade de exploração a longo prazo. Os poucos dados disponíveis indicam como os melhores locais, as zonas de ocorrência dos calcários e arenitos calcíferos. As capacidades específicas dos poços nestas zonas se apresentam como as maiores (média: 2,7 m<sup>3</sup>/h/m), refletindo nas melhores vazões da área (média: 38,57 m<sup>3</sup>/h). A situação geográfica das zonas com calcário corresponde a faixa litorânea entre Alcobaça e Nova Viçosa.

Nas bordas litorâneas, a profundidade média dos poços é de 100 m. Mais no interior, esta média é de 70 m.

Tratando-se de um aquífero confinado, em que captações malogradas com conseqüente perda de pressão nos poços afetam substancialmente as vazões, deve-se tomar o máximo cuidado técnico na ocasião de construção dos poços. É imprescindível que a parte confinante da sequência litológica seja adequadamente isolada.

#### 6.3.4 Grupo Barreiras

O aquífero Barreiras é constituído por sedimentos (argilas arenosas, arenitos argilosos, areias conglo

meráticas) que ocorrem paralelamente à costa, repousando diretamente sobre o embasamento cristalino e Formação Caravelas. Ocupam uma área de 11.590 km<sup>2</sup>, apresentando uma espessura que varia de alguns metros até 70 metros na região costeira, com uma média de aproximadamente 30 metros. O nível estático médio é de 14 metros.

Devido a sua diversificação litológica, tanto vertical como lateralmente, apresenta-se como um meio aquífero muito heterogêneo, cuja permeabilidade deverá ser variável. Comporta-se como um sistema freático.

Apesar de sua grande extensão areal, possui possibilidades hidrogeológicas não muito elevadas, tanto pelas espessuras reduzidas em suas bordas interiores como pela alta heterogeneidade dos seus sedimentos. Entretanto, apesar de suas diminutas possibilidades, a utilização de suas águas subterrâneas é também uma fonte a mais para o abastecimento podendo servir para pequenas localidades e fazendas.

#### 6.3.4.1 Alimentação

É realizada praticamente através das infiltrações oriundas da precipitação pluviométrica sobre as zonas de afloramento, podendo haver uma contribuição dos rios nas épocas de enchentes e indiretamente pelas areias residuais existentes no topo do grupo em muitas zonas.

Para a área aqui representada (11.590 km<sup>2</sup>), que apresenta uma pluviometria média de 1350 mm, o volume d'água que precipita ( $V_p$ ) é de  $V_p = 11,59 \cdot 10^9 \times 1,350 = 15,6 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>/ano.

A partir da relação volume total de escoamento natural ( $V_e$ ) e volume total precipitado ( $V_p$ ), pressupondo que o aquífero está em equilíbrio hidrodinâmico, pode-se determinar a taxa de infiltração ( $i$ ) que realmente contri  
bui para a realimentação do aquífero:

$$i = \frac{V_e}{V_p} \times 100$$

$$i = \frac{0,20 \cdot 10^9}{15,6 \cdot 10^9} \times 100 = 1,3\%$$

utilizando os seguintes valores:

$$V_e = 0,20 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{ano} \text{ (capítulo 6.3.4.4)}$$

$$V_p = 15,6 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{ano} \text{ (neste capítulo)}$$

A taxa de infiltração efetiva do aquífero sendo de 1,3%, o volume d'água efetivamente infiltrada no aquífero ( $V_i$ ), se  
rá de:

$$V_i = 1,3 \frac{15,6 \cdot 10^9}{10^2} = 200 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano} \text{ (aprox.)}$$

O volume d'água anualmente infiltrado por unidade de super  
fície ( $\text{km}^2$ ) é de:

$$\frac{200 \cdot 10^6}{11.590} = 17.000 \text{ m}^3/\text{ano}/\text{km}^2. \text{ (aprox)}$$

Entretanto, um infiltrômetro instalado em Hel  
vécia, Nova Viçosa, revelou uma taxa de infiltração da or  
dem de 15% por ano. Essa diferença entre o volume infil  
trado e o que efetivamente contribui para a alimentação das  
reservas das águassubterrâneas seria em grande parte con  
sumida pela evapotranspiração, que apresenta uma taxa mui

to alta, cerca de 80% da pluviometria média anual.

#### 6.3.4.2 Escoamento e Exutório

O mapa isopiezométrico do aquífero freático na escala de 1:500.000 foi elaborado a partir de uma rede de pontos d'água constituída de poços manuais e fontes. As curvas isopiezométricas foram traçadas obedecendo-se a equidistância de 20 metros. A curva de valor máximo é de 200 metros e a mínima de 20 metros.

O escoamento das águas subterrâneas do Grupo Barreiras, no extremo sudeste da área, se faz para E-SE. As curvas nesta parte da área revelam que o escoamento se faz com um gradiente hidráulico médio de  $2,8 \cdot 10^{-3}$  (ou 0,28%).

A característica principal desses sedimentos do Barreiras parece ser a de transmissor de água para os exutórios comuns, o mar, os rios, fontes e surgências difusas, podendo ser citada, também, as prováveis infiltrações verticais para a Formação Caravelas e o embasamento cristalino. A evapotranspiração, porém, pode ser apontada como o principal exutório da região.

#### 6.3.4.3 Características Hidrodinâmicas

Até o momento não existe na área nenhum trabalho de pesquisa sobre as águas subterrâneas do Grupo Barreiras, daí a ausência de dados sobre as características hidrodinâmicas. Para efeito de cálculos foram utilizados os valores dos coeficientes de transmissibilidade, armazenamento e porosidade útil, abaixo representados, que correspondem à



média daqueles obtidos em testes realizados no aquífero Barreiras em Feira de Santana (BA), na região de Paracuru (RN) pela SONDOTÉCNICA, e pelo Grupo de Estudos do Vale do Jaguaribe (GEVJ) na região de Aracati (CE).

$$T = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$S = 5 \cdot 10^{-3}$$

$$\mu = 12 \cdot 10^{-2}$$

#### 6.3.4.4 Reservas

Utilizando os elementos disponíveis, definidos nos capítulos anteriores, fez-se uma estimativa das reservas d'água subterrânea do aquífero Barreiras, como primeira tentativa de definir sua potencialidade.

A vazão de escoamento natural do aquífero foi calculada pela fórmula:

$$Q = TIL$$

com base na Lei de Darcy, onde:

$$Q = \text{vazão de escoamento natural (m}^3/\text{s)}$$

$$T = \text{transmissibilidade (m}^2/\text{s)}$$

$$I = \text{gradiente hidráulico da superfície piezométrica}$$

$$L = \text{largura da frente de escoamento (m)}$$

Assim sendo, para se fazer uma estimativa da vazão de escoamento natural do aquífero, tomaram-se os seguintes valores:

$T = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  (adotada, como média de valores de áreas análogas)

$I = 2,8 \cdot 10^{-3}$  ou 0,28% (determinado no mapa piezométrico)

$L = 105 \text{ km}$  ou  $105 \cdot 10^3 \text{ m}$  (coincidindo com a frente da piezometria de 50 m)

1 ano =  $3,15 \cdot 10^7$  seg.

Disto resulta:

$$Q = 4,7 \cdot 10^{-3} \times 2,8 \cdot 10^{-3} \times 105 \cdot 10^3 \times 3,15 \cdot 10^7$$

$$Q = 4350 \cdot 10^4 = 43,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

para uma frente de escoamento de 105 km. O escoamento por unidade (km) de frente, será:

$$\frac{Q}{L} = \frac{43,5 \cdot 10^6}{105} = 0,41 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}/\text{km}$$

Para todo aquífero Barreiras dentro da área de estudo, estima-se uma frente de escoamento de 500 km de extensão. Assim sendo, a vazão do escoamento natural ( $V_e$ ), será de:

$$V_e = 500 \times 0,41 \cdot 10^6 = 0,20 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$$

A reserva permanente corresponde a quantidade d'água armazenada no aquífero, susceptível de ser restituída por gravidade (água de saturação) e que se pode obter teoricamente, caso se pudesse esvaziar o aquífero totalmente.

Tratando-se de uma aquífero livre, o volume das reservas permanentes é dado pela fórmula:

$$V_R = A \times h \times \mu$$

onde:

$V_R$  = volume d'água armazenado ( $m^3$ )

$A$  = área de afloramento ( $m^2$ )

$h$  = espessura da camada saturada (m)

$\mu$  = porosidade útil (%)

Considerando uma espessura média de  $h = 15$  m para a camada saturada, numa área  $A = 11.590 \text{ km}^2$  e  $\mu = 12.10^{-2}$  (conforme citação no item 6.3.4.3)

tem-se:

$$V_R = A \times h \times \mu = 11.590.10^6 \times 15 \times 12.10^{-2} = 20.10^9 \text{ m}^3$$

A reserva explorável representa o volume d'água que pode ser extraído a longo prazo sem ocasionar danos permanentes para o aquífero. Isto significa que a mesma corresponde à vazão de escoamento natural ( $V_e$ ) de um aquífero. No caso do aquífero Barreiras, corresponde ao volume acima encontrado, ou seja  $0,20.10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$ .

No entanto, este conceito tradicional está sendo substituído por outro que permita uma exploração superior a vazão de escoamento natural, atingindo inclusive parte da reserva permanente, a fim de provocar um esvaziamento no aquífero que possa ser recarregado pelas águas meteorológicas em anos de excepcionais altas precipitações.

#### 6.3.4.5 Considerações sobre Exploração e Demanda

Este aquífero é atualmente pouco explorado, sendo

do seu maior aproveitamento feito através de poços manu  
ais e captação das águas das fontes.

Em face de sua fraca espessura saturada junto  
com a heterogeneidade dos seus sedimentos, o aquífero Bar  
reiras não pode ser explorado em grande escala. Porém,  
nas localidades onde o nível freático seja raso, o aprovei  
tamento poderia ser feito através de poços escavados (tipo  
amazonas). O tradicional método de captação nas fontes,  
poderia ser continuado ou até ampliado.

Em se tratando de uma área cortada por rios  
permanentes, a maior parte dos rebanhos consome água de  
superfície. Da mesma forma os pequenos núcleos populacio  
nais se valem dessas águas superficiais, acrescentando-se  
ainda o uso de poços manuais e, ocasionalmente, captação  
das fontes.

Para se ter uma idéia do volume d'água necessá  
rio às populações e rebanhos nessa área sedimentar, pode  
mos considerar para uma primeira aproximação a demanda cal  
culada para a micro-região Litorânea do Extremo Sul da  
Bahia (item 4.7), que com uma área total de 17.421 km<sup>2</sup> co  
bre toda área do aquífero. O volume d'água calculado para  
suprir os rebanhos e populações é da ordem de 20 milhões  
de m<sup>3</sup> por ano.

## 7. HIDROQUIMICA

### 7.1 Introdução

Com o objetivo de determinar os diferentes tipos de água dos aquíferos da área estudada foram coletadas 81 amostras d'água procedentes de diferentes tipos de rochas. Das análises químicas dessas amostras (anexo III) selecionaram-se aquelas onde as percentagens de erro, determinadas a partir do balanço iônico, não excediam os limites normais de equilíbrio. Assim feito, elas foram separadas e estudadas de acordo com os terrenos cristalinos e sedimentares; com exceção das considerações a respeito da qualidade das águas para irrigação, que foram feitas em conjunto.

No que concerne aos resíduos secos, não foi possível traçar o mapa de isoteores das águas subterrâneas devido a insuficiência de informações. É característica em toda a área, uma variação brusca de salinidade entre pontos não muito distantes, o que torna muito difícil a visualização da evolução da salinidade. Desta maneira, seus valores são representados pontualmente nas bases de poços e hidrológica, neste ultimo caso quando o valor diz respeito a águas de fontes.

Neste capítulo são tratados, ainda, o comportamento químico das águas sob o ponto de vista de sua potábilidade para o consumo humano e de animais, além da classificação das águas para efeito de irrigação.

Quanto ao método utilizado para a classificação química das águas optou-se pelo diagrama trilinear de Piper onde são utilizados dois triangulos separados para re

presentar os anions e os cátions, e um campo central romboidal onde se representa um terceiro ponto deduzido dos que representam os anions e os cations. E estudo interpretativo das análises foi completado mediante os gráficos e diagramas de Stiff-Custodio e Schoeller-Berkaloff.

## 7.2 Rochas Cristalinas

Nos terrenos cristalinos, as amostras coletadas, em sua maioria, são originárias de fontes (54%) e poços manuais (33%), a minoria provem de poços tubulares (13%). Desta maneira, as análises químicas procedidas se referem praticamente às zonas intemperizadas do cristalino, onde as águas são rasas e sujeitas a influência direta do clima predominante na área. Por outro lado, ao contrário dos aquíferos profundos, essas zonas intemperizadas apresentam uma maior movimentação e constante renovação da água subterrânea, submetendo-se, com isso, a uma menor salinização.

### 7.2.1 Composição Química das Águas

Utilizando o diagrama de Piper (fig. 7.1), encontramos diversos tipos d'água, nos quais predominam as cloretadas (40%) e bicarbonatadas (26%), e com menor frequência ocorrem as cloretadas-sulfatadas (13%), sulfatadas (7%), sulfatadas-bicarbonatadas (7%) e cloretadas-bicarbonatadas (7%) (fig. 7.2).

Podemos dizer, entretanto, que o número de amostras analisadas é muito reduzido para que se tenha uma idéia do comportamento hidroquímico da zona cristalina.



FREQUÊNCIA DE TIPOS QUÍMICOS DE ÁGUAS  
SUBTERRÂNEAS DO CRISTALINO

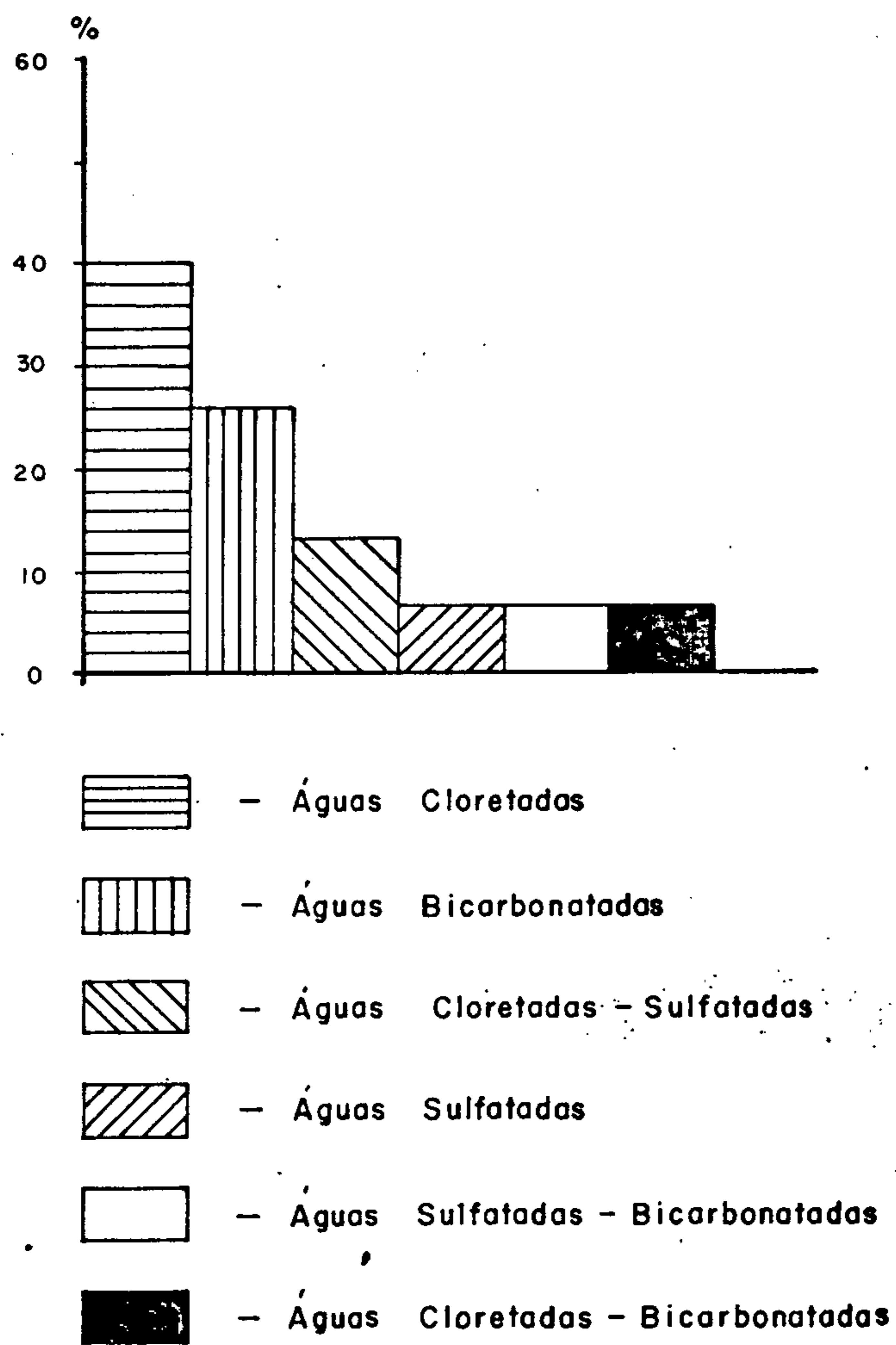


FIG. 7.2



Um fato interessante que se deve levar em conta, quando do aproveitamento de água de poços tubulares, é a ocorrência de fortes teores em ferro com valores compreendidos entre 3 e 57 mg/l, o mesmo acontecendo com a sílica, que apresenta valores acima dos limites de potabilidade. Este fato foi constatado através de análises fornecidas pela Cia. T. Janer e por observações de campo.

#### 7.2.1.1 Águas Cloretadas

Este grupo é representado por dois subtipos, o sódico (67%) e sódico-magnésiano (33%). As relações em miliequivalente entre os anions e cátions são características e se apresentam da seguinte maneira:

$$rCl > rHCO_3 > rSO_4 \quad \text{e} \quad rNa > rCa < rMg \quad *$$

São caracterizadas pela predominância de rCl e fracos teores de rSO<sub>4</sub> e rHCO<sub>3</sub>. Nas análises aqui apresentadas o teor de rHCO<sub>3</sub> é bem mais elevado que rSO<sub>4</sub>, com pequena ocorrência de rSO<sub>4</sub>/rHCO<sub>3</sub> > 1. O cloreto é sempre menor do que rNa + rk, sendo contrabalançado por rHCO<sub>3</sub> e rSO<sub>4</sub>. A razão rMg/rCa é maior do que 1.

O pH varia de 5,8 a 7,3 com valores dominantes acima de 6,1. De um modo geral, as águas são muito doces e doces, de vez que a dureza varia de 0,19 a 11<sup>o</sup>F, com um total de 87% abaixo de 6,4<sup>o</sup>F.

O resíduo seco varia de 98 a 1210 mg/l, com um valor médio de 435,3 mg/l. Sem o valor máximo a média desce a 280,4 mg/l.

---

\* O prefixo r do ion considerado, significa a indicação da concentração ionica em meq/l.

Na fig. 7.3 esse grupo é representado pela amostra nº 206.

#### 7.2.1.2 Águas Bicarbonatadas

Esse tipo de água ocorre com uma percentagem de 27% do total, pertencendo totalmente ao subtipo sódico.

O resíduo seco varia de 114 a 175 mg/l, com uma média em torno de 144,2 mg/l. São neutras e ligeiramente básicas, com valores de pH entre 6,8 e 8,2. Quanto a dureza varia de 0,19 a 1,2<sup>o</sup>F, classificando-se como águas doces.

A relação dominante entre anions é  $rHCO_3$   $rCl$   $rSO_4$  e entre os cátions há variações, ora dominando Na, ora Ca. A razão  $rCa/rMg$  é sempre maior do que 1. No caso, a relação entre os cátions é  $rNa \geq rCa > rMg$ . Como nas cloretadas, ocorre o excesso de  $rNa + rK$  sobre  $rCl$ . Ver amostra nº 160 na fig. 7.3.

#### 7.2.1.3 Águas Cloretadas-Sulfatadas

A sua participação é de 13% do total, estão igualmente representadas pelos subtipos sódicos e magnesianos. São ligeiramente ácidas (pH entre 6 a 6,9), com dureza inferior a 4<sup>o</sup>F, o que lhes dá um caráter de águas muito doces. A sua salinidade atinge uma média de 116 mg/l. Na fig. 7.3 é representada pela amostra nº 214.

#### 7.2.1.4 Grupo Menores de Água Subterrânea

São grupos representados pelas sulfatadas, sul

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA  
TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO

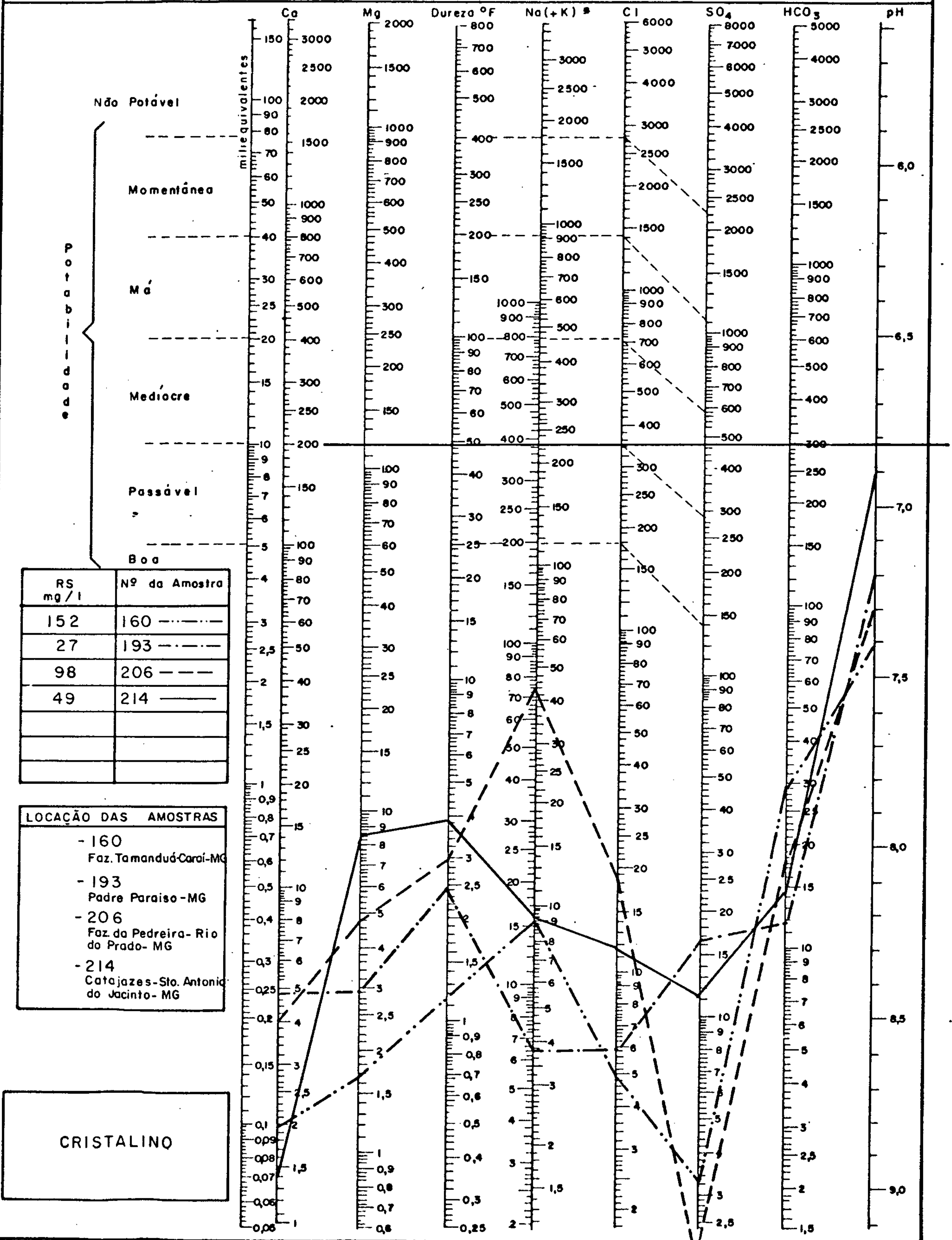


FIG. 7.3

fatadas-bicarbonatadas e cloretadas-bicarbonatadas, sem importância numérica no conjunto. A amostra 193 representa a sulfatada-bicarbonatada na fig. 7.3.

#### 7.2.2 Distribuição dos Tipos Químicos

Em estudos sobre a distribuição dos tipos de água na área cristalina, procura-se determinar em primeiro lugar, uma possível relação de suas ocorrências com as características climáticas ou as condições litológicas da área. Assim, tudo indica que os tipos cloretados têm sua distribuição mais definida ao longo do vale do Jequitinhonha, onde predomina um clima mais seco e corresponde a zona mais árida da folha. Os tipos bicarbonatados se definem melhor nas zonas de maiores altitudes, onde a umidade é bem maior. Os outros tipos, pouco representados, aparentemente apresentam uma distribuição errática.

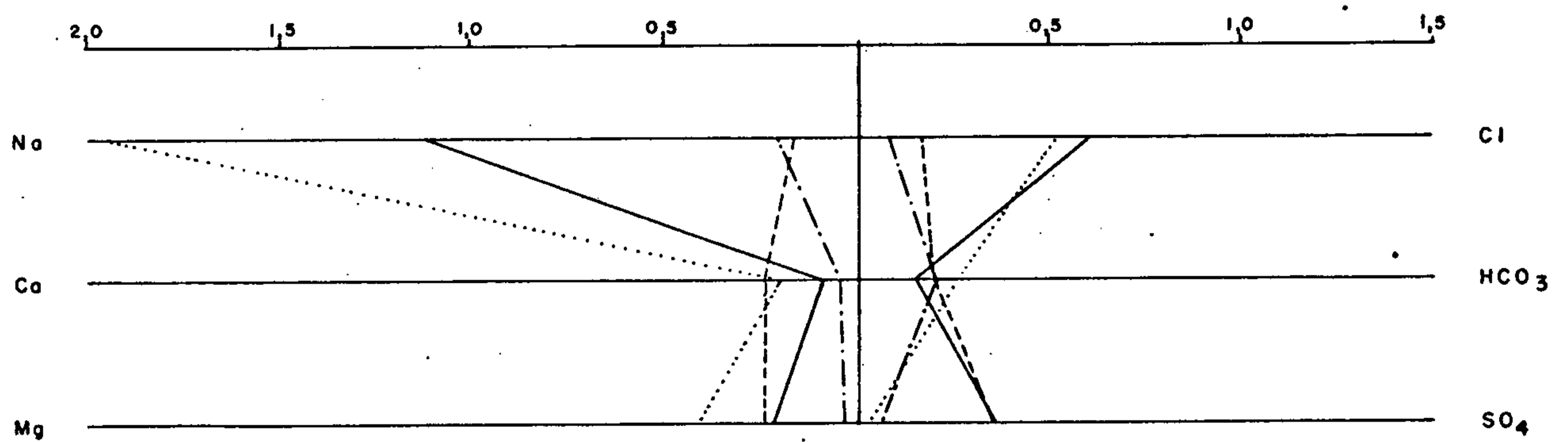
De um modo geral, como ocorre também nas áreas de rochas cristalinas do Nordeste, esses tipos não apresentam indicações de influência litológica preponderante. A fig. 7.4 apresenta algumas análises d'água de diferentes tipos de rochas.

Com relação a salinidade total e o pH, as águas de rochas cristalinas apresentam maior proporção de sais dissolvidos e valores de pH mais elevados comparativamente com as de rochas sedimentares.

A quantidade de sais dissolvidos varia muito, não apresentando valores comuns que se prestem a uma visualização em termos regionais.

DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO (meq / l)  
SEGUNDO CUSTÓDIO - 1965

CRISTALINO



- Amostra nº 067 (Xisto)
- - - - Amostra nº 171 (Granitóide)
- · - · Amostra nº 193 (Charnockito)
- · · · Amostra nº 206 (Gnaisse)

FIG. 7.4

### 7.2.3 Qualidade das Águas para Consumo Humano e de Animais

Aliando as características químicas das águas analisadas aos métodos de classificação conforme Schoeller e Schoeller-Berkaloff, podemos fornecer uma caracterização geral das águas quanto a sua potabilidade.

O cômputo da frequência cumulativa de resíduo seco para o conjunto de amostras pode ser observado no seguinte quadro, onde se verifica que a probabilidade de ocorrer água subterrânea no cristalino com resíduo seco abaixo de 500 mg/l é de 82%. A média geral para todas as análises é de 445,6 mg/l, diminuindo para 224,2 mg/l quando se eliminam os cinco valores acima de 1.000 mg/l. Na área, os valores altos de resíduo seco estão relacionados à bacia do Jequitinhonha.

FREQUÊNCIA CUMULATIVA DE RESÍDUO SECO

RESÍDUO SECO (mg/l)	FREQUÊNCIA		
	Nº DE ANÁLISES	%	CUMULATIVA
50	12	19,7	19,7
50 a 100	7	11,5	31,2
100 a 150	10	16,4	47,6
150 a 200	4	6,5	54,1
200 a 500	17	27,8	82,0
500 a 1000	6	9,9	91,8
> 1000	5	8,2	100,0
TOTAL	61	100,0	

Baseada no resíduo seco, a utilização das águas segundo a classificação de Schoeller (quadro 7.1), é a seguinte: das 61 amostras, 50 são boas, 6 passáveis, 4 medíocres e uma ultrapassando o limite de potabilidade permanente.

Quanto à dureza e às quantidades de cloreto, segundo Schoeller, as águas enquadram-se perfeitamente nos critérios de potabilidade estabelecidos para o homem e animais.

O diagrama logarítmico de Schoeller-Berkaloff, fig. 7.3, onde são representadas quatro análises dos principais tipos de águas do cristalino, mostra que elas se enquadram dentro da classificação boa quanto a sua potabilidade.

A classificação química da água em relação ao seu uso para o homem varia em diferentes países, uma vez que é influenciada em alto grau por condições geográficas e padrões sócio-culturais. Na maioria dos casos, pouca atenção se dá a limites arbitrariamente estabelecidos, utilizando-se aquela água mais convenientemente a sua disposição. Os padrões de potabilidade estabelecidos por Schoeller oferecem certa vantagem, pois, são baseados na aceitação de águas de diversos teores de sais pelo organismo humano.

A seguir, apresentam-se duas tabelas 7.1 e 7.2, onde são representados critérios de tolerância em resíduo seco das águas conforme tipo de animal.

QUADRO - 7.1.

LIMITE DE POTABILIDADE DAS ÁGUAS SEGUNDO O PONTO DE VISTA QUÍMICO

(Cristalino)

	POTABILIDADE PERMANENTE				POTABILIDADE MOMENTANEA
	B O A	PASSÁVEL	MEDÍOCRE	M Á	
SABOR A 20°C (PESADA, AMARGA, SALGADA. ETC)	AGRADÁVEL	FRACAMENTE PERCEPTÍVEL	POUCO PRONUNCIADO	POUCO DESAGRADÁVEL NO MÁXIMO	DESAGRADÁVEL
RESÍDUO SECO	0 - 500 82,0%	500 - 1000 9,8%	1000 - 2000 8,2%	2000 - 4000	4000 - 8000
Na	0 - 115 95,%	115 - 230 5,%	230 - 460	460 - 920	920 - 1840
Mg/12 + Ca/20	0 - 5 100%	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 80
EM GRAU HIDROMÉTRICO	0 - 25 100%	25 - 50	50 - 100	100 - 200	200 - 400
Cl	0 - 117,5 100%	117,5 - 235	235 - 470	470 - 940	940 - 1880
SO <sub>4</sub>	0 - 144 100%	144 - 288	288 - 576	576 - 1152	1152 - 2304



TABELA 7.1 TOLERÂNCIA EM RESÍDUO SECO NO CONSUMO ANIMAL  
(Segundo Bateman)

TIPO DE ANIMAL	RESÍDUO SECO (mg/l)
Cavalos bebem bem	5.000 - 6.250
Suportável por cavalos	6.250 - 7.800
Suportável por gado	7.800 - 9.375
Suportável por ovelhas	9.375 - 15.605
Além dos limites da to lerância.	15.605

TABELA 7.2 TOLERÂNCIA EM RESÍDUO SECO NO CONSUMO ANIMAL  
(Austrália Ocidental)

TIPO DE ANIMAL	RESÍDUO SECO (mg/l)
Aves	2.860
Porcos	4.290
Cavalos	6.435
Gado Leiteiro	7.150
Gado de Corte	10.000
Carneiros	12.900

### 7.3 Rochas Sedimentares

Das análises referentes às águas subterrâneas, cinco foram selecionadas para efeito de caracterização das

águas em dois aquíferos de área. Duas análises, provenientes de fontes, são representativas do aquífero livre dos sedimentos do Grupo Barreiras. As outras três, obtidas de poços tubulares, são representativas da Formação Caravelas.

### 7.3.1 Composição Química das Águas

Pelo diagrama de Piper (fig. 7.1) quatro amostras foram classificadas como bicarbonatadas e uma como cloretada.

Nas águas bicarbonatadas o íon  $\text{HCO}_3$  está presente na maioria do conjunto de anions. Apresentam as relações  $r\text{HCO}_3 > r\text{Cl} > r\text{SO}_4$  e  $r\text{Na} \leq r\text{Ca} > r\text{Mg}$ . A razão  $r\text{Ca}/r\text{Mg}$  possui valores maiores que 1. Há um predomínio de  $r\text{Na}$  sobre  $r\text{Ca}$ . O desequilíbrio cloro/alcalino é caracterizado por maior quantidade de  $r\text{Na} + r\text{K}$  em relação a  $r\text{Cl}$ . São águas muito doces e medianamente duras, com valores entre 1,9 a 15<sup>o</sup>F, o pH indica águas geralmente neutras ou levemente básicas.

O resíduo seco médio dessas águas é de 181,3 mg/l, onde os valores mais altos são apresentados pelas águas de poços tubulares.

A água cloretada é caracterizada pela predominância de íon Cl, no conjunto de anions. Não há predominância de um cátion sobre o outro. Tem relação  $r\text{Cl} > r\text{SO}_4 > r\text{HCO}_3$ . Trata-se de uma água muito doce e o pH indica água pouco ácida. Seu resíduo seco é de 19 mg/l.

### 7.3.2 Distribuição dos Tipos Químicos

Na área sedimentar os tipos carbonatados são

bem caracterizados nas águas de poços perfurados no aquífero Caravelas onde, ora predominam calcários e argilas margosas, ora predominam arenitos muitas vezes com cimento calcário.

O tipo cloretado, de baixo grau de mineralização, por si só não oferece condições para uma caracterização do aquífero.

Na fig. 7.5 apresentamos quatro análises no diagrama de Stiff, Custódio, onde podemos observar os valores elevados de  $\text{rHCO}_3$ , correspondentes a água subterrânea da Formação Caravelas.

### 7.3.3 Qualidade das Águas para Consumo Humano e de Animais

Com base de resíduo seco das águas, segundo a classificação de Schoeller (quadro 7.1) todas se enquadram como boas. O mesmo ocorre utilizando o critério de dureza e teores de cloreto.

No diagrama logarítmico de Schoeller-Berkaloff, fig. 7.6, o comportamento químico das águas de nascente se apresenta dentro do padrão de potabilidade. O pH se situa em torno de seis, indicando águas ligeiramente ácidas.

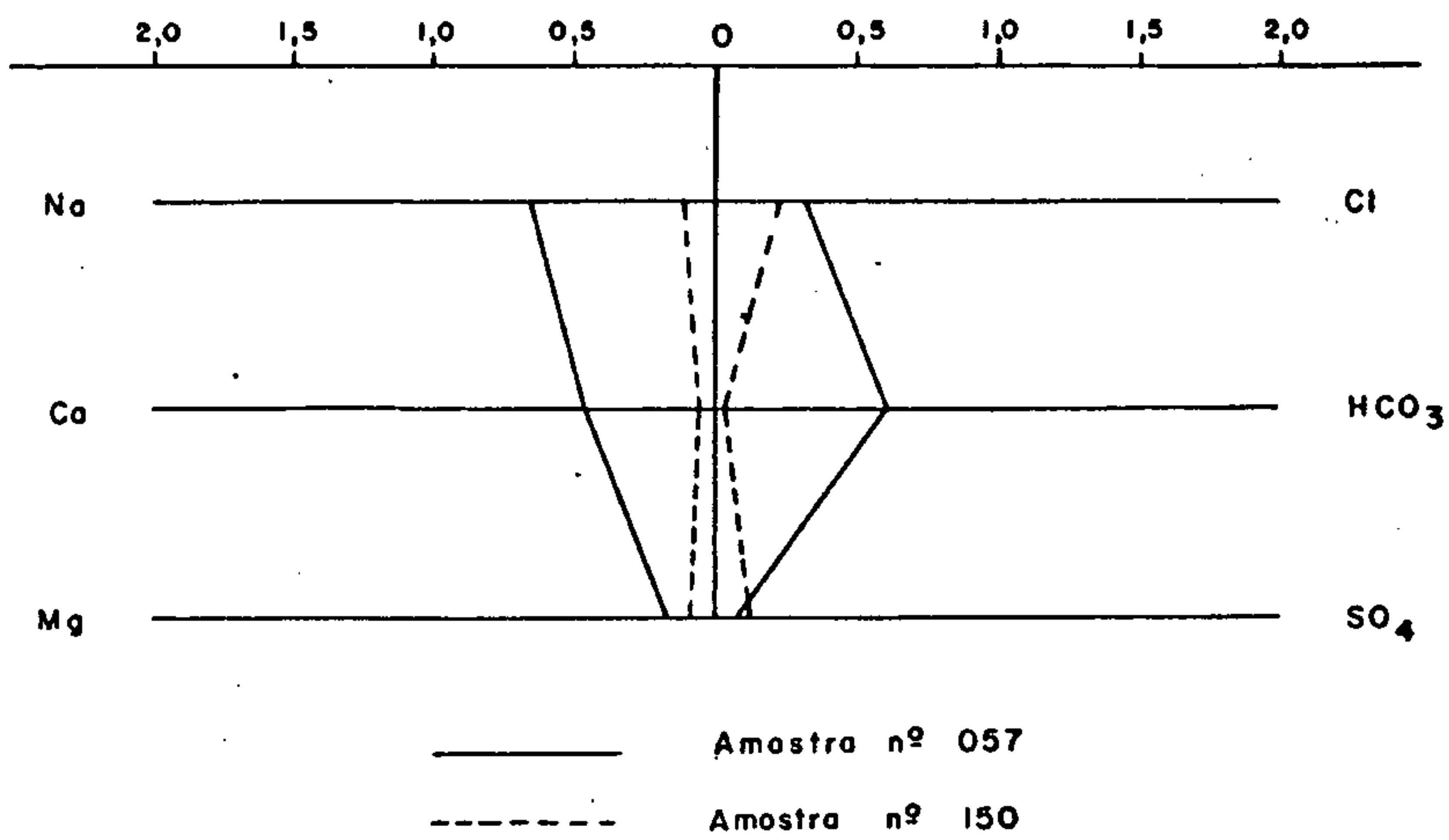
Na fig. 7.7 podemos observar que as águas bicarbonatadas pertencem a categoria de boa a passável.

### 7.4 Qualidade das Águas para Irrigação

No estudo da qualidade química das águas para irrigação, utilizou-se a classificação americana do "U.S.

DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO (meq/l)  
SEGUNDO CUSTÓDIO - 1965

GRUPO BARREIRAS



FORMAÇÃO CARAVELAS

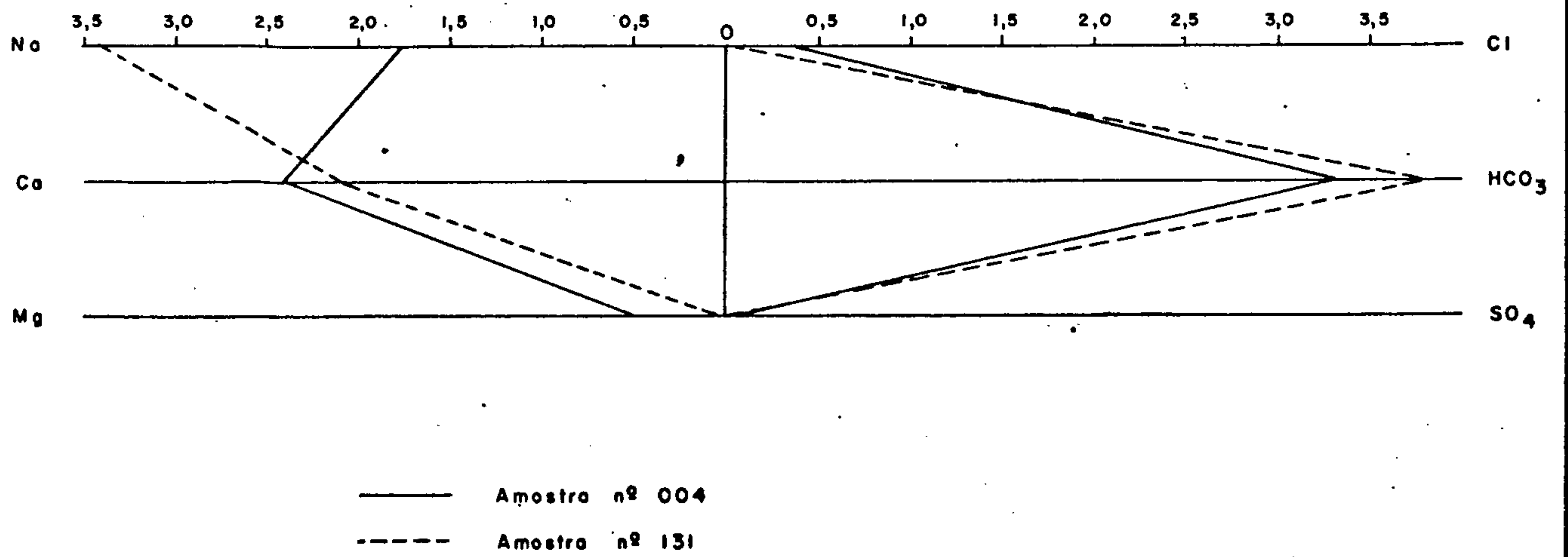
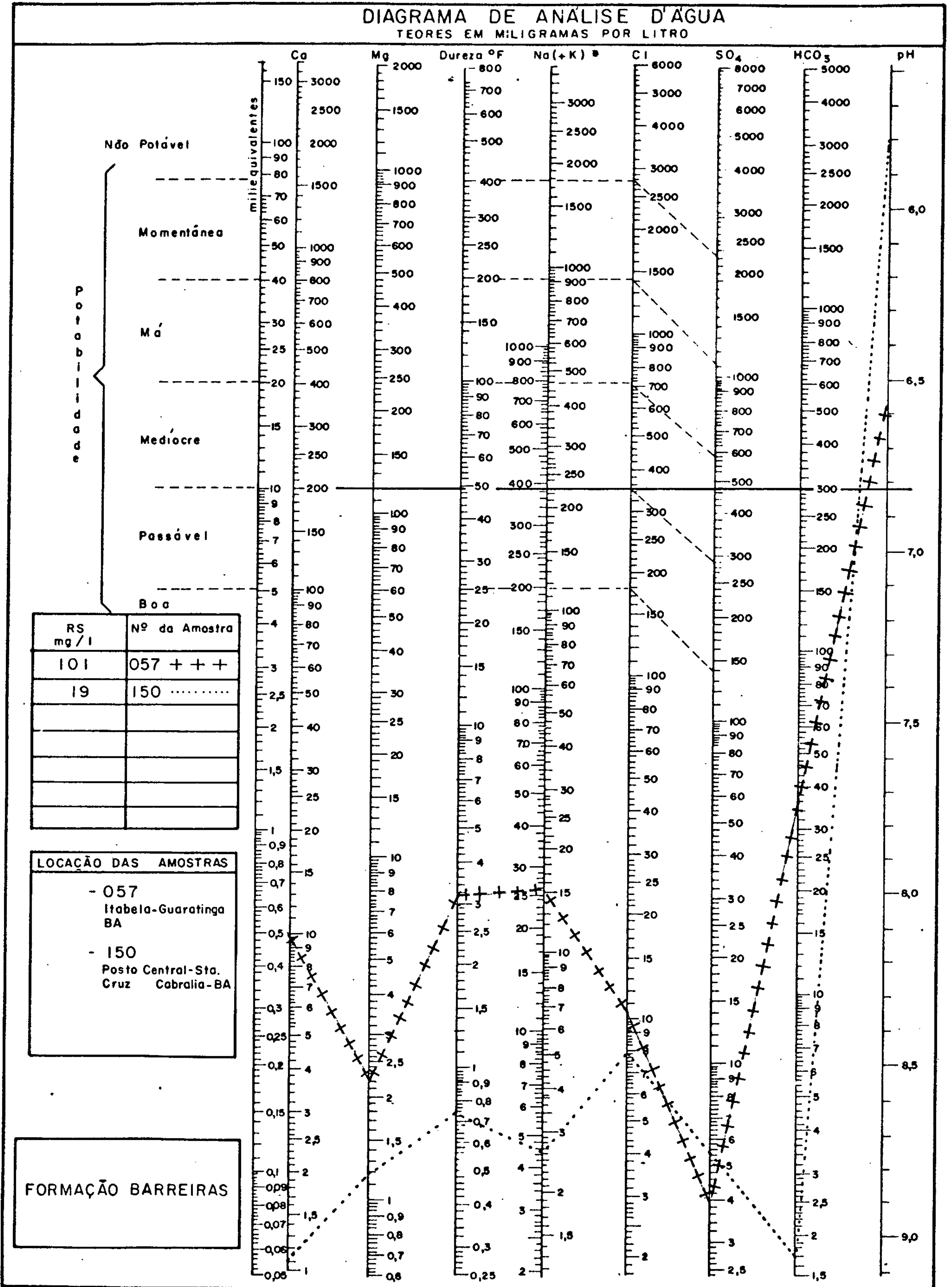


FIG. 7.5

### DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA

TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO

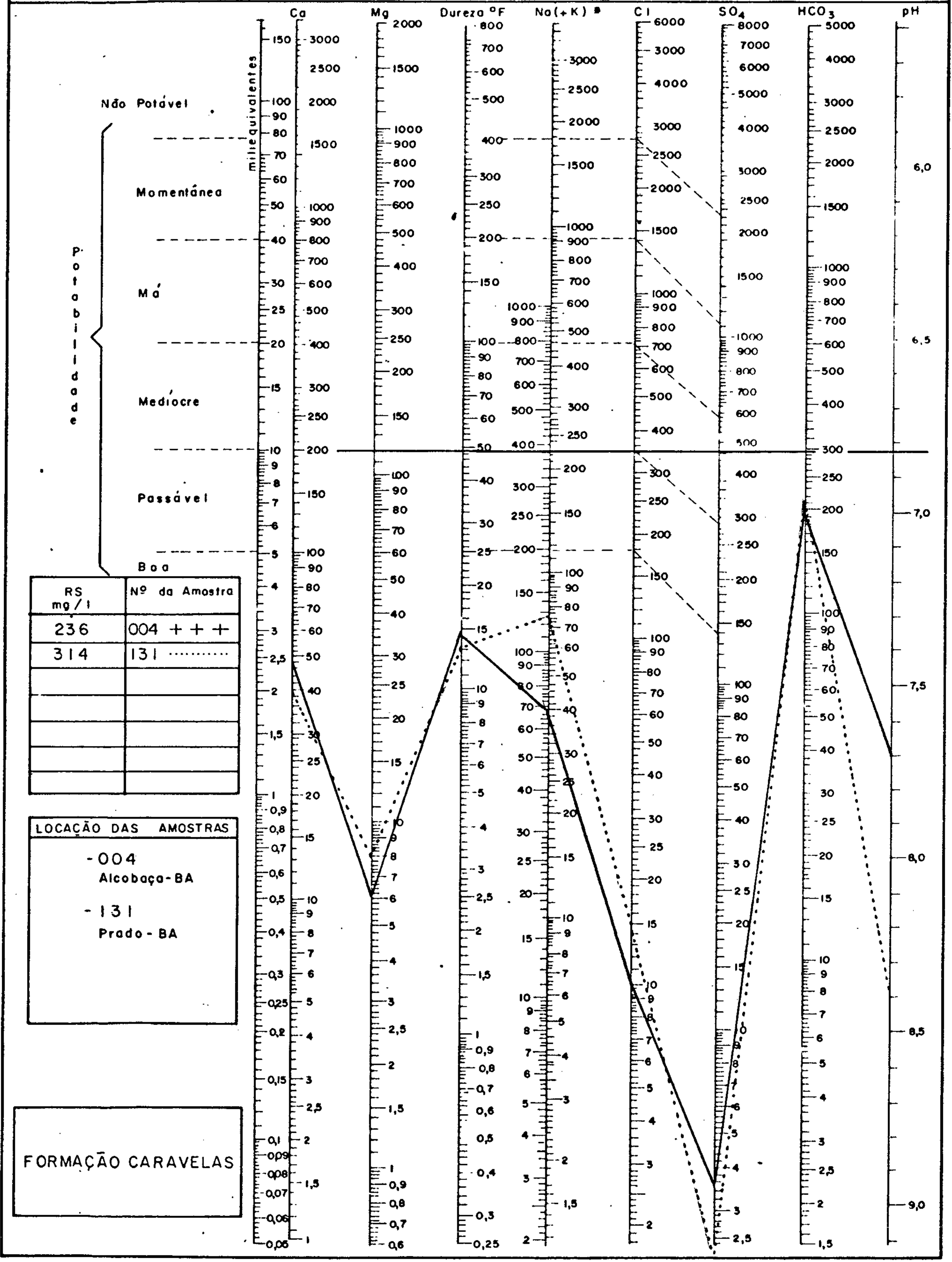


\* Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

FIG. 7.6

### DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA

TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



\* Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

FIG. 7.7

Salinity Laboratory") a qual baseia-se na condutividade e létrica das águas, e na razão de adsorção do sódio (SAR), dada pela relação:

$$SAR = Na \cdot \left( \frac{Mg + Ca}{2} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

Entretanto, sabe-se que no estudo da qualidade química das águas para irrigação, a natureza do solo, o clima, o tipo de cultura etc, são muito significativos. Porém, como as diversas classificações até hoje implantadas têm encontrado grandes dificuldades para satisfazer todas as variações que ocorrem, e também por ser este trabalho de caráter regional, optou-se pela classificação acima citada.

Na fig. 7.8 foram plotadas as análises de águas de nascentes e poços tubulares provenientes tanto das áreas sedimentares como das de rochas cristalinas. Pode-se verificar que com exceção de uma, todas têm o SAR com valores abaixo de 10, apresentando com isso qualidades excelentes para irrigação. Quanto ao risco de salinidade, mais da metade das amostras estão na faixa de risco nulo, o resto se situando principalmente na de baixo e médio.

Os tipos principais são:

C<sub>1</sub> - S<sub>1</sub> - Águas de baixa salinidade. Condutividade entre 100 e 250 micromhos/cm a 25°C. Podem ser utilizadas para a maior parte dos cultivos em quase todos os solos, com muito pouco perigo de que desenvolvam salinidade, salvo se a permeabilidade do solo for extremamente baixa. Nessa classe temos quatro amostras.

C<sub>2</sub> - S<sub>1</sub> - São águas de salinidade média, variando entre 160 e 480 mg/l. A condutividade varia entre 250

# CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

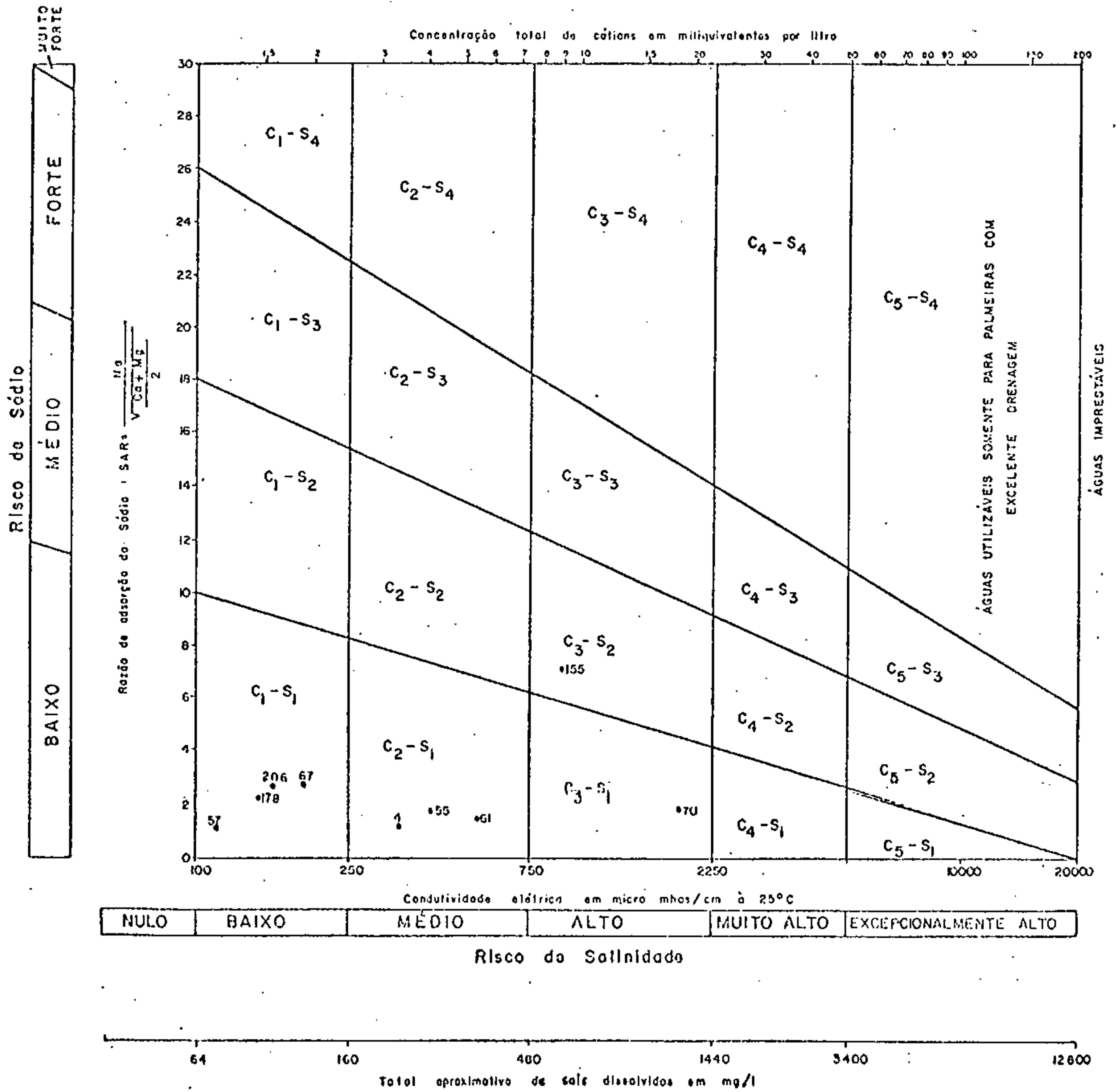


FIG. 7.8



e 750 micromhos/cm a 25°C. Podem ser utilizadas se houver uma lixiviação moderada do solo. As plantas de certa tolerância salina podem ser cultivadas, na maioria dos casos sem perigo. Nesse tipo temos três amostras.

$C_3 - S_1$  - Águas altamente salinas. A condutividade varia entre 750 e 2250 micromhos/cm a 25°C, correspondendo aproximadamente a 480 - 1440 mg/l de sólidos dissolvidos. São águas que só podem ser utilizadas em solos bem drenados. Mesmo assim, devem ser tomadas precauções especiais contra a salinidade e só devem ser cultivadas as plantas de boa tolerância salina (uma amostra).

$C_3 - S_2$  - Águas de alta salinidade, com a condutividade variando entre 750 e 2250 micromhos/cm a 25°C. Só podem ser utilizadas em solos drenados, mesmo assim com certa precaução contra a salinidade. Apresentam perigo de sódio para os solos de textura fina e forte capacidade de troca de cátions (uma amostra).

## 8. CONCLUSÕES

O presente trabalho consta de um estudo hidrogeológico de âmbito regional, em escala de 1:500.000 realizado na folha nº 34 (RIO DOCE-NO), que cobre uma superfície de 69.480 km<sup>2</sup>.

Esta área se caracteriza por apresentar duas partes totalmente adversas: uma, ocupada por rochas cristalinas que cobrem mais de 70% da área total e outra, ocupada por rochas sedimentares, distribuídas, principalmente, na faixa litorânea.

Na parte de rochas cristalinas o estudo apresenta as seguintes conclusões:

- O clima dominante é do tipo Aw, quente e úmido, com chuvas de verão e vegetação do tipo floresta latifoliada tropical. Litologicamente é dominada por rochas migmatíticas e gnáissicas.
- Foram inventariados 102 pontos d'água, dos quais 33 são poços tubulares. A capacidade específica média destes poços é de 1,13 m<sup>3</sup>/h/m, tendo as águas um resíduo seco médio de 487 mg/l.
- De uma maneira geral, incluindo as águas de fontes, poços manuais e tubulares, os tipos de água predominantes são cloretadas, com resíduo seco médio de 435 mg/l. O pH varia de 5,8 a 7,3 e dureza de 0,19 a 11<sup>o</sup>F. A maioria das águas se apresenta dentro das normas de potabilidade para consumo humano.

- Quanto ao seu potencial hídrico subterrâneo, se apresenta na faixa de fraco a muito fraco, muito embora os poços no complexo paragnáissico (PCggn) a noroeste da área apresentem vazões e capacidades específicas razoáveis, sendo as médias de  $35 \text{ m}^3/\text{h}$  e  $2,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ , respectivamente.

A parte de rochas sedimentares, devido a sua melhor vocação hidrogeológica e também ao maior número de dados disponíveis, teve suas unidades hidrogeológicas estudadas isoladamente. Em síntese, apresenta as seguintes características:

- O clima dominante é o Af, quente e úmido, muito chuvoso e vegetação do tipo floresta tropical e litorânea. Litologicamente é constituída de uma variedade de sedimentos, que vai de areias e argilas pouco consolidadas a arenitos, arenitos calcíferos e calcários, que geologicamente pertencem às coberturas detriticas (na área cristalina), sedimentos flúvio-marinhos e fluviais, Grupo Barreiras e Formação Caravelas, a última ocorrendo apenas em subsuperfície.
- Nessa área foram inventariados 134 pontos d'água, abrangendo fontes, poços manuais e tubulares, cujas águas são de boa qualidade química, com resíduo seco médio de  $92 \text{ mg}/\text{l}$ , pH de 4,2 a 8,4 e dureza de 0,6 a  $19^{\circ}\text{F}$ . Todas as águas analisadas se enquadram dentro das normas de potabilidade para consumo humano.

- As melhores possibilidades hidrogeológicas estão restritas aos aquíferos dos sedimentos flúvio-marinhos e fluviais da Formação Caravelas e do Grupo Barreiras. As coberturas detriticas apresentam fraca possibilidade hidrogeológica.
- Os poços no aquífero Caravelas apresentam as maiores vazões e capacidades específicas da área, sendo em média de  $24 \text{ m}^3/\text{l}$  e  $1,70 \text{ m}^3/\text{h/m}$  respectivamente.
- No aquífero Barreiras foram nivelados cerca de 90 pontos d'água para a construção de curvas piezométricas. Estas curvas mostram que o fluxo das águas subterrâneas freáticas do Barreiras se processa para a rede hidrográfica local e na direção geral da costa. As reservas permanentes e explorável do aquífero Barreiras é de:  $20.10^9 \text{ m}^3$  e  $200.10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$  respectivamente, correspondendo a última ao volume anual de escoamento natural. Devido a inferência de valores de características hidrodinâmicas nos cálculos das reservas, os volumes determinados devem ser entendidos apenas como sendo de ordem de grandeza.

9. BIBLIOGRAFIA

- BAHIA. Secretaria de Planejamento, Ciência e Tecnologia. Departamento de Geografia e Estatística. Divisão de Documentação e Divulgação. Anuário Estatístico da Bahia. Salvador, 1972. v.1.
- BECKER, Bertha K - Aplicação de índices climáticos ao Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 29 (4) : 3-22, out/dez. 1968.
- BELTRÃO, Antonio Esberard de A - Inventário hidrogeológico básico do Nordeste; folha 6 - Fortaleza - SE. Recife, SUDENE, 1971. 141 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 28).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisas e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do solo. Levantamento do reconhecimento dos solos da zona do Médio Jequitinhonha; Minas Gerais. Rio de Janeiro, 1970. 134 p. (boletim especial, 9)
- BRASIL. Ministério do Interior. Comissão de Desenvolvimento do Vale do Jequitinhonha. O espaço físico e a realidade infra-estrutural; pré-diagnóstico do Vale do Jequitinhonha. Belo Horizonte, s. ed, s.d. v.2.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Divisão de Concessão de Recursos Hídricos. Inventário das estações fluviométricas. Brasília, 1976. 192 p.
- BRASIL. Ministério do Interior. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Observações Pluviométricas no Nordeste do Brasil. Fortaleza, s. ed, 1969. 2v.

BRASIL. Ministério do Interior. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Normais climatológicas da área da SUDENE; elaboradas mediante convênio com o Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura. Recife, 1963. 82 p.

CASTANY, G - Tratado práctico de las águas subterrâneas. Barcelona, Omega, 1971. 665 p.

CRUZ, Waldemir Barbosa da & FRANÇA, Hélio P. Macedo de - Inventário hidrogeológico básico do Nordeste; folha 14 - Jaguaribe - SO. Recife, SUDENE, 1971. 222 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 31).

CRUZ, Waldemir Barbosa da & MELO, Francisco de A. F. de - Estudo geoquímico preliminar das águas subterrâneas do Nordeste do Brasil. Recife, SUDENE, 1974. 125p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 19).

CUSTODIO, Emilio & LLAMAS, Manuel Ramón - Hidrologia subterrânea. Barcelona, Omega, 1976. 2v.

DAKER, Alberto - A água na agricultura; irrigação e drenagem. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1970. v.3.

ESTUDO sócio-econômico de Minas Gerais. Belo Horizonte, s. ed, 1973. (Relatório inédito F J P).

GALVÃO, Maria Veloso - Regiões bio-climáticas do Brasil. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 29 (1) : 3-36, jan/mar, 1967.

GUIMARÃES, Maria R. da Silva & DUARTE, Aluizio C, ed-Geografia do Brasil; grande região leste. Rio de Janeiro, IBGE, 1965. v.5, série A.

LEAL, Antonio de Souza - Inventário hidrogeológico básico do Nordeste; folha 19 - Aracaju - NO. Recife, SUDENE, 1971, 242p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 33).

Legenda para mapas hidrogeológicos. Recife, SUDENE, 1973, 72p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 48).

MANOEL Filho, João - Inventário hidrogeológico básico do Nordeste; folha 10 - Jaguaribe - NE. Recife, SUDENE, 1971. 343p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 30).

MANOEL Filho, João et alii - Hidroquímica. In: \_\_\_\_\_ Elementos de hidrogeologia prática. Recife, SUDENE, 1967. p. 304-370. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 13).

MEDEIROS, João Batista de et alii - Projeto Jequitinhonha; relatório preliminar. Belo Horizonte, s.ed, 1975. (Relatório inédito DNPM/CPRM). v.1.

NASCIMENTO, Paulo A. Barros do - Inventário hidrogeológico básico do Nordeste; folha 29 - Bahia - NE. Recife, SUDENE, 1971. 194p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 35).

PRODUÇÃO agrícola. Belo Horizonte, s.ed, 1973. (Relatório inédito IEE).

REBOUÇAS, A. da Cunha et alii - Aspectos geoquímicos das águas subterrâneas da região de Bertioga, Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, 6 (3) : 1-37, set. 1976.

SCHOELLER, H - Les eaux souterraines. Paris, Masson, 1962.  
611p.

SIQUEIRA, Luiz - Contribuição da geologia a pesquisa de águas subterrâneas no Cristalino. Recife, s.ed, 1963.  
(Relatório inédito da SUDENE) 51p.

SILVA Filho, Marinho Alves et alii - Projeto Sul da Bahia; geologia da Folha SE.24 - V.B; relatório final. Salvador, s.ed, 1974. (Relatório inédito DNPM/CPRM). v.5.

Projeto Sul da Bahia; geologia da folha SE - 24 - V-D. Salvador, s.ed, 1974. (Relatório inédito DNPM/CPRM). v.9.

WALTON, William C - Groundwater resource evaluation. New York, McGraw-Hill, 1970. 664p.

YASSUDA, E. R. et alii - Poços profundos; manual técnico-subsídio para a aplicação de normas. São Paulo, Edgard Bluecher, 1965. 180p.