


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 BELO HORIZONTE - NE**

TEXTO  
VOLUME I

*Franklin de Moraes*

PHL 13611

	SUREMI
CPRM	SEDOTE
	ARQUIVO TÉCNICO
Relatório n.º	655
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 BELO HORIZONTE — NE

Chefe do Projeto : *Floriano Garcia Costa*

Equipe Executora : *Franklin de Moraes*  
*Hélio C. de Miranda*  
*Jose Niuvo V. Teixeira*  
*Júlio de Freitas F. Vasques*

Colaboração Especial : *Antonio de Souza Leal*  
*Arquimedes C. A. de Mello*  
*Egmont Capucci*  
*Sebastião N. de Carvalho*

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

RELATÓRIO FINAL — FOLHA BELO HORIZONTE — NE

## ÍNDICE DOS VOLUMES

VOL . I — TEXTO : Hidrogeologia da Folha Belo Horizonte - NE

VOL . II — ANEXOS :

- Catálogo de Observações nos Postos Pluviométricos
- Catálogo de Observações nos Postos Fluviométricos
- Catálogo de Pontos d'Água
- Fichas de Sondagem
- Ensaio de Bombeamento
- Base Geológica
- Base Hidrológica
- 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 Temperatura .....	5
	4.2.2 Pluviometria .....	7
	4.2.3 Insolação .....	8
	4.2.4 Evaporação e Evapotranspiração .....	8
	4.2.5 Umidade Relativa .....	13
	4.2.6 Ventos e Pressões .....	13
	4.2.7 Caracterização Climática .....	14
	4.3 Hidrologia de Superfície .....	21
	4.3.1 Bacia do rio São Francisco .....	21
	4.3.2 Bacia do rio Jequitinhonha .....	24
	4.4 Sólidos e Vegetação .....	27
	4.5 Morfologia .....	29
	4.5.1 Pré-Espinhaço .....	31
	4.5.2 Serra do Espinhaço .....	31
	4.5.3 Depressão do São Francisco .....	32
	4.5.4 Superfícies aplainadas do Cretáceo e coberturas do Terciário-Quaternário .....	33
	4.6 Aspectos Sócio-Econômicos .....	34

5.	GEOLOGIA .....	38
5.1	Pré-Espinhaço .....	38
5.1.1	Associação de Gnaisses Cataclásticos .....	38
5.1.2	Associação Barbacena .....	41
5.1.2.1	Complexo Gnaisse-Granítico .....	41
5.1.2.2	Xistos .....	43
5.2	Super Grupo Espinhaço .....	45
5.3	Rochas Intrusivas .....	48
5.4	Super Grupo São Francisco .....	49
5.4.1	Grupo Macaúbas .....	50
5.4.2	Grupo Bambuí .....	54
5.4.2.1	Formação Paraopeba .....	55
5.4.2.2	Formação Três Marias .....	58
5.5	Cretáceo .....	58
5.6	Terciário-Quaternário .....	59
5.7	Quaternário .....	60
5.8	Geologia Estrutural .....	61
6.	HIDROGEOLOGIA .....	65
6.1	Águas Subterrâneas no Pré-Espinhaço .....	65
6.1.1	Água Subterrânea em Raturas .....	65
6.1.1.1	Tipos de Raturas .....	65
6.1.1.2	Densidade e extensão dos fraturamentos .	66
6.1.1.3	Profundidade das fraturas .....	67
6.1.1.4	Alimentação .....	67
6.1.1.5	Circulação .....	68
6.1.1.6	Exutórios .....	68
6.1.1.7	Capacidade de Produção dos Poços .....	69

6.1.2	Águas Subterrâneas no Manto do Intemperismo	70
6.1.3	Qualidade das Águas Subterrâneas .....	71
6.1.3.1	Características Físicas e Químicas .....	71
6.1.3.1.1	Tipos de Água .....	72
6.1.3.2	Potabilidade .....	75
6.1.3.3	Irrigação .....	75
6.2	Águas Subterrâneas no Super Grupo Espinhaço .	76
6.2.1	Alimentação, Circulação e Descarga .....	76
6.2.2	Capacidade de Produção dos Poços .....	77
6.2.3	Qualidade da Água .....	77
6.3.	Águas Subterrâneas no Super Grupo São Fran- cisco .....	79
6.3.1	Águas Subterrâneas no Grupo Macaúbas .....	79
6.3.2	Águas Subterrâneas no Grupo Bambuí .....	82
6.3.2.1	Aquífero Paraopeba .....	83
6.3.2.1.1	Alimentação .....	83
6.3.2.1.2	Profundidade das Águas .....	84
6.3.2.1.3	Escoamento da Água Subterrânea .....	86
6.3.2.1.4	Descarga Natural e Exutórios .....	88
6.3.2.1.5	Descarga Artificial e Capacidade de Produção dos Poços .....	89
6.3.2.1.6	Características Dimensionais e Hidrodi- nâmicas .....	95
6.3.2.1.7	Disponibilidade da Água Subterrânea ...	98
6.3.2.1.8	Qualidade das Águas Subterrâneas .....	101
6.3.2.1.8.1	Características Químicas das Águas Subterrâneas .....	102
6.3.2.1.8.2	Facies Químicas .....	104

6.3.2.1.8.3	Qualidade das Águas para o Consumo Humano e Pecuário .....	105
6.3.2.1.8.4	Qualidade das Águas para Irrigação .	107
6.3.2.2	Aquífero Três Marias .....	109
6.4	Águas Subterrâneas no Cretáceo .....	110
6.5	Águas Subterrâneas no Terciário-Quaternário	110
6.6	Águas Subterrâneas no Quaternário .....	111
6.6.1	Coberturas Indiferenciadas do Pleistoceno	
	Holoceno .....	111
6.6.2	Aluviões .....	111
7.	CONCLUSÕES .....	113
8.	BIBLIOGRAFIA .....	117

#### ANEXOS

Anexo I - Catálogo de observações nos postos pluviométricos

Anexo II - Catálogo de observações nos postos fluviométricos

Anexo III - Catálogo de pontos d'água

Anexo IV - Fichas de sondagem

Anexo V - Ensaio de bombeamento

Anexo VI - Bases

- Geológica

- Hidrológica

- De poços

- Piezométrica

- Potencial explorável



## 1. RESUMO

Este relatório apresenta os resultados dos estudos hidrogeológicos, a nível de reconhecimento, efetuados na folha Belo Horizonte-NE, compreendendo uma superfície de 72.000 km<sup>2</sup>. Foram levantadas as informações disponíveis sobre a geologia da região e abordados aspectos climatológicos, hidrológicos e sócio-econômicos, além de caracterizados, do ponto de vista hidrogeológico, os diferentes sistemas aquíferos existentes, estando os resultados sintetizados nos mapas, gráficos e tabelas que compõem o trabalho. Foi inventariado um total de 627 pontos d'água, utilizados os dados de 21 ensaios de bombeamentos além de realizadas 102 análises de amostras d'água, para caracterização hidroquímica das águas subterrâneas. A fácies bicarbonatada predomina nas águas analisadas, registrando-se maior incidência dos sub-tipos de águas bicarbonatadas cálcicas, cálcio-magnesianas e sódicas. As rochas do embasamento compreendendo os sistemas Pré-Espinhaço, Super Grupo Espinhaço e Grupo Macaúbas, além dos sedimentos cretáceos e coberturas terciário-quadernárias apresentam de um modo geral fraca potencialidade hídrica. O sistema cárstico representado pela formação Paraopeba, admite uma potencialidade hidrogeológica de média a fraca, enquanto as aluviões do rio São Francisco e Velhas, nas zonas de maior espessura, constituem aquíferos livres com boas possibilidades hidrogeológicas, no âmbito da folha.



## 2. ABSTRACT

This report deals with the hydrogeologic activities carried out, at reconnaissance level, over an area of 72,000 km<sup>2</sup> related to the Belo Horizonte-NE map. The results of these activities including geological information about the studied area, its climatologic, hydrologic and social-economic aspects as well as the hydrogeologic characterization of its different aquifer systems are presented on the attached maps, plates and tables. A total of 627 water points have been inventoried and employed data of 21 pumping tests as well as made 102 water analysis for hydrochemical groundwater characterization. In the analyzed samples it has been found out the predominance of the carbonated facial group of waters with a major incidence of bicarbonated-calcic, calcic-magnesian and sodic water subtypes. The basement rocks which include the Pre-Espinhaço, Espinhaço Super Group, Macaubas Group and Tertiary-Quaternary Covers present generally poor hydrogeologic potentiality. The karstic system represented by Paraopebas Formation has a poor to medium potentiality while the Sao Francisco and Velhas alluvia, in the more thick zones of the Sheet domain, constitute free aquifers with good hydrogeologic possibilities.

### 3. INTRODUÇÃO

Em continuidade ao programa "Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste" coube à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais a elaboração de quatro cartas hidrogeológicas, na escala de 1:500.000 correspondentes às quadrículas Brasília-SE, Salvador-SO, Belo Horizonte - NE e Rio Doce-NO.

Este relatório apresenta os resultados dos estudos efetuados na quadrícula Belo Horizonte-NE, também denominada folha 33, inserida na folha 4SE-23-NE do IBGE e limitada pelos meridianos  $42^{\circ}$  e  $45^{\circ}$  de longitude oeste e paralelos  $16^{\circ}$  e  $18^{\circ}$  de latitude sul, com uma superfície de  $72.000 \text{ km}^2$ .

Os estudos foram conduzidos de maneira a fornecer informações sobre a geologia da área; características hidrológicas das formações; profundidades de níveis d'água e configuração piezométrica quando possível; características hidrodinâmicas e dimensionais dos aquíferos; qualidade das águas; distribuição e características dos poços inventariados; dados estes orientados para a confecção de uma carta hidrogeológica na escala de 1:500.000 com o objetivo de apresentar uma estimativa preliminar das reservas de água subterrânea da área em apreço.

Alguns estudos geológicos e hidrogeológicos foram efetuados na área da folha Belo Horizonte-NE, sendo as áreas do Grupo Bambuí, sedimentos cretácicos e aluviões, as que despertam maior interesse. A base geológica do presente estudo foi compilada dos projetos Três Marias e Jequitinhonha, elaborados segundo convênio DNPM/CPRM.

No que concerne a estudos hidrogeológicos e hidrológicos destacam-se os trabalhos "Diagnóstico Hidrogeo-

lógico de Montes Claros", elaborado pela OESA; " Avaliação Hidrogeológica do Engenheiro Dolabela ", da Metamig e "Estudos dos Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais", efetuados pela Serete.

Os estudos de hidrologia de superfície foram baseados em uma rede de estações fluviométricas operadas pelo DNAEE e a sinopse climática da folha se baseou em dados de estações climatológicas das quais três - Montes Claros, Araçuaí e Itamarandiba - apenas são completas e operam por um longo período.

## 4. ASPECTOS GERAIS

### 4.1. Localização

A folha situada na região sudeste do Brasil está compreendida entre os paralelos  $16^{\circ}$  e  $18^{\circ}$  de latitude sul e os meridianos de  $42^{\circ}$  e  $45^{\circ}$  de longitude oeste de Greenwich. Corresponde à folha uma área de  $72.000 \text{ km}^2$ , englobando grande parte do norte do estado de Minas Gerais (fig. 4.1).

### 4.2 Climatologia

A análise dos principais parâmetros climáticos foi realizada com base principalmente nos dados normais das estações climatológicas de Montes Claros e Araçuaí cobrindo o período de 1918-1942 e Itamarandiba correspondentes ao período de 1925-1942. Dados de outras estações foram manipulados principalmente no que se refere à pluviometria.

A área da folha Belo Horizonte-NE caracteriza-se por uma irregular distribuição de chuvas, uma elevada evapotranspiração, possuindo áreas ao norte com um tipo climático de períodos de meses secos mais prolongados, estando por esta razão no denominado Polígono das Secas.

Mais adiante, com base nos dados de pluviometria e sua distribuição, temperatura e número de dias de chuva no mês e ano, vai ser caracterizada a região por seus diversos climas e índices de aridez.

#### 4.2.1 Temperatura

Dentre os dados climáticos disponíveis, os de

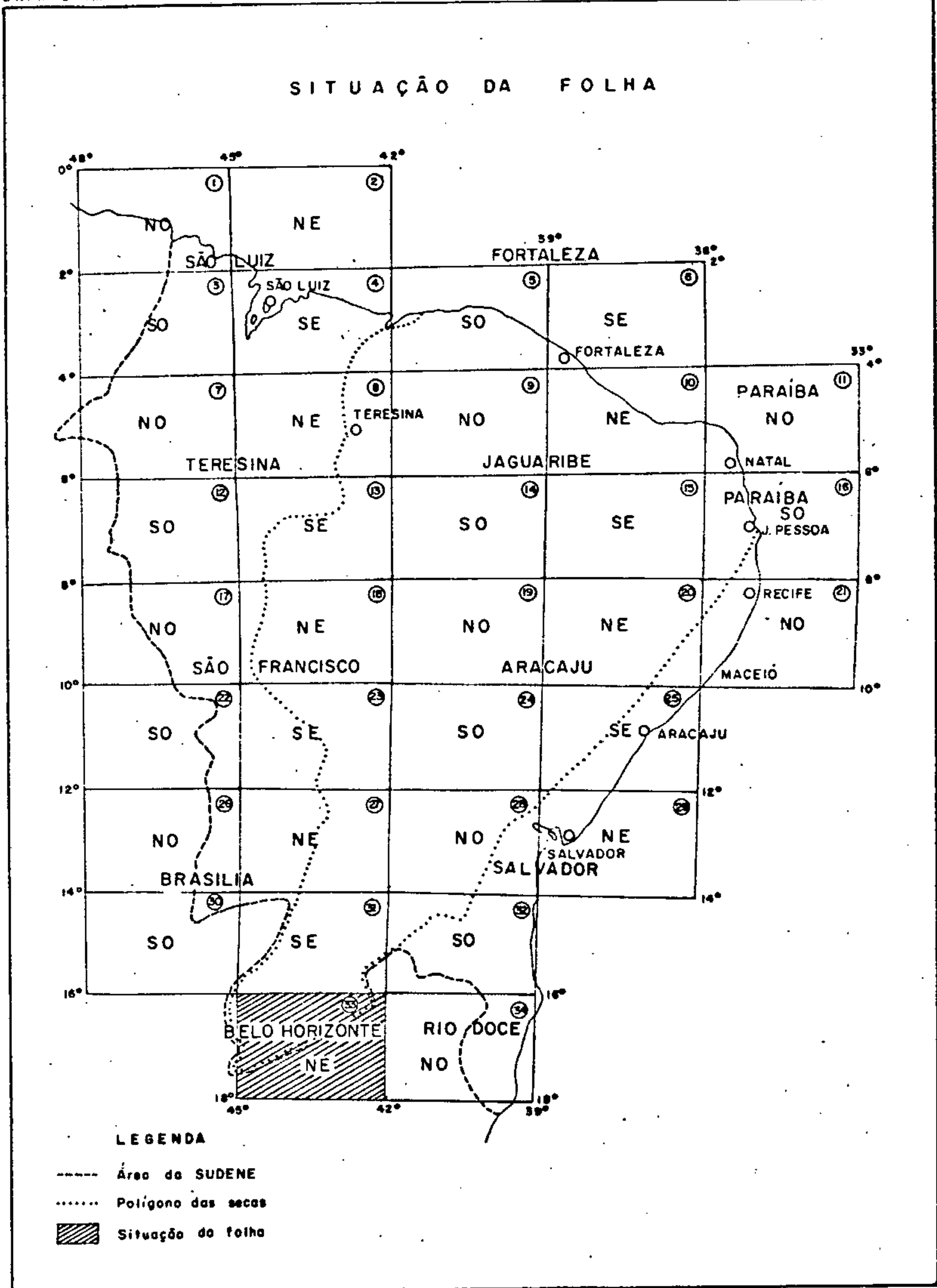


FIG. 4.1

temperatura são os mais incompletos. No âmbito da folha so mente as estações de Araçuaí, Montes Claros e Itamarandiba operam por um longo período, o que dificulta a elaboração de um mapa de curvas isotermas.

Considerando que Araçuaí, Montes Claros e Itamarandiba apresentam os principais tipos climáticos da área conforme será abordado no ítem 4.2.7, intitulado Caracterização Climática, torna-se válido extrapolar o comportamento de temperatura nas regiões retromencionadas para uma caracterização térmica no âmbito geral da folha, com algumas restrições.

As características térmicas da folha podem ser resumidas no seguinte:

- a - a amplitude térmica varia de  $1^{\circ}\text{C}$  a  $40.8^{\circ}\text{C}$ ;
- b - a temperatura média oscila no intervalo de  $19.1^{\circ}\text{C}$  a  $24.3^{\circ}\text{C}$ ;
- c - os valores de temperatura crescem de sul para norte;
- d - as temperaturas mínimas médias são superiores a  $14^{\circ}\text{C}$ ;
- e - o trimestre mais frio corresponde ao período junho-agosto;
- f - o trimestre mais quente compreende aos meses de janeiro, fevereiro e março.

Os quadros 4.1, 4.2 e 4.3 indicam os valores de temperatura obtidos nas estações de Montes Claros, Araçuaí e Itamarandiba.

#### 4.2.2 Pluviometria



## QUADRO 4.1. - TEMPERATURA

Estação: Araçuaí

Nº 83442

PERÍODO	VALORES OBTIDOS (°C)				
	MÍNIMAS ABSOLUTAS	MÍNIMAS MÉDIAS	MÉDIAS	MÁXIMAS MÉDIAS	MÁXIMAS ABSOLUTAS
1918 - 1942					
Janeiro	11.2	19.1	25.9	32.7	40.6
Fevereiro	11.6	19.1	25.9	32.8	40.8
Março	11.2	19.0	25.9	32.6	39.4
Abril	7.4	17.8	24.9	31.5	39.6
Maió	4.0	15.5	23.1	29.9	38.2
Junho	3.4	13.2	21.5	29.1	34.6
Julho	1.8	12.8	21.0	27.9	35.8
Agosto	3.4	13.4	22.5	30.0	38.0
Setembro	5.4	16.3	24.5	31.4	39.6
Outubro	8.2	18.4	25.6	32.1	40.2
Novembro	11.2	19.0	25.2	31.0	40.4
Dezembro	11.8	19.2	25.6	31.3	40.8
Anual	1.8	16.9	24.3	31.0	40.8



QUADRO - 4.2.

ESTAÇÃO MONTES CLAROS Nº 83437

PERÍODO 1918 - 1942	VALORES OBTIDOS (°C)				
	MÍNIMAS ABSOLUTAS	MÍNIMAS MÉDIAS	MÉDIAS	MÁXIMAS MÉDIAS	MÁXIMAS ABSOLUTAS
Janeiro	11.0	18.1	23.8	30.3	39.0
Fevereiro	12.4	18.1	23.8	30.1	38.0
Março	12.0	17.8	23.6	30.1	37.8
Abril	6.2	16.3	22.7	29.8	38.8
Maió	5.8	13.8	21.1	28.7	39.6
Junho	5.8	11.6	19.8	28.0	32.6
Julho	4.2	10.9	19.0	27.2	32.6
Agosto	4.6	11.5	20.6	29.1	35.6
Setembro	6.8	14.4	23.0	30.9	37.2
Outubro	9.0	16.9	24.1	31.2	37.4
Novembro	10.0	18.0	23.7	30.0	38.2
Dezembro	11.2	18.4	23.7	29.7	38.0
Anual	4.2	15.5	22.4	29.6	39.6

**QUADRO - 4.3**  
 ESTAÇÃO ITAMARANDIBA Nº 83488

PERÍODO	VALORES OBTIDOS (°C)				
	MÍNIMAS ABSOLUTAS	MÍNIMAS MÉDIAS	MÉDIAS	MÁXIMAS MÉDIAS	MÁXIMAS ABSOLUTAS
1925-1942					
Janeiro	11.6	16.8	21.4	27.9	34.8
Fevereiro	12.4	16.8	21.2	27.5	35.4
Março	11.6	16.7	21.0	27.7	32.8
Abril	8.4	15.5	19.8	26.1	33.2
Maiο	5.0	13.2	17.7	24.1	31.2
Junho	3.4	11.2	16.2	23.7	29.0
Julho	1.0	10.4	15.5	22.6	29.6
Agosto	2.4	10.7	16.7	24.8	32.6
Setembro	5.6	13.1	18.8	26.0	33.0
Outubro	5.4	15.0	20.2	26.6	35.0
Novembro	10.6	16.0	20.3	26.1	34.8
Dezembro	12.0	16.7	21.0	26.7	34.6
Anual	1.0	14.3	19.1	25.8	35.4

O mapa de isoietas (fig. 4.2) elaborado segundo dados da Sudene, DNAEE e DNOCS, indica um comportamento de crescente nos valores das precipitações pluviométricas, de sul para norte da folha.

O período de chuvas corresponde a setembro - abril sendo os meses de novembro a março os mais chuvosos enquanto que o período estival vai de maio a agosto.

No quadro 4.4 são registrados os valores da pluviometria média mensal e total anual de vários períodos de observação, em algumas estações climatológicas da folha Belo Horizonte-NE. A estação de Quixeramobim, vale ressaltar, situando-se ao norte do estado do Ceará, em região de seca muito acentuada no Polígono das Secas, foi incluído neste capítulo para efeito de correlação. As figs. 4.3 a 4.8 apresentam os comportamentos, em gráficos, das precipitações médias mensais para os principais tipos climáticos nas áreas da folha 33. A figura 4.8 representa, em particular, um gráfico comparativo das precipitações médias mensais nos tipos climáticos representativos da região.

Segundo os resultados obtidos nas estações situadas na folha o comportamento pluviométrico se resume no seguinte:

- a - a pluviometria média anual está compreendida entre 826.7 mm para estação de Rubelita e 1620.2 milímetros para a estação de Várzea da Palma;
- b - o período de chuvas corresponde a setembro - abril, enquanto que o período estival de maio agosto;
- c - os números mínimo e máximo de dias de chuva no ano oscila entre 42 (Araçuaí-1951) e 149 (Grão Mogol-1920) por ano;



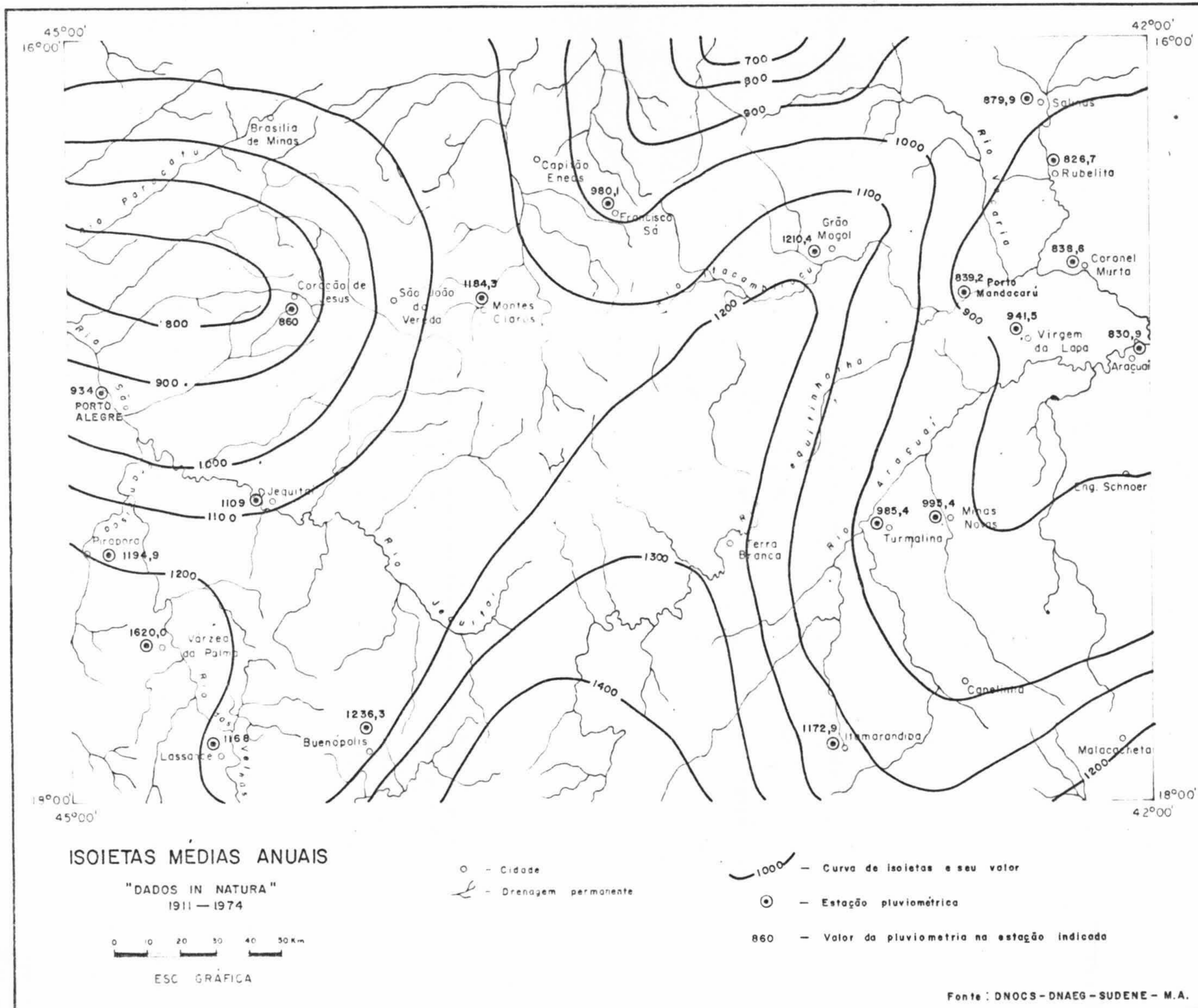


FIG. 4.2

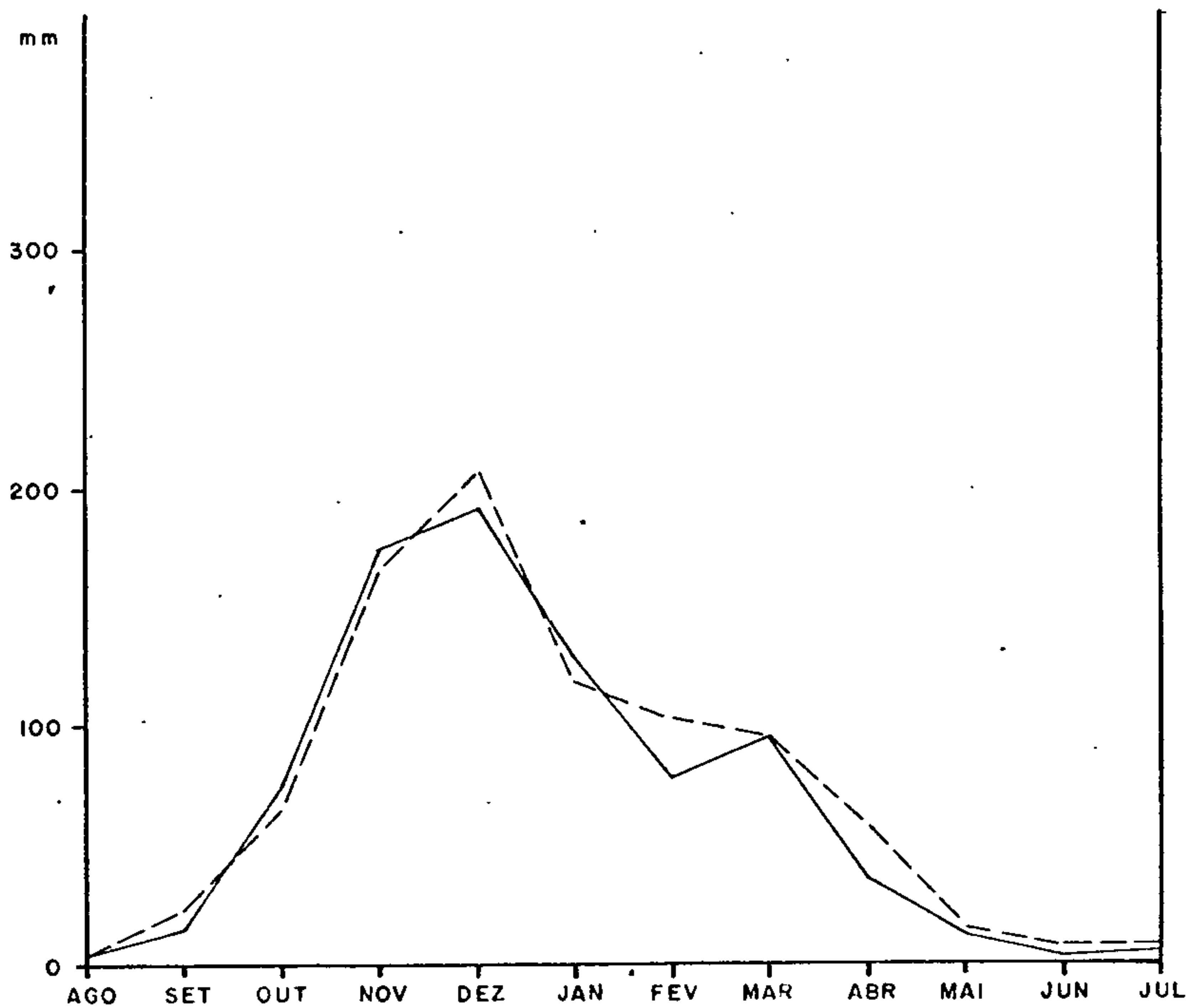


PRECIPITAÇÕES MÉDIAS

ESTAÇÃO	MESES													TOTAL	PERÍODO
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
ARAQUAI	129.0	105.4	88.2	50.4	11.7	5.5	5.4	5.2	17.9	70.4	153.7	188.1	830.9	1918/1958	
ARAQUAI	136.7	120.0	19.4	42.2	8.4	4.4	6.5	7.6	21.9	71.9	145.1	165.2	819.7	1918/1942	
BUENÓPOLIS	217.0	144.3	140.8	52.5	20.6	5.4	7.1	1.0	26.6	98.4	190.4	332.2	1.236.3	1942/1966	
CORONEL MURTA	141.5	80.4	79.2	44.8	10.9	3.8	4.7	2.5	21.6	80.5	164.2	204.5	838.6	1937/1973	
FRANCISCO SÁ	141.0	90.3	79.2	61.8	34.2	29.3	35.5	19.8	25.6	91.5	172.2	199.7	980.1	1945/1973	
GRÃO MOGOL	164.1	135.2	160.4	72.8	22.4	17.6	9.5	10.6	29.1	88.3	232.4	268.0	1210.4	1919/1958	
ITAMARANDIBA	179.4	138.5	123.3	73.7	21.9	8.2	9.6	8.2	26.0	89.8	219.5	274.8	1172.9	1925/1958	
ITAMARANDIBA	200.1	148.5	115.0	66.7	25.0	4.6	10.8	9.9	28.8	86.8	216.3	245.8	1158.3	1925/1942	
LASSANCE	190.3	156.4	121.5	59.6	19.4	4.3	6.6	1.5	35.5	88.7	190.4	293.4	1168.0	1941/1972	
MINAS NOVAS	156.8	96.1	106.4	54.8	12.1	7.5	8.5	2.8	20.7	80.1	202.2	247.4	995.4	1935/1973	
MONTES CLAROS	159.1	87.2	77.1	37.1	14.3	2.0	2.2	1.9	27.8	86.2	356.5	332.7	1184.3	1905/1972	
MONTES CLAROS	169.6	146.2	123.0	44.8	6.4	4.2	3.0	6.2	21.5	73.8	169.6	197.2	965.4	1918/1942	
PIRAPORA	213.6	159.7	143.8	65.2	9.0	4.2	3.9	4.3	24.8	88.7	209.5	268.2	1194.9	1912/1958	
PORTO MANDACARU	130.3	90.8	147.3	40.6	9.3	4.1	6.2	1.7	18.4	70.1	161.4	235.5	839.2	1940/1968	
VARZEA DA PALMA	278.8	186.6	179.8	65.6	15.3	6.7	7.3	1.3	33.0	131.3	290.3	424.2	1620.2	1942/1972	
RUBELITA	129.1	79.4	96.3	36.8	13.1	3.6	5.9	2.4	17.9	75.1	175.6	191.5	826.7	1946/1966	
SALINAS	119.5	102.8	96.0	59.3	16.0	8.8	10.3	4.4	24.2	64.4	166.4	207.8	879.9	1924/1958	
VIRGEM DA LAPA	247.8	92.2	82.3	30.8	9.9	5.1	7.7	2.3	13.0	69.5	159.4	161.9	941.5	1960/1966	
QUIXERAMOBIM	66.8	167.9	187.8	168.8	110.8	54.0	25.6	9.1	3.3	2.3	5.8	20.8	763.0	1911/1942	

QUADRO 4.4.

### PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS



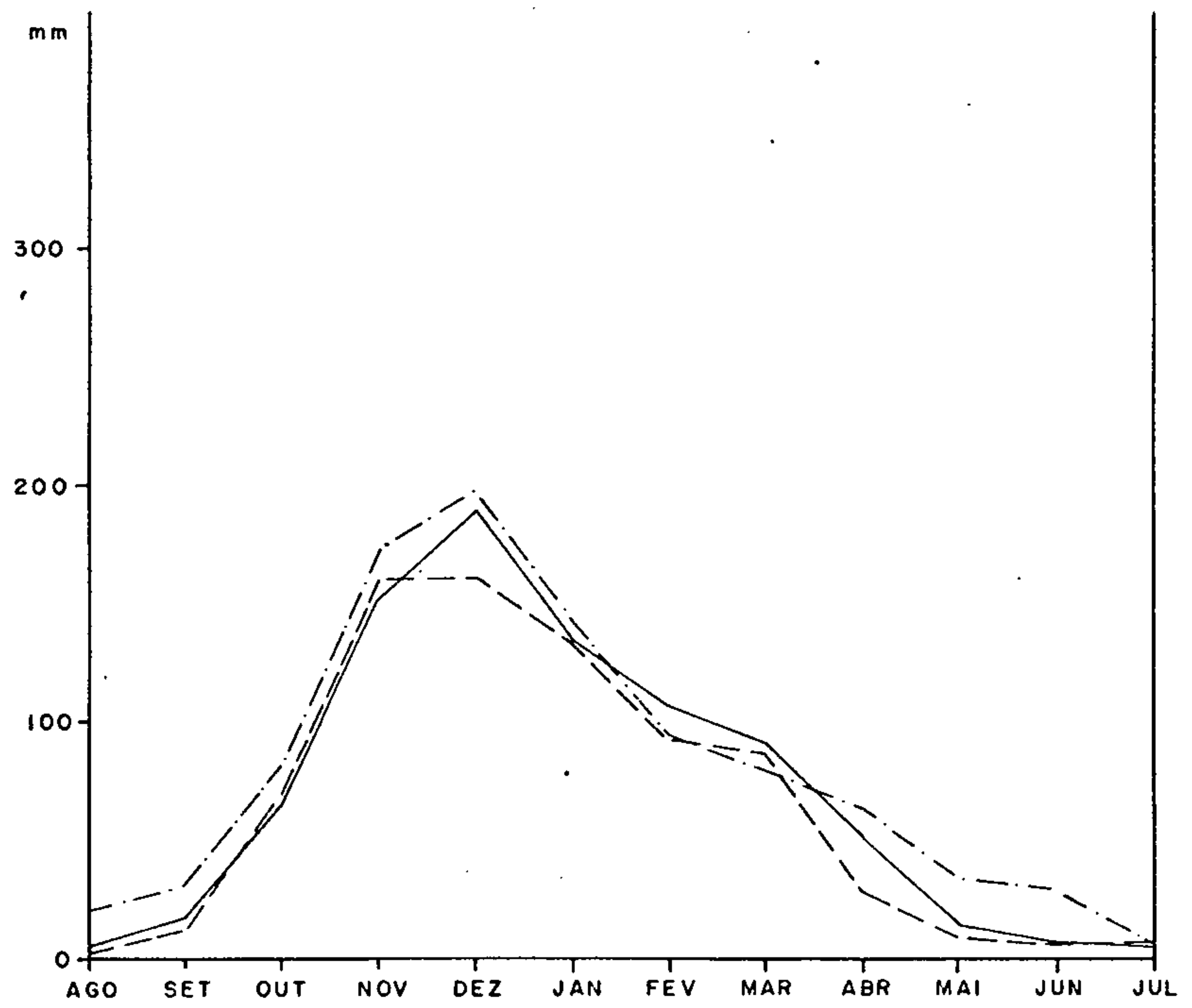
— RUBELITA - D.A. ESTAÇÃO 57-25-24 - PERÍODO - 1946-1966

- - - SALINAS - DNAEE ESTAÇÃO MG-18 - PERÍODO - 1924-1958

CLIMA {  
 KÖPPEN - Aw  
 BIROT - ESTAÇÃO SECA MUITO ACENTUADA  
 GAUSSEN - 4c1h - SALINAS  
 4b1h - RUBELITA

FIG. 4.3

### PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS



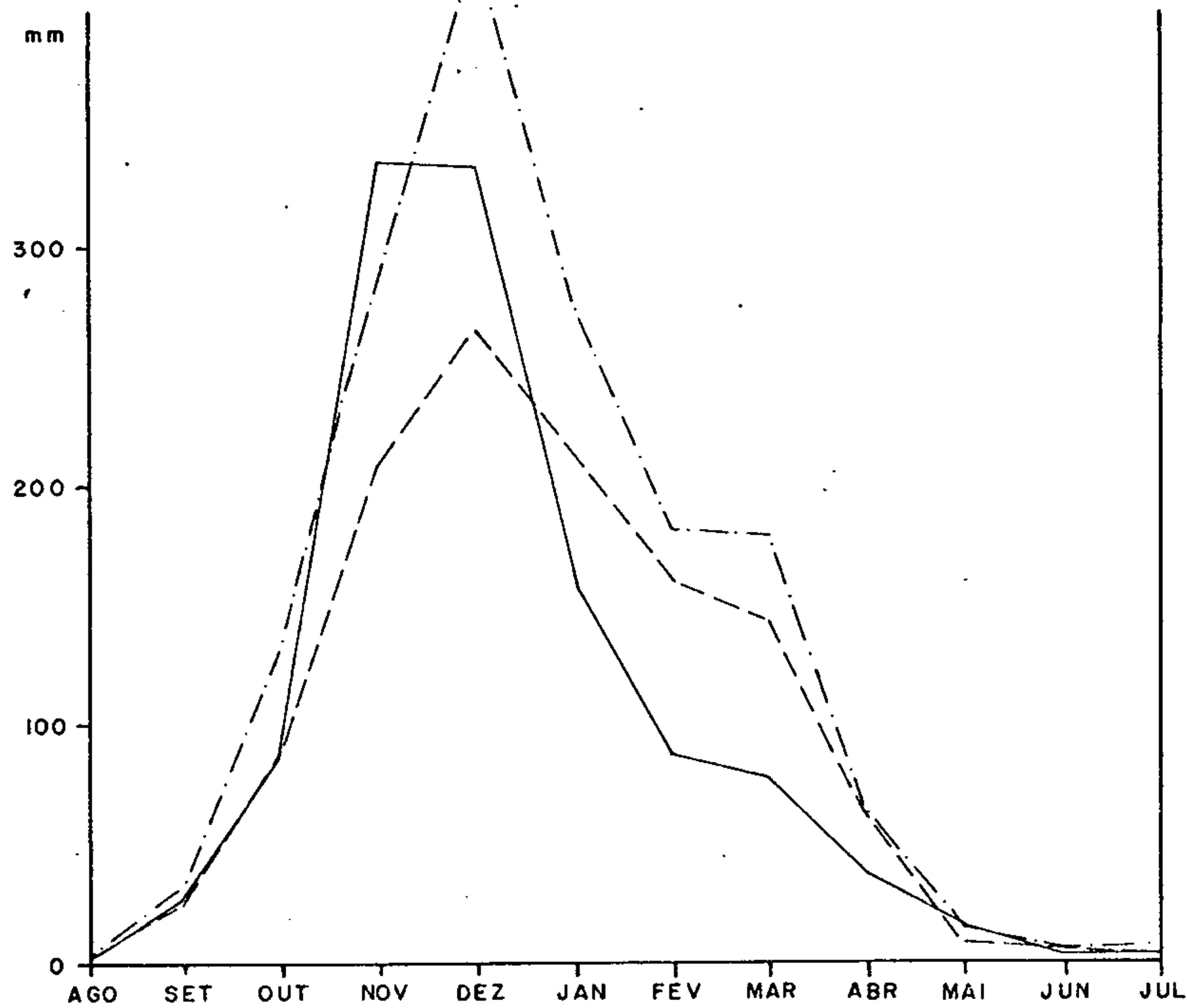
— ARAÇUAÍ — DNAEE — PERÍODO — 1918 — 1958  
 - - - VIRGEM DA LAPA — DNAEE — PERÍODO — 1960 — 1966  
 - · - FRANCISCO SÁ — DNAEE — PERÍODO — 1945 — 1973

CLIMA {  
     KÖPPEN — Aw  
     BIROT — TRANSIÇÃO B/A  
     GAUSSEN — 4bth — ARAÇUAÍ — VIRGEM DA LAPA  
               4cth — FRANCISCO SÁ

FIG. 4.4



PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS

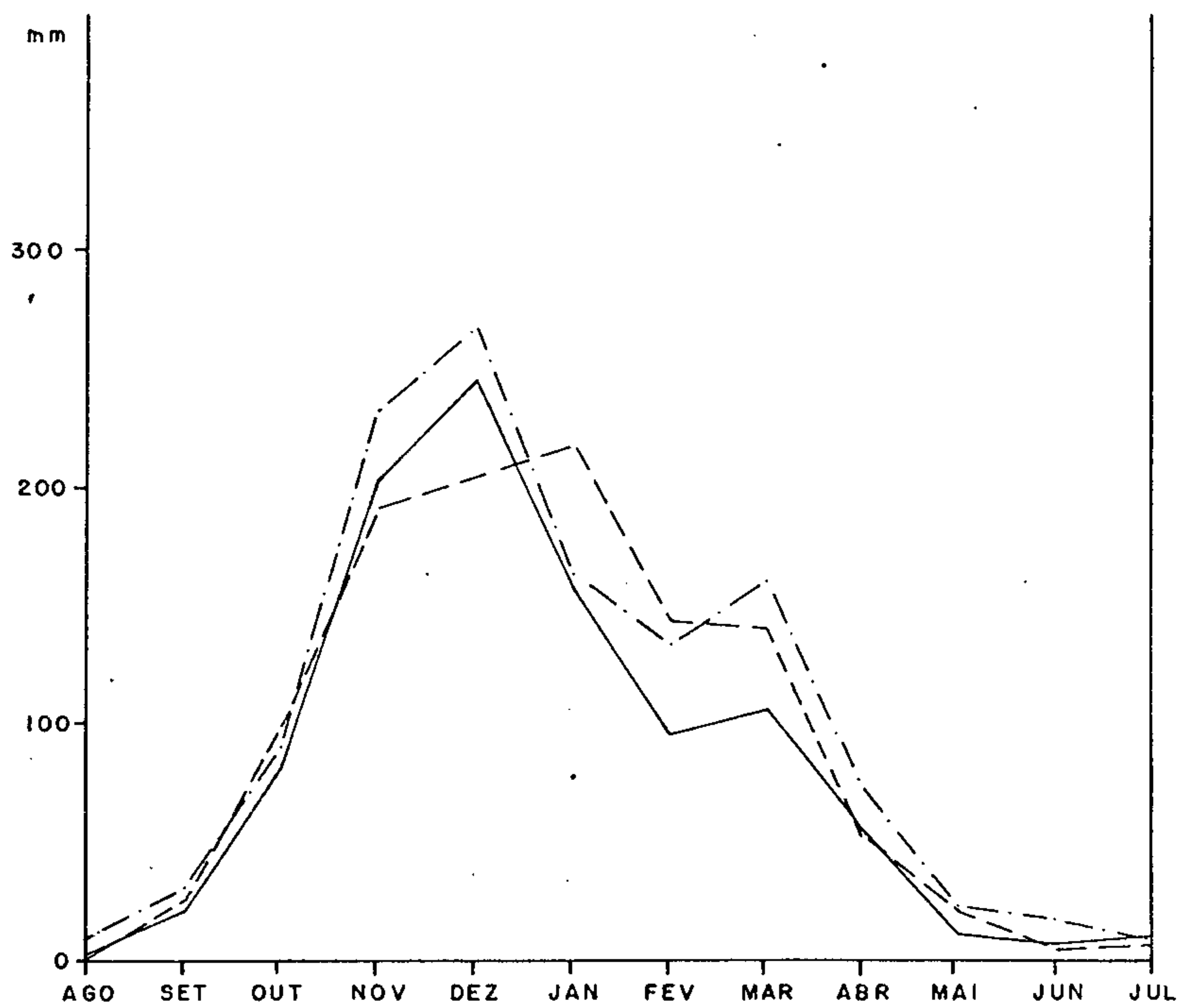


——— MONTES CLAROS — DNAEE — PERÍODO — 1905 — 1972  
 - - - PIRAPORA — DNAEE — PERÍODO — 1912 — 1958  
 - · - · VÁRZEA DA PALMA — DNAEE — PERÍODO — 1942 — 1972

CLIMA {  
     KÖPPEN — Aw  
     BIROT — TRANSIÇÃO B  
     GAUSSEN — 4b1h — MONTES CLAROS  
               4c1h — VÁRZEA DA PALMA — PIRAPORA

FIG. 4.5

### PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS

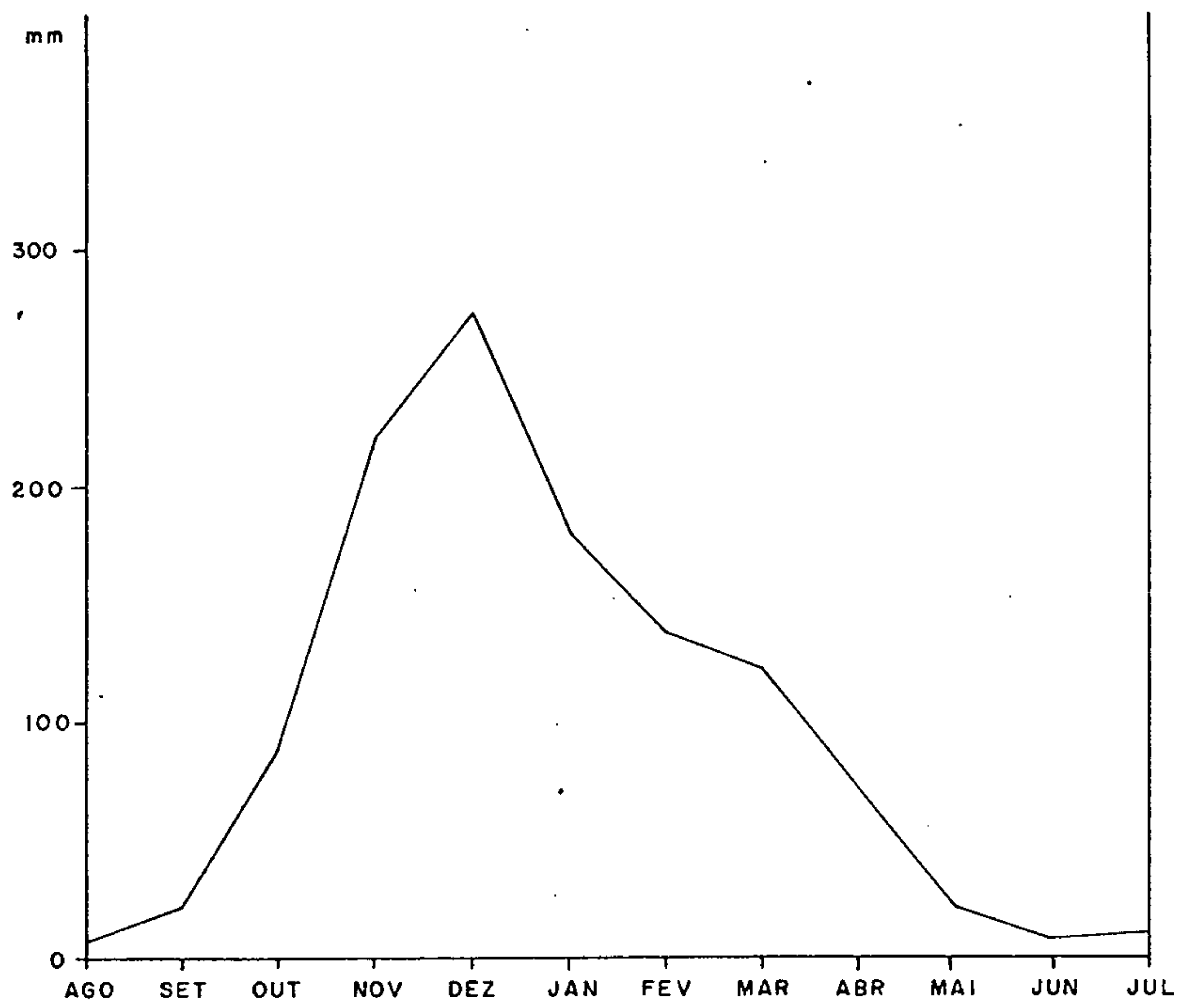


——— MINAS NOVAS — DNAEE — PERÍODO — 1935 — 1973  
 - - - BUENÓPOLIS — DNAEE — PERÍODO — 1942 — 1966  
 - · - GRÃO MOGOL — DNAEE — PERÍODO — 1919 — 1958

CLIMA	ESTAÇÃO	KÖPPEN	BIROT	GAUSSEN
	MINAS NOVAS	Aw	ESTAÇÃO SECA POU- CO PRONUNCIADA	4ct h
	BUENÓPOLIS	Aw	TRANSIÇÃO B	4ct h
	GRÃO MOGOL	Aw	TRANSIÇÃO A	4ct h

FIG. 4.6

# PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAS

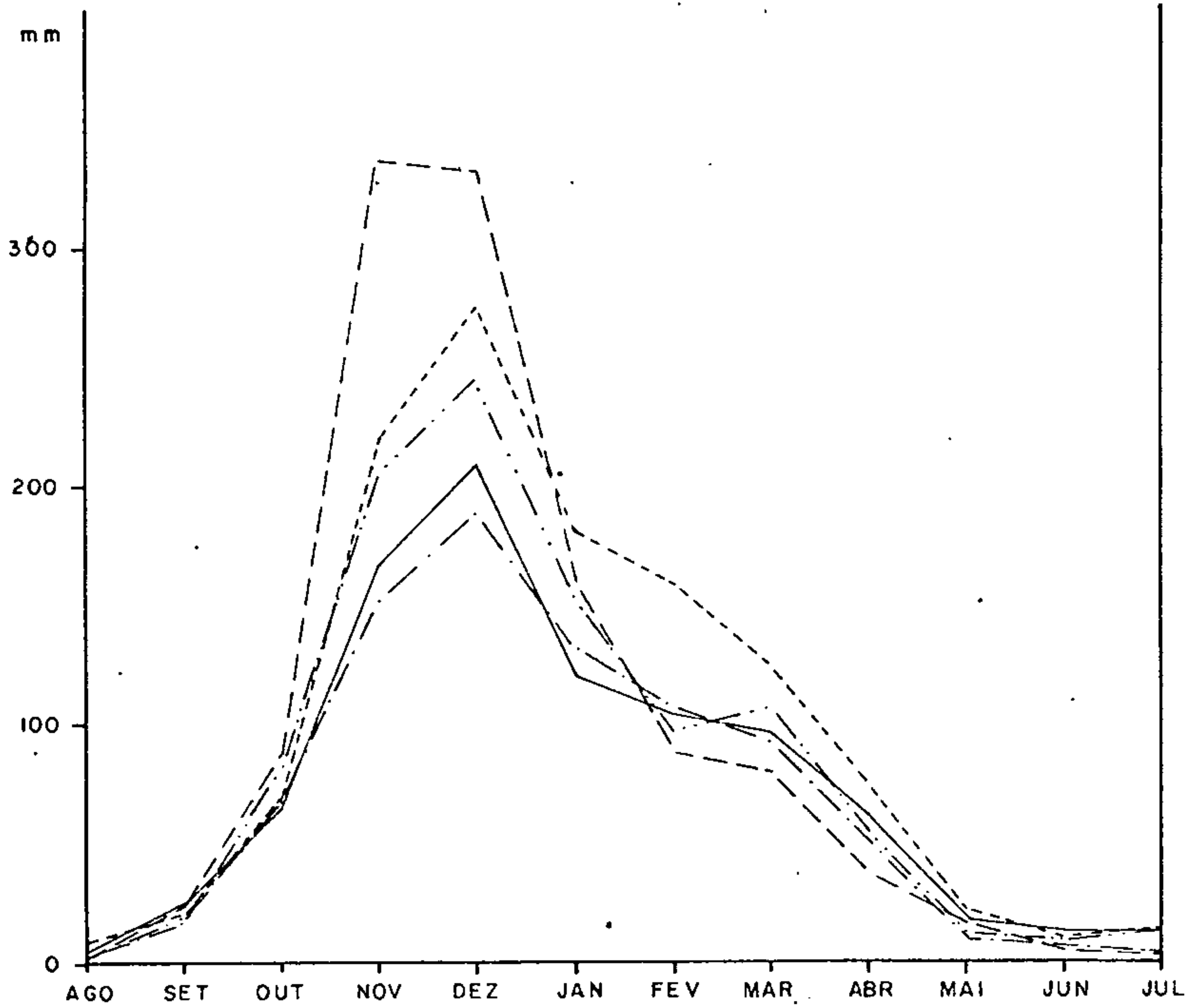


— ITAMARANDIBA — DNAEE — PERÍODO — 1925-1958

- CLIMA
- KÖPPEN — Cwb
  - BIROT — TRANSIÇÃO A
  - GAUSSEN — 4dth

FIG. 4.7

PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAS  
GRÁFICO COMPARATIVO



- |           |               |                     |
|-----------|---------------|---------------------|
| —         | SALINAS       | PERÍODO — 1924-1958 |
| - - -     | MONTES CLAROS | PERÍODO — 1905-1972 |
| - · - · - | ARAÇUAÍ       | PERÍODO — 1918-1958 |
| - · - · - | MINAS NOVAS   | PERÍODO — 1935-1973 |
| - - - - - | ITAMARANDIBA  | PERÍODO — 1925-1958 |

FIG. 4.8

d - a média anual dos números de dias de chuva os  
cila entre 71.6 (M. Claros) e 95 (Grão Mogol).

#### 4.2.3 Insolação

Definida como o número de horas em que o helió  
grafo está exposto aos raios de sol ao longo do ano a in  
solação foi observada por um longo período apenas nas es  
tações climatológicas de Montes Claros (1918-1942) e Pira  
pora (1931-1971). O quadro 4.5 indica os resultados obti  
dos em algumas estações situadas na área da folha 33. Foram  
incluídas duas estações - Quixeramobim e Cruzeta - perten  
centes aos estados do Ceará e Rio Grande do Norte por se  
situarem em áreas do Polígono das Secas com período de se  
ca muito acentuada, facilitando em caráter regional uma  
correlação. De acordo com o quadro 4.5 a seguir, a insola  
ção nas regiões de Pirapora e Montes Claros, bastante ele  
vada, atinge na primeira valores aproximados àqueles obti  
dos nas estações de Quixeramobim e Cruzeta. A figura 4.9  
apresenta um gráfico comparativo da Insolação Média Mensal  
nas estações de Montes Claros, Quixeramobim e Cruzeta.

#### 4.2.4 Evaporação e Evapotranspiração

Constituem-se em dois importantes parâmetros  
climáticos para a hidrogeologia, por serem de relevante sig  
nificação no balanço hídrico de uma região.

Das estações climatológicas existentes na folha  
apenas as de Araçuaí, Pirapora, Itamarandiba e Montes Cl  
ros têm registradas as medidas de evaporação, efetuadas em  
tanque Piché. Ressalte-se que das estações em foco apenas  
Montes Claros e Pirapora possuem valores por um período  
mais longo.

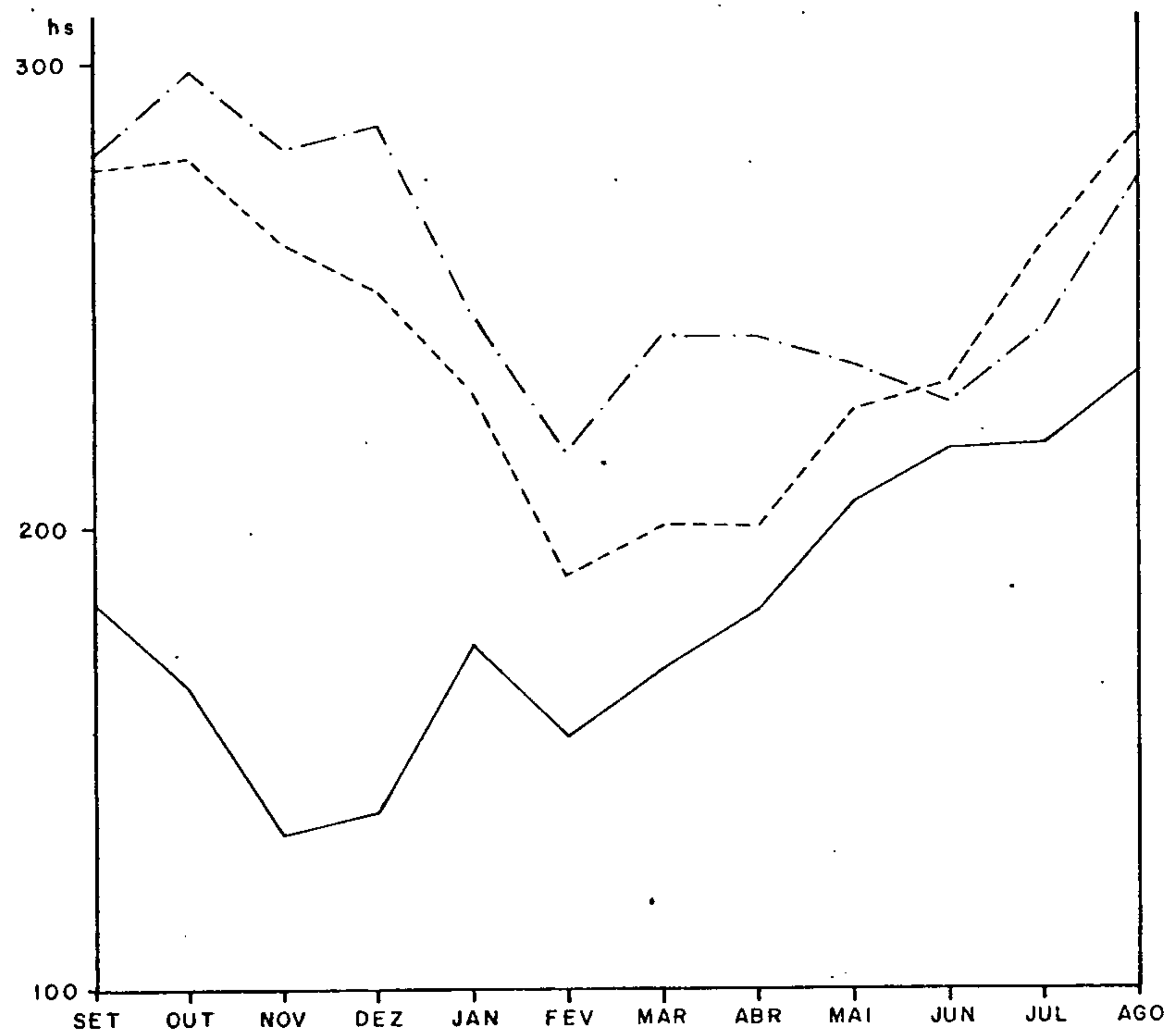
Conforme indica o quadro 4.6 a evaporação men.

MÉDIAS MENSAS E ANUAIS DO NÚMERO DE HORAS DE INSOLAÇÃO  
QUADRO - 4.5.

ESTAÇÃO	PERÍODO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
ARAÇUAÍ	1969/1973	256	226	241	207	232	203	208	252	191	135	147	187	2485
PIRAPORA	1931/1971	196	198	224	233	272	267	275	286	221	197	188	162	2802
ITAMARANDIBA	1971/1973	258	221	204	205	208	190	182	227	154	122	138	155	2264
MONTES CLAROS	1918/1942 1959/1973	241	224	232	233	263	196	243	284	228	155	153	169	2621
QUIXERAMOBIM(CE)	1911/1942	229	189	201	200	225	231	262	286	277	280	262	252	2894
CRUZETA (RN)	1930/1942	247	216	242	241	235	227	244	275	280	298	282	287	3074

Fonte - Ministério da Agricultura - Serviço de Meteorologia

### INSOLAÇÃO MÉDIA MENSAL



—— MONTES CLAROS (MG)      PERÍODO — 1918 - 1942  
----- QUIXERAMOBIM (CE)      PERÍODO — 1911 - 1942  
- - - - - CRUZETA (RN)              PERÍODO — 1930 - 1942

FIG. 4.9



QUADRO 4.6. - EVAPORAÇÃO EM TANQUE PICHÉ (mm)

ESTAÇÃO	PERÍODO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	ANUAL
Araçuaí	1969/1973	118	130	116	105	112	108	106	148	172	117	97	84	1413
Pirapora	1961/1971	77	78	101	89	100	113	131	157	148	158	90	105	1347
Itamarandiba	1971/1973	105	100	85	80	82	80	80	114	98	84	56	70	1034
Montes Claros	1918/1942 1959/1973	70	71	73	76	86	80	88	107	111	109	81	71	1023
Quixeramobim	1911/1942	142	100	85	74	79	90	122	151	162	174	170	166	1515

Fonte: Ministério do Agricultura.

sal mínima de 56 mm foi registrada em Itamarandiba no mês de novembro. O valor máximo foi constatado em Araçuaí no mês de setembro atingindo a 172 mm. No que concerne a evaporação anual apresenta-se Montes Claros com um valor mínimo de 1023 mm e Araçuaí com um valor máximo de 1413 mm, valor este bem próximo aos obtidos na estação de Quixeramobim situada em região de seca acentuada no Polígono das Secas, no estado do Ceará. A fig. 4.10 correlaciona as evaporações médias mensais entre as regiões de Montes Claros e Quixeramobim.

No que tange a evapotranspiração real (ETR) seus valores mensais foram obtidos através do balanço hídrico e empiricamente pela fórmula de COUTAGNE para as regiões de Montes Claros, Araçuaí e Itamarandiba.

O balanço hídrico para um determinado período de tempo pode ser realizado com os dados de precipitação, evapotranspiração potencial e reserva do solo, a partir da expressão:

$$P = ETP + Ex + \Delta R, \text{ onde:}$$

P = Precipitação (mm)

Ex = Excedente de água (mm)

R = Variação das reservas do solo (mm) na condição de que  $ETR \leq ETP$ .

Os valores de evapotranspiração potencial são conseguidos a partir da fórmula de TURC simplificada que é representada pela seguinte expressão:

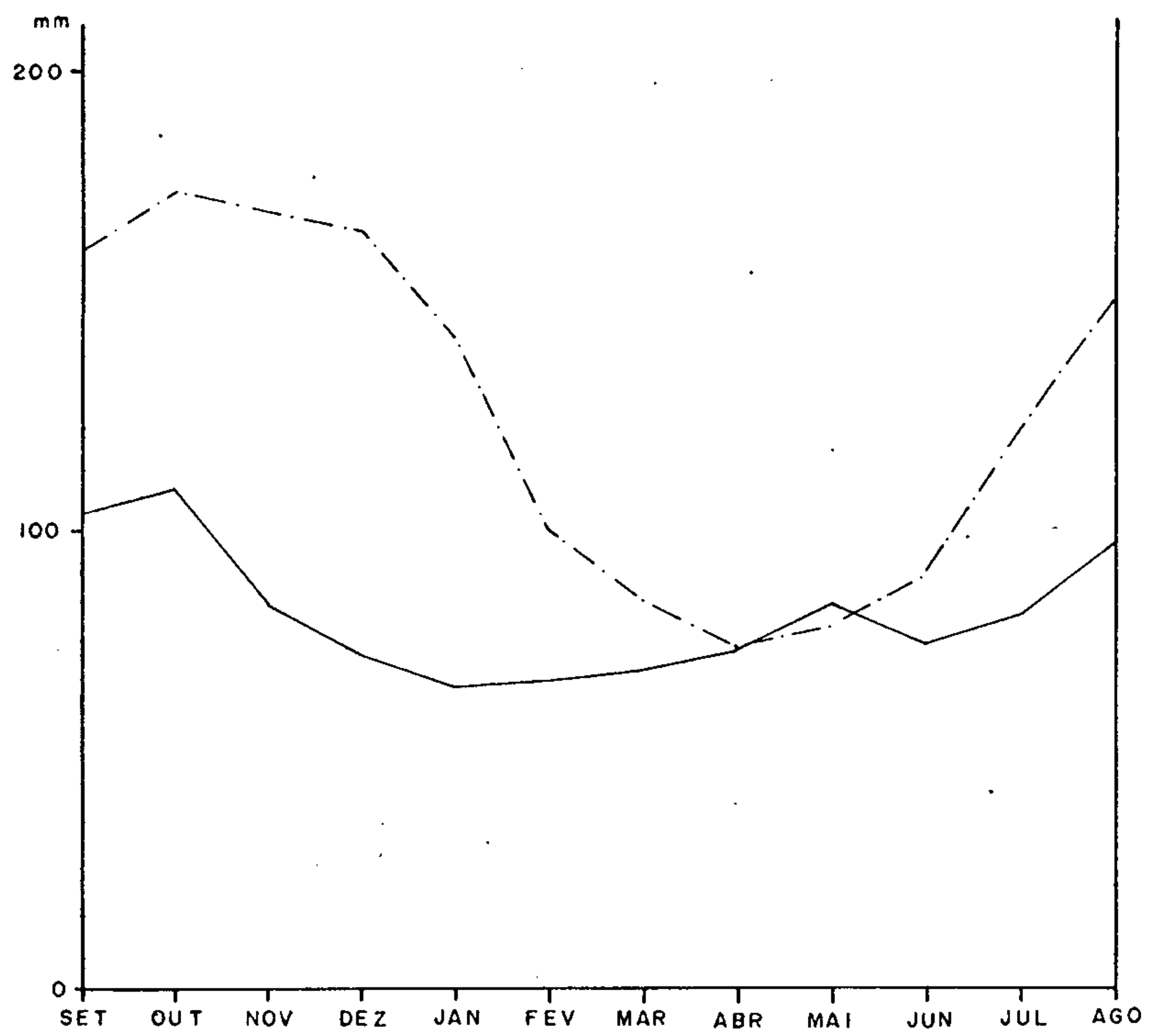
$$ETP = 0,40 \frac{t}{t+15} (I_g + 50), \text{ onde:}$$

ETP = Evapotranspiração potencial

t = Temperatura média mensal em °C

I<sub>g</sub> = Valor médio da radiação solar, expresso em

### EVAPORAÇÃO MÉDIA MENSAL



— MONTES CLAROS (MG) PERÍODO - 1918 - 1942

- - - QUIXERAMOBIM (CE) PERÍODO - 1911 - 1942

FIG. 4.10

cal/m<sup>2</sup> dia, obtido a partir do mapa de  
BLACK (Sudene, 1972)

O cálculo da reserva do solo foi efetuado para cada região em função da profundidade média das raízes da vegetação, capacidade de campo e índice de murchamento do solo.

Através do balanço hídrico foram calculados os valores de evapotranspiração real, excesso e déficit de água no solo, para as regiões de Araçuaí, Montes Claros e Itamarandiba, indicados nos quadros 4.7, 4.8 e 4.9 e representado através de gráficos nas figuras 4.11, 4.12 e 4.13, a seguir.

Para Araçuaí o mês de novembro (início da estação chuvosa), foi considerado como o início do período hidrológico anual do balanço com reservas de água do solo nula no mês de outubro. Para efeito de balanço foi calculada uma reserva máxima de água utilizável do solo, de 72 mm.

Conforme interpretação dos resultados alcançados em Araçuaí, no balanço hídrico, obtém-se os resultados seguintes:

- 1 - A evapotranspiração potencial atinge um valor anual de 1351,4 mm, valor mínimo de 93,2 mm para o mês de junho e um valor máximo de 137,6 mm para o mês de setembro;
- 2 - A evapotranspiração real anual atinge 699,5 mm possuindo a região um valor mínimo de 4,4 mm para o mês de junho e um valor máximo de 117,1 mm para o mês de janeiro;
- 3 - O período de dezembro a fevereiro apresenta excesso;
- 4 - O déficit se verifica no período de março a

BALANÇO HÍDRICO EM ARAÇUAÍ

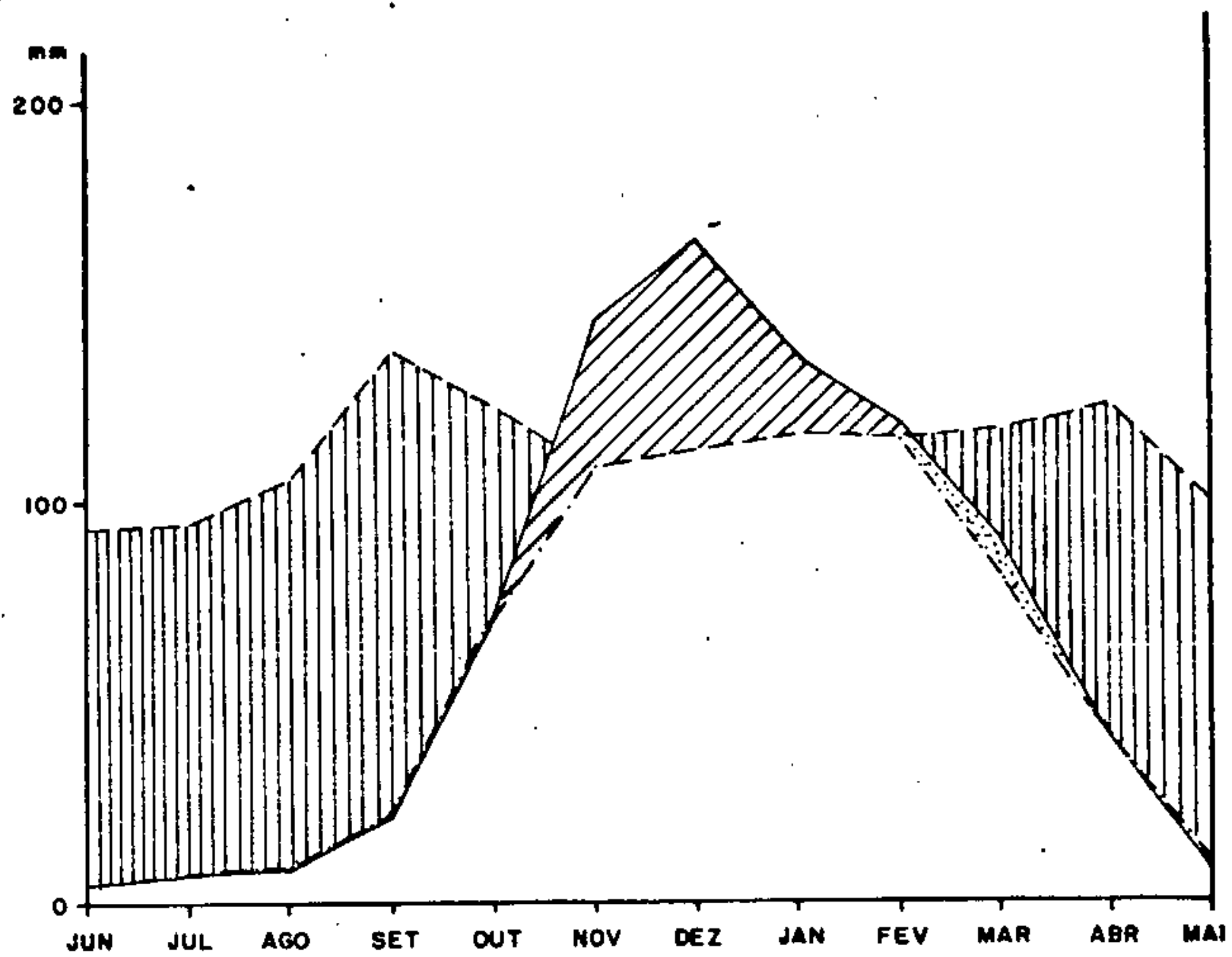
	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	TOTAL
P	4,4	6,9	7,6	21,9	71,9	145,1	165,2	136,7	120,0	8,9	42,2	8,4	739,2
ETP	93,2	93,9	105,6	137,6	123,4	108,3	113,4	117,1	116,5	118,4	124,0	100,0	1.351,4
P - ETP	-88,8	-87,0	-98,0	-115,7	-51,5	+36,8	+51,8	+19,6	+3,5	-109,5	-81,8	-91,6	
RESERVA DE ÁGUA UTILIZÁVEL	0	0	0	0	0	36,8	72,0	72,0	72,0	0	0	0	
ETR	4,4	6,9	7,6	21,9	71,9	108,3	113,4	117,1	116,5	80,9	42,2	8,4	699,5
EXCEDENTE	-	-	-	-	-	-	16,6	19,6	3,6	-	-	-	39,7
DEFICIT	88,8	87,0	98,0	115,7	51,5	-	-	-	-	37,5	81,8	91,6	651,9

Quadro 4.7.

# BALANÇO HÍDRICO

ESTAÇÃO - ARAÇUAÍ

PERÍODO - 1918-1942



- PRECIPITAÇÃO
- - - EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL
- · - · - EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL
- ▤ UTILIZAÇÃO DA RESERVA DE ÁGUA
- ▨ EXCEDENTE DE ÁGUA E PREENCHIMENTO DA RESERVA DE ÁGUA DE SOLO
- ▧ DEFICIT

FIG. 4.11



outubro.

Em relação à região de Montes Claros, segundo os resultados obtidos do balanço hídrico também a partir da precipitação, evapotranspiração potencial e volume de água da reserva do solo em milímetros, o seu comportamento hidrológico se caracteriza pelos seguintes aspectos:

- 1 - A evapotranspiração potencial atinge um valor anual de 1264,5 mm, possuindo um mínimo de 88,7 milímetros correspondente ao mês de maio e um valor máximo de 121,3 mm para o mês de outubro;
- 2 - A evapotranspiração real possui um valor médio anual de 699,0 mm, com uma incidência mínima de 3 mm para o mês de julho e uma evapotranspiração máxima de 116,4 mm relativa ao mês de fevereiro;
- 3 - O excesso se verifica no período de dezembro a março e atinge um total de 165,0 mm;
- 4 - Apresenta a região um déficit de 464,6 mm no período de maio a outubro.

Para a região de Itamarandiba também foi elaborado o balanço hídrico baseado na precipitação, evapotranspiração potencial e volume de reserva do solo. De acordo com os resultados obtidos, conforme indicamos no quadro nº 4.9 e figura nº 4.13, o comportamento solo-água na citada região se resume no seguinte:

- 1 - A evapotranspiração potencial possui um valor de 1198,5 mm. O valor mínimo obtido correspondente ao mês de julho é da ordem de 81,2 mm. A máxima evapotranspiração atinge 122,3 mm e ocorre no mês de setembro;



**BALANÇO HÍDRICO EM MONTES CLAROS**

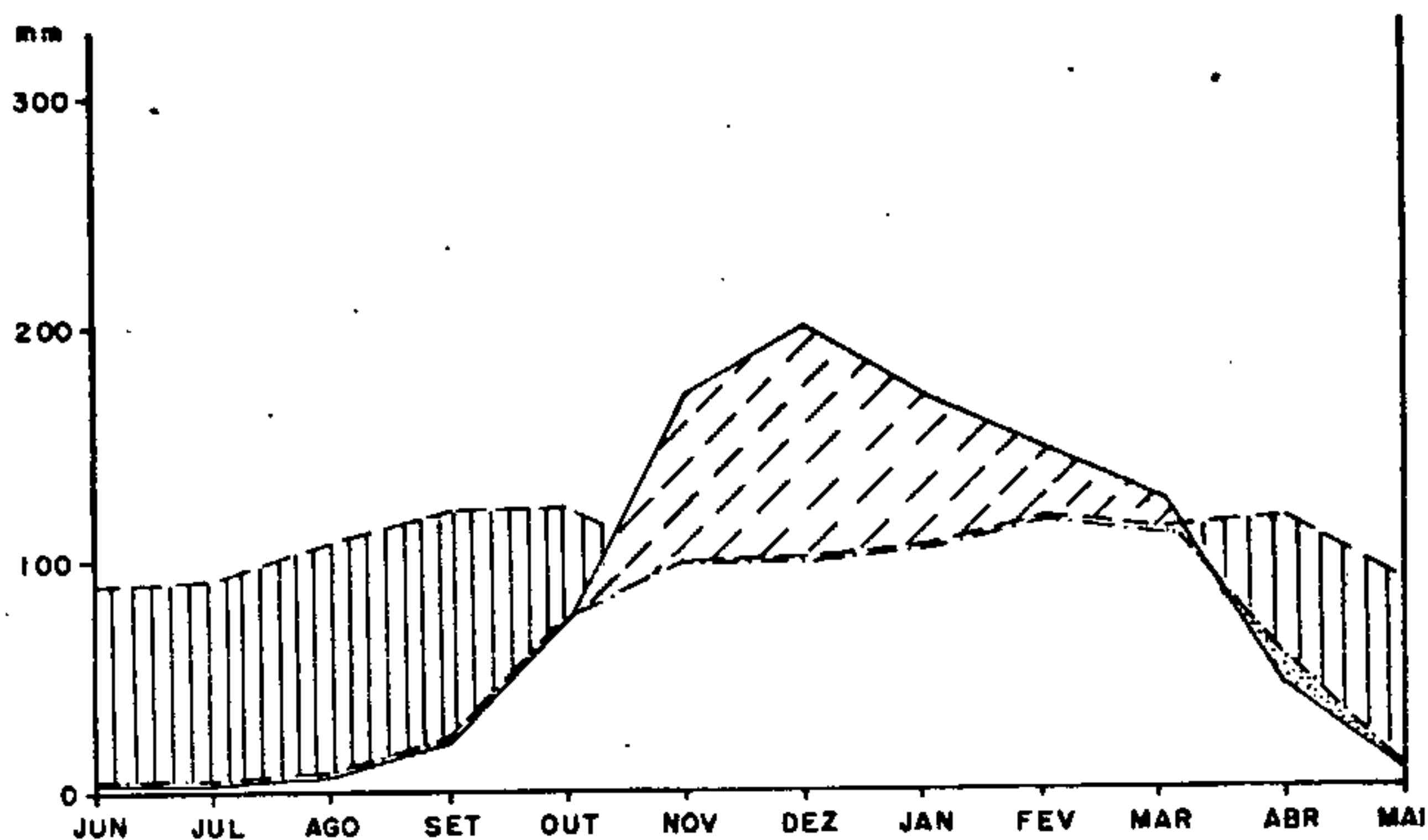
	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	TOTAL
P	3,0	6,2	21,5	73,8	169,6	197,2	169,6	146,2	123,0	44,7	6,4	4,2	965,4
ETP	92,1	108,6	121,0	121,3	97,9	99,1	102,9	116,4	111,4	115,5	88,7	89,6	1.264,5
P - ETP	- 89,1	- 102,4	- 99,5	- 47,5	71,7	98,1	66,7	29,8	11,6	- 70,8	- 82,3	-85,4	
RESERVA UTILIZÁVEL	0	0	0	0	71,7	112,5	112,5	112,5	112,5	41,7	0	0	
ETR	3,0	6,2	21,5	73,8	97,9	99,1	102,9	116,4	111,4	115,5	48,1	4,2	800,0
EXCEDENTE	-	-	-	-	-	57,3	66,7	29,8	11,6	-	-	-	165,4
DEFICIT	89,1	102,4	99,5	47,5	-	-	-	-	-	-	40,6	85,4	464,5

QUADRO-8

# BALANÇO HÍDRICO

ESTAÇÃO - MONTES CLAROS

PERÍODO - 1918-1942







- PRECIPITAÇÃO
- - - EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL
- · - · - EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL
-  INFILTRAÇÃO E ESCOAMENTO
-  EXEDENTE DE ÁGUA E PREENCHIMENTO DA RESERVA DE ÁGUA DO SOLO
-  UTILIZAÇÃO DA RESERVA DE ÁGUA
-  DEFICIT

FIG. 4.12

**BALANÇO HÍDRICO EM ITAMARANDIBA**

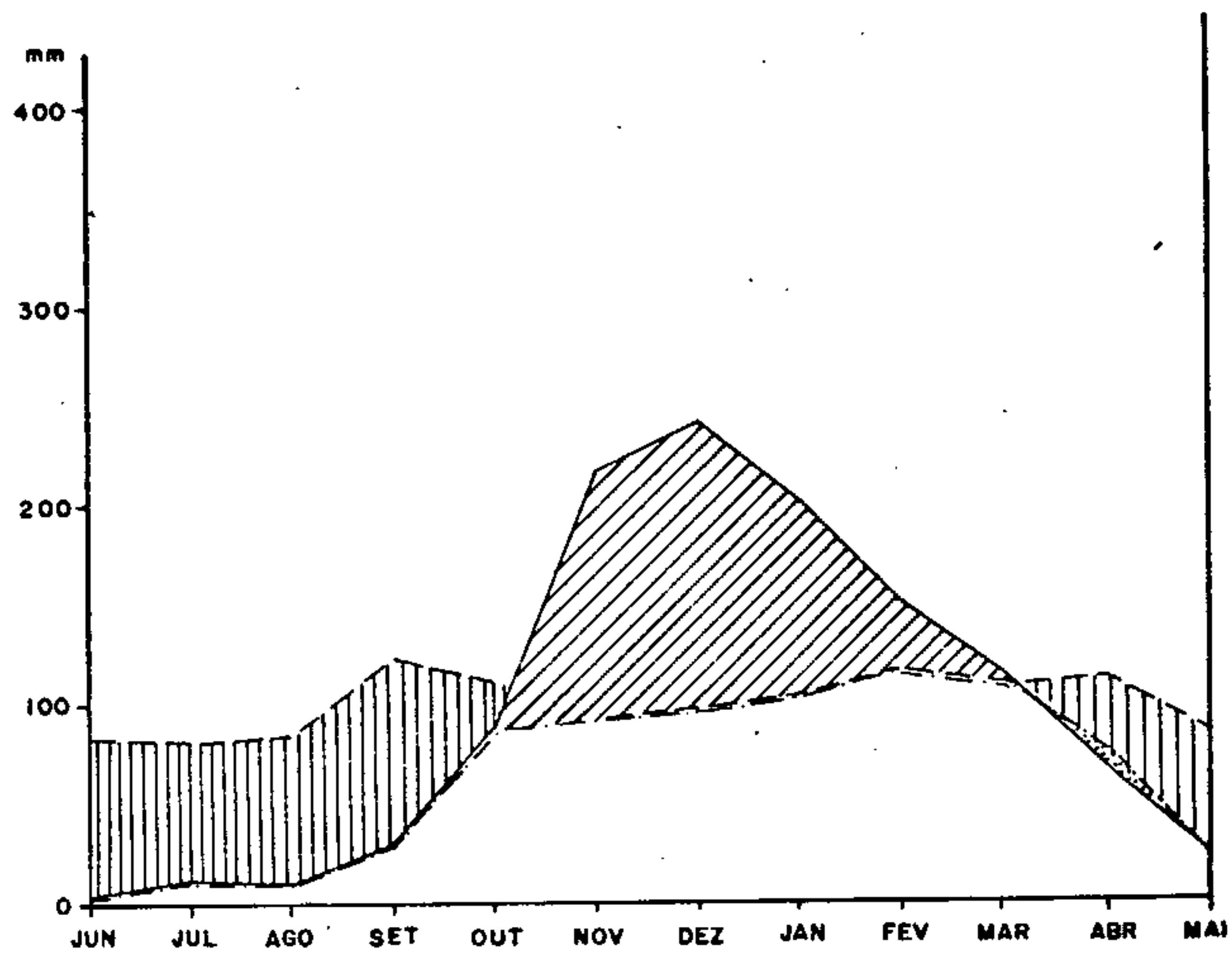
	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	TOTAL
P	4,6	10,8	9,9	28,8	86,8	216,3	245,8	200,1	148,5	115,0	66,7	25,0	1.158,3
ETP	83,0	81,2	84,3	122,3	110,2	92,0	96,7	103,4	116,7	109,6	112,6	86,5	1.198,5
P - ETP	-78,4	-70,4	-74,4	-93,5	-23,4	124,3	149,1	96,7	31,8	5,4	-45,9	-61,5	
RESERVA UTILIZÁVEL	0	0	0	0	0	124,3	132,3	132,3	132,3	132,3	86,4	24,9	
ETR	29,3	10,8	9,9	28,8	86,8	92,0	96,7	103,4	116,7	109,6	112,6	86,5	883,1
EXCEDENTE	-	-	-	-	-	-	141,1	96,7	31,8	5,4	-	-	275,0
DEFICIT	53,7	70,4	74,4	93,5	23,4	-	-	-	-	-	-	-	315,4

QUADRO 4.9.

# BALANÇO HÍDRICO

ESTAÇÃO - ITAMARANDIBA

PERÍODO - 1925-1942



- PRECIPITAÇÃO
- - - EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL
- · - · EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL
- UTILIZAÇÃO DA RESERVA DE ÁGUA
- ▨ EXCEDENTE DE ÁGUA E PREENCHIMENTO DA RESERVA DE ÁGUA DO SOLO
- ▤ DEFICIT

FIG. 4.13

- 2 - A evapotranspiração real anual alcança um valor de 756,4 mm, possuindo um valor mínimo de 4.6 mm para o mês de junho e com máximo de 116,7 mm, correspondente ao mês de fevereiro;
- 3 - Corresponde ao período de escoamento os meses de novembro a março;
- 4 - O déficit de água se verifica no período de Junho a outubro.

Os valores para evapotranspiração real também foram calculados empiricamente segundo a fórmula de COUTAGNE considerando que o valor da precipitação nas regiões de Araçuaí, Montes Claros e Itamarandiba se situam entre  $1/8 x$  e  $1/2 x$  sendo:

$$x = \frac{1}{0,8 + 0,14 t} \quad \text{e} \quad \text{ETR} = P - xP^2$$

ETR = Evapotranspiração real em mm/ano

P = Precipitação em mm/ano

t = Temperatura média anual em °C

Os valores de evapotranspiração real para as regiões de Araçuaí, Montes Claros e Itamarandiba estão indicados em quadro adiante.

ESTAÇÃO	LOCAÇÃO		PERÍODO	PRECIPITAÇÃO (mm)	EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL (mm)
	Latitude	Longitude			
Araçuaí	16° 51'	41° 59'	1918-42	819,7	660,0
M. Claros	16° 43'	45° 13'	1918-42	965,4	728,5
Itamarandiba	17° 51'	42° 51'	1925-42	1158,3	772,0

Quadro 4.10

Os resultados retromencionados estão bem aproximados daqueles alcançados pelos balanços hídricos efetuados.

#### 4.2.5 Umidade Relativa

Somente as estações de Araçuaí, Montes Claros e Itamarandiba têm registrados valores mensais de umidade relativa por um período mais longo. Das regiões citadas, Araçuaí possui a menor umidade relativa anual atingindo um valor de 71,7 enquanto que à Itamarandiba corresponde o valor máximo de umidade relativa anual da ordem de 80,6 %. O período de agosto a setembro corresponde à índices baixos de umidade relativa e dezembro a março à resultados maiores. Nas três regiões o valor mínimo mensal foi registrado em Montes Claros no mês de setembro e a umidade relativa máxima mensal atingiu 83,4 no mês de dezembro em Itamarandiba. Os resultados conseguidos nas regiões de Araçuaí, Montes Claros e Itamarandiba estão indicados a seguir.

NOME DA ESTAÇÃO	M E S E S												MÉDIA ANUAL	PERÍODO
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Araçuaí	74,9	74,8	74,1	73,9	74,1	72,2	69,9	66,3	64,4	66,1	73,4	75,9	71,7	1918-42
M. Claros	76,9	77,8	77,1	75,7	72,8	69,7	68,4	63,9	61,8	66,2	74,6	77,3	71,9	1925-42
Itamarandiba	81,6	81,0	81,9	83,6	82,9	81,3	80,7	75,9	75,4	77,2	82,8	83,4	80,6	1919-42

Quadro 4.11

#### 4.4.6 Ventos e Pressões

As direções dos ventos registradas nas estações de Araçuaí, Montes Claros e Itamarandiba são: sul em Araçuaí



quai; norte e sul em Montes Claros e sudeste na região de Itamarandiba. As pressões nas retromencionadas regiões a apresentam um valor mínimo de 939,1 mb no mês de dezembro em Montes Claros e um máximo de 986,9 mb para a região de Araçuaí no mês de julho. Verifica-se uma amplitude de pressões da ordem de 47,8 milibares.

As figuras 4.14, 4.15 e 4.16 representam gráficos comparativos dos principais parâmetros climáticos nas estações de Araçuaí, Montes Claros e Itamarandiba.

#### 4.2.7 Caracterização Climática

A caracterização climática no âmbito da folha 33 foi efetuada segundo índices climáticos normalmente utilizados, a partir de informações apuradas na sinopse climática regional.

##### 4.2.7.1 Índice de Aridez de Knoche

O parâmetro climático de KNOCHE possibilita uma classificação segundo o grau de aridez. Baseia-se no número anual de dias de chuva, pluviometria anual e temperatura média anual e se calcula de modo a seguir:

$$I = \frac{M \times P}{100 (T+10)}$$

I = Índice

M = Número anual de dias de chuva

P = Pluviometria anual em mm

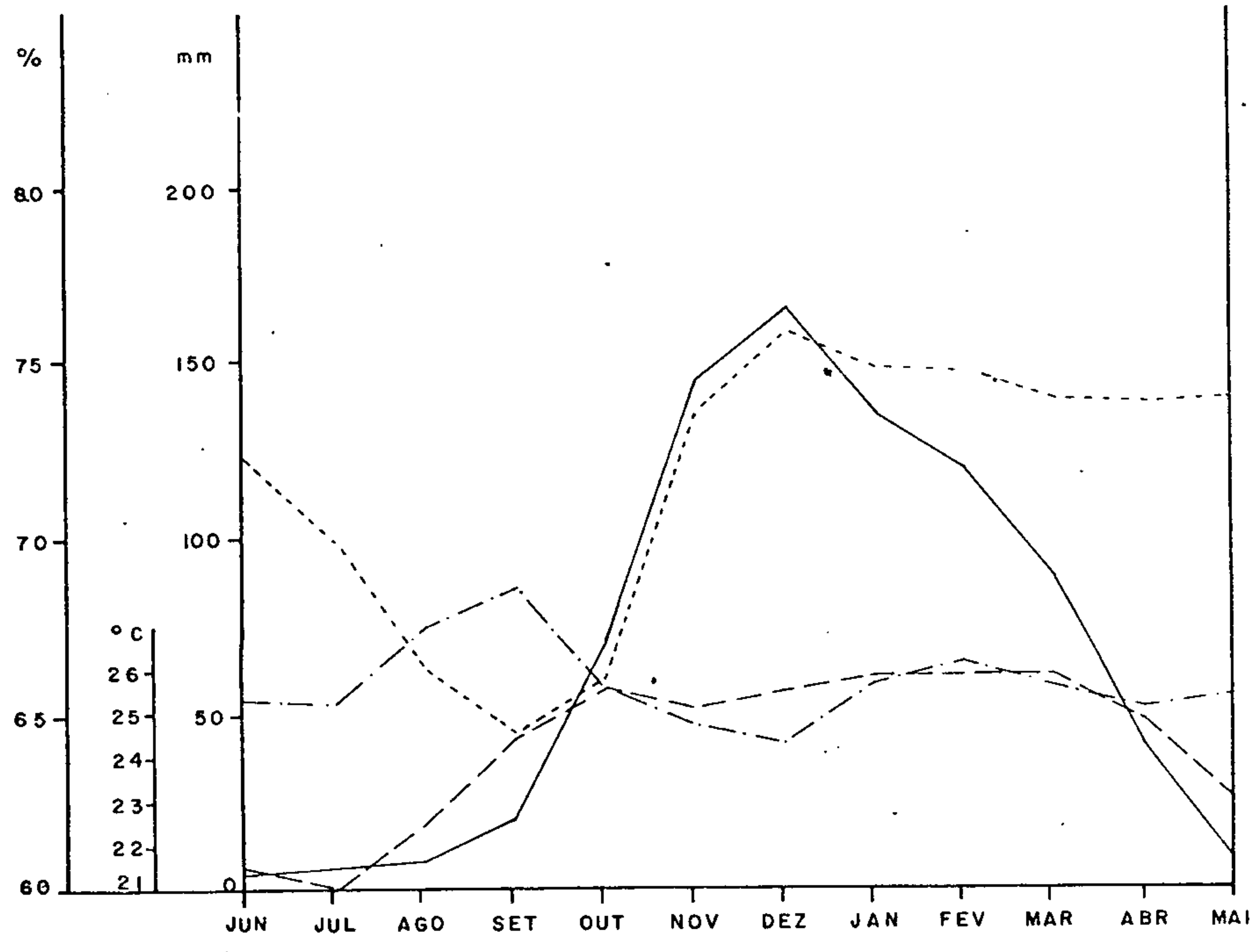
T = Temperatura média anual em °C



# GRÁFICO COMPARATIVO DE PARÂMETROS CLIMÁTICOS

ESTAÇÃO — ARAÇUAÍ

X = 16° 51' LS  
 Y = 41° 59' LW  
 Z = 272 m



—	PRECIPITAÇÃO (mm)	—	PERÍODO — 1918 - 1942
- - -	TEMPERATURA (°C)	—	PERÍODO — 1918 - 1942
- · - ·	EVAPORAÇÃO (mm)	—	PERÍODO — 1969 - 1973
· · · ·	UMIDADE RELATIVA (%)	—	PERÍODO — 1918 - 1942

FIG. 4.14

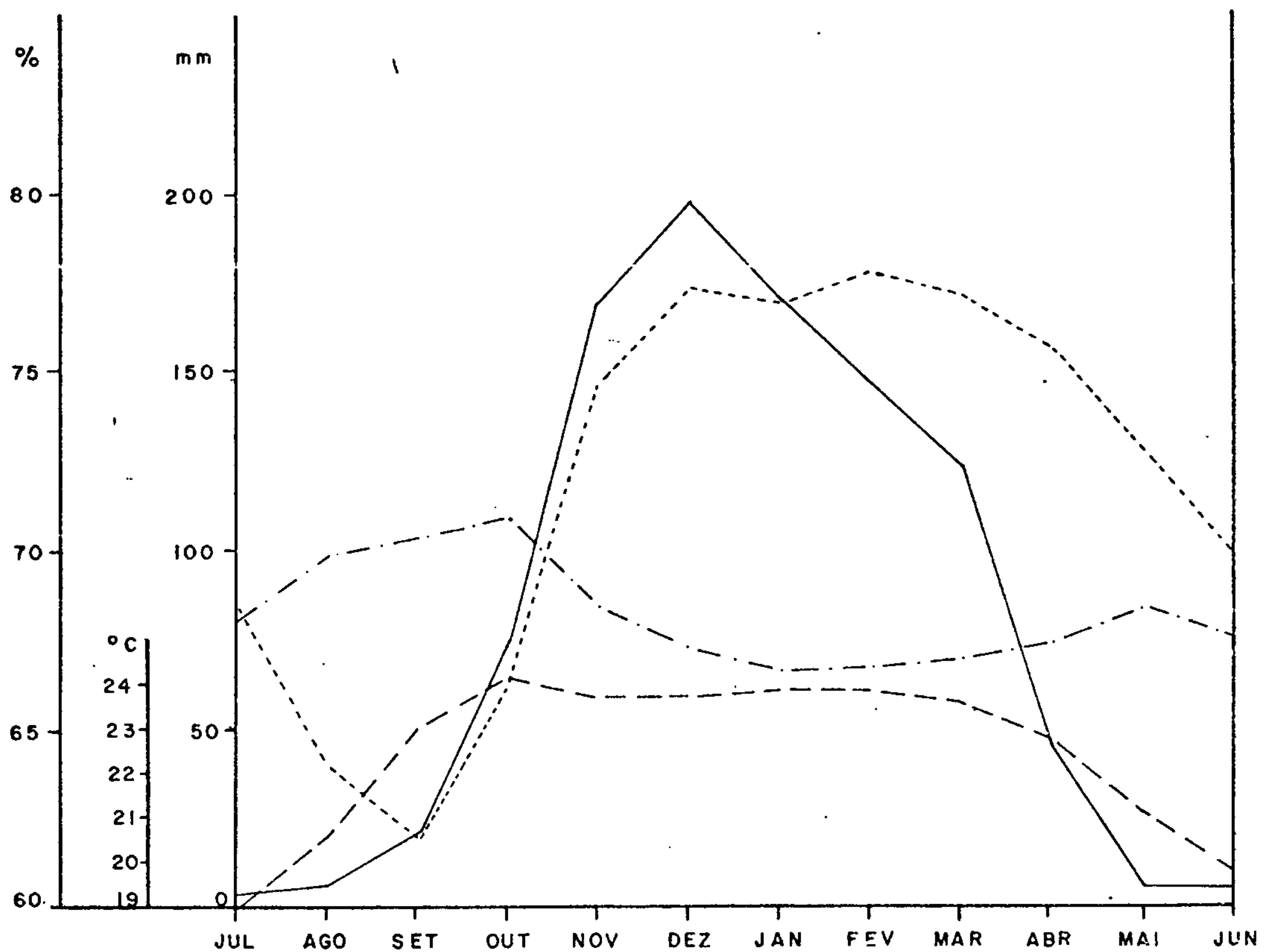
# GRÁFICO COMPARATIVO DE PARÂMETROS CLIMÁTICOS

ESTAÇÃO — MONTES CLAROS

X = 16° 43' LS

Y = 45° 13' LW

Z = 627,13 m



— PRECIPITAÇÃO (mm)

- - - TEMPERATURA (°C)

- · - · EVAPORAÇÃO (mm)

· · · · · UMIDADE RELATIVA (%)

PERÍODO — 1918 — 1942

FIG. 4.15

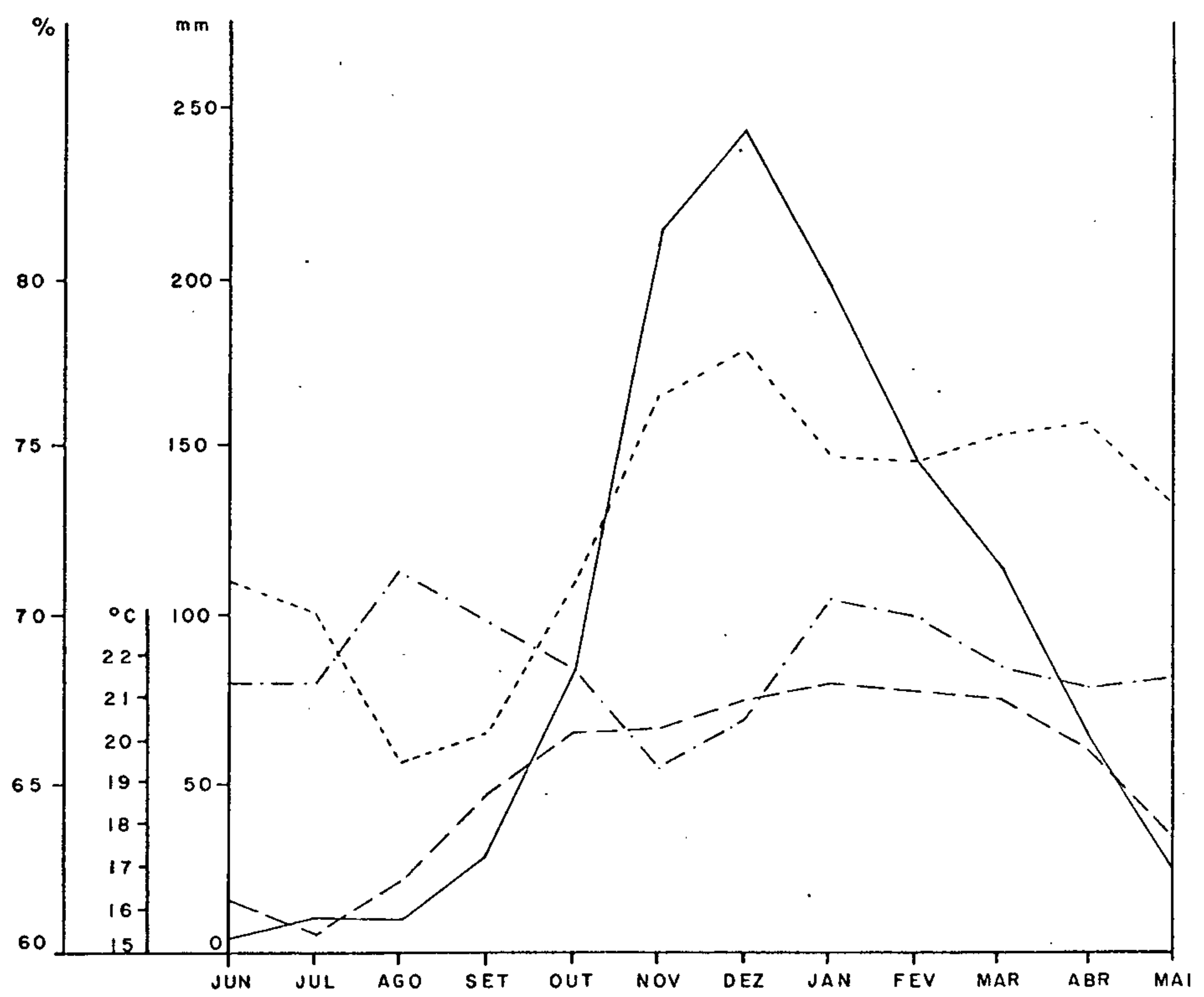
# GRÁFICO COMPARATIVO DE PARÂMETROS CLIMÁTICOS

ESTAÇÃO — ITAMARANDIBA

X = 17° 51' LS

Y = 42° 51' LW

Z = 1097 m



— PRECIPITAÇÃO (mm) — PERÍODO — 1925 - 1942

— TEMPERATURA (°C) — PERÍODO — 1925 - 1942

— EVAPORAÇÃO (mm) — PERÍODO — 1971 - 1973

— UMIDADE RELATIVA (%) — PERÍODO — 1925 - 1942

FIG. 4.16

Segundo KNOCHE a correlação dos índices com os graus de aridez é a seguinte:

INDICE	ESCALA	ARIDEZ
0-25	1	Extrema
25-50	2	Severa
50-75	3	Normal
75-100	4	Moderada
>100	5	Hídrica

Inserem-se as áreas de influências climáticas de Salinas, Araçuaí e Montes Claros na escala 1 - aridez extrema e as áreas de influências do tipo climático de Itamarandiba na escala 2 - aridez severa.

#### 4.2.7.2 Índice de Capot-Rey

Embora corrigindo um pouco o balanço médio anual, pela introdução da relação precipitação / evaporação do mês mais úmido, o índice de CAPOT-REY, ainda mascara a estação estival. Por outro lado, já oferece resultados melhores em relação às classificações que apenas consideram a precipitação e a temperatura. O índice mencionado é calculado segundo a expressão:

$$I = \frac{200 P}{E} + \frac{2p}{e}$$

I = Índice de Capot-Rey

P = Precipitação anual (mm)

E = Evaporação anual (mm)

p = Precipitação do mês mais úmido (mm)

e = Evaporação do mês mais úmido (%)

Foi possível calcular o índice apenas para a

região de Montes Claros uma vez que em outras estações não existem dados suficientes. Para Montes Claros obteve-se um índice de  $I = 50,71$  que representa um clima de transição se mi-úmido à faixa úmida II da classificação climática de CAPOT-REY, conforme indicamos adiante:

INDICE	C L I M A
>120	Faixa Superúmida
120 - 70	Faixa Úmida I
70 - 50	Faixa Úmida II
50 - 40	Faixa de Transição Semi-úmida
40 - 30	Faixa de Sertão Sub-úmida
30 - 20	Faixa de Sertão Hipoxerófito
< 20	Faixa de Sertão Hiperxerófito

#### 4.2.7.3 Índice de Birot

Os índices estabelecidos para uma classificação climática não têm esclarecido de modo satisfatório a maneira à qual as chuvas se distribuem no decorrer do ano. Tentando corrigir este aspecto, avaliando a intensidade do período estival, BIROT estabeleceu o seguinte índice:

$$I_m = \frac{P \times I}{T}$$

$I_m$  = Índice Mensal

$P$  = Precipitação mensal (mm)

$I$  = Número de dias de chuva no mês

$T$  = Temperatura média em °C no mês

Definiu BIROT um esboço climático para o Nordes



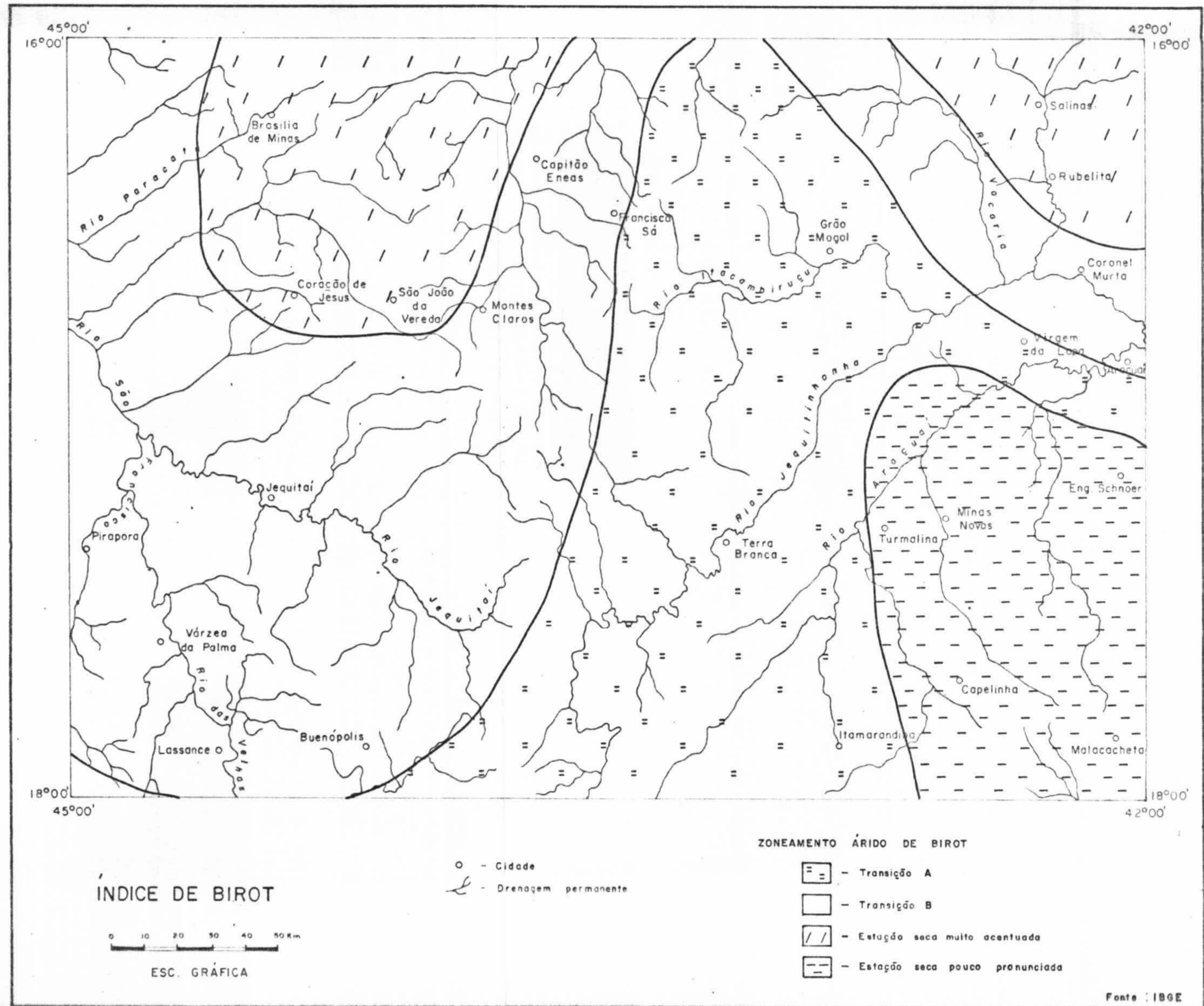


FIG. 4.17



te e parte da região Sudeste. No âmbito da folha 33 (fig. 4.17) ocorrem segundo esta classificação os tipos climáticos de Estação Seca muito acentuada, Estação Seca pouco pronunciada, Transição A e Transição B.

#### 4.2.7.4 Módulos de Aridez de Becker

Ratificando os valores médios anuais (Índices de LANG e CAPOT-REY) com a intensidade da estação seca (Índice de Birot), BECKER (1968) elaborou um novo mapa representativo dos diversos graus médios de aridez no Nordeste e parte do Sudeste brasileiro. Segundo a citada classificação ocorrem na folha em questão os climas Sertão Subúmido, Semi-úmido e Úmido II. A figura 4.18 representa o esboço climático definido na folha 33.

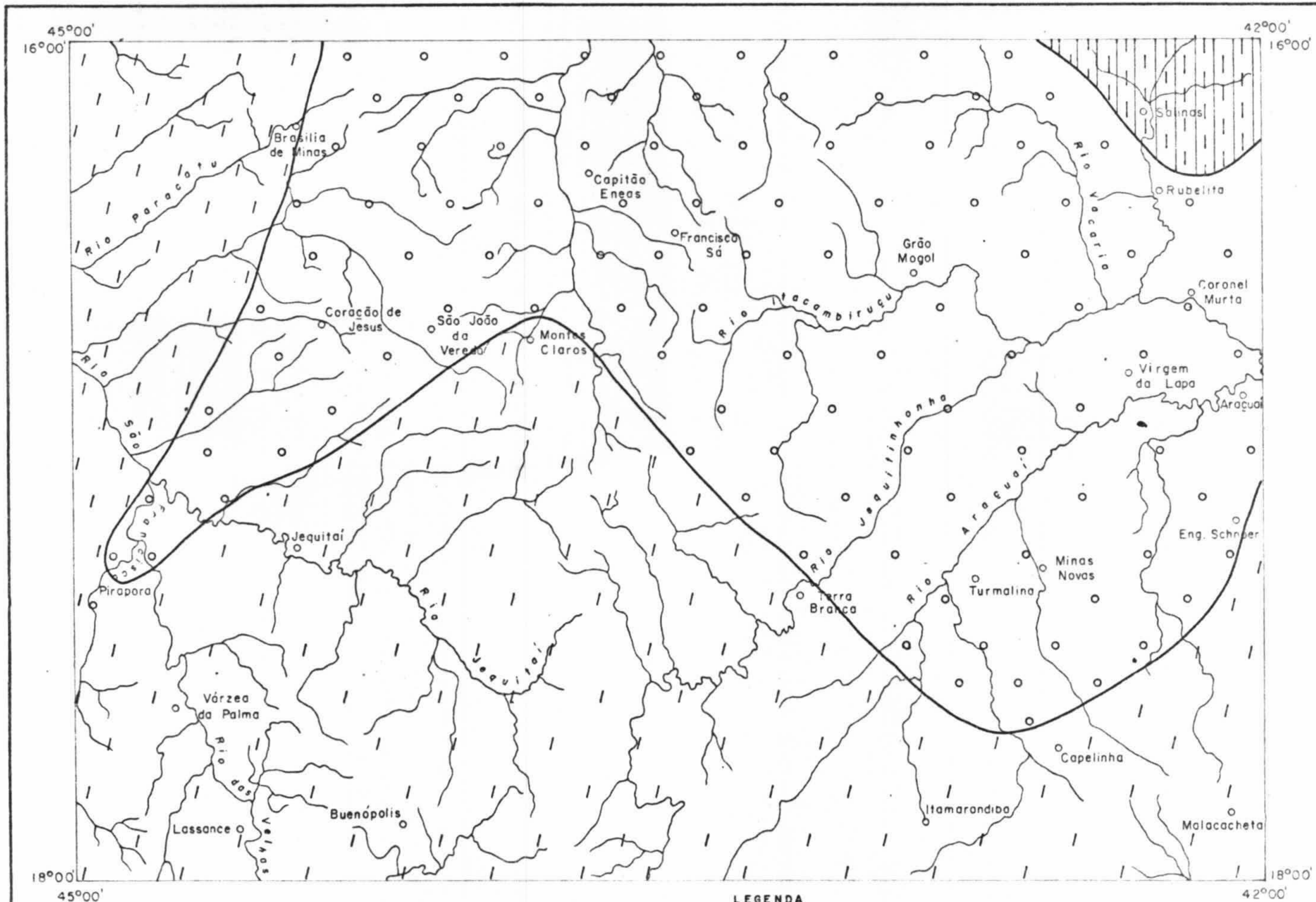
#### 4.2.7.5 Índices de Aridez de De Martone

O índice definido por DE MARTONE se fundamenta na pluviometria anual e temperatura média anual e a sua correspondência com os diversos tipos de aridez é a seguinte:

INDICE	DESCRIÇÃO	ESCOAMENTO
0 - 5	Deserto	Arreismo
5 - 10	Estepe Desértica	Endorreismo
10 - 20	Transição	Temporário
20 - 30	Não precisa irrigação	Exorreismo
30 - 40	Floresta	Permanente
40 - 50	Grande Floresta	Abundante

O índice de aridez de DE MARTONE pode ser calculado através das fórmulas seguintes:





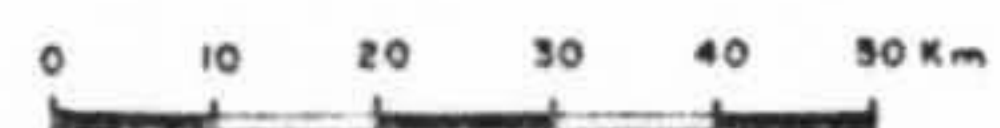
**MÓDULOS DE ARIDEZ**

- - Cidade
- - Drenagem permanente

**LEGENDA**

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

- /// - Úmido II
- - Semi-úmido
- |||| - Sertão Semi-úmido



ESC. GRÁFICA

Fonte : IBGE



$$\text{Índice I} = \frac{P}{T + 10}$$

$$\text{Índice II} = \frac{1}{2} \frac{P}{T + 10} + \frac{12p}{t + 10}$$

P = Pluviometria anual em mm

p = Pluviometria do mês mais seco em mm

T = Temperatura média anual em °C

t = Temperatura do mês mais seco em °C

Se no âmbito da folha for estabelecido o uso do índice I, possuem as regiões de Montes Claros e Araçuaí índices situados entre 20 e 30, correspondendo a condição de não precisar irrigação - exorreísmo - o que contraria os resultados obtidos anteriormente nos balanços hídricos efetuados nas referidas regiões. A região de Itamarandiba cujo índice se situa entre 30 e 40 representa uma vegetação de Floresta com escoamento permanente. Quanto ao escoamento nesta região, de acordo com seu balanço hídrico, já efetuado, ele se comporta como permanente no período de outubro a março.

No que se refere ao índice 2, possuem as regiões de Araçuaí e Montes Claros índices de 12,7 e 15,5, representando um tipo de Transição com escoamento temporário enquanto que a região de Itamarandiba com índice de 20,9 representa o tipo de aridez que não precisa de irrigação, com exorreísmo. Estes aspectos são confirmados no balanço hídrico efetuado anteriormente para cada região citada, se comportando o índice 2 com uma maior precisão em relação ao índice 1.

#### 4.2.7.6 Classificação Climática de GausSEN

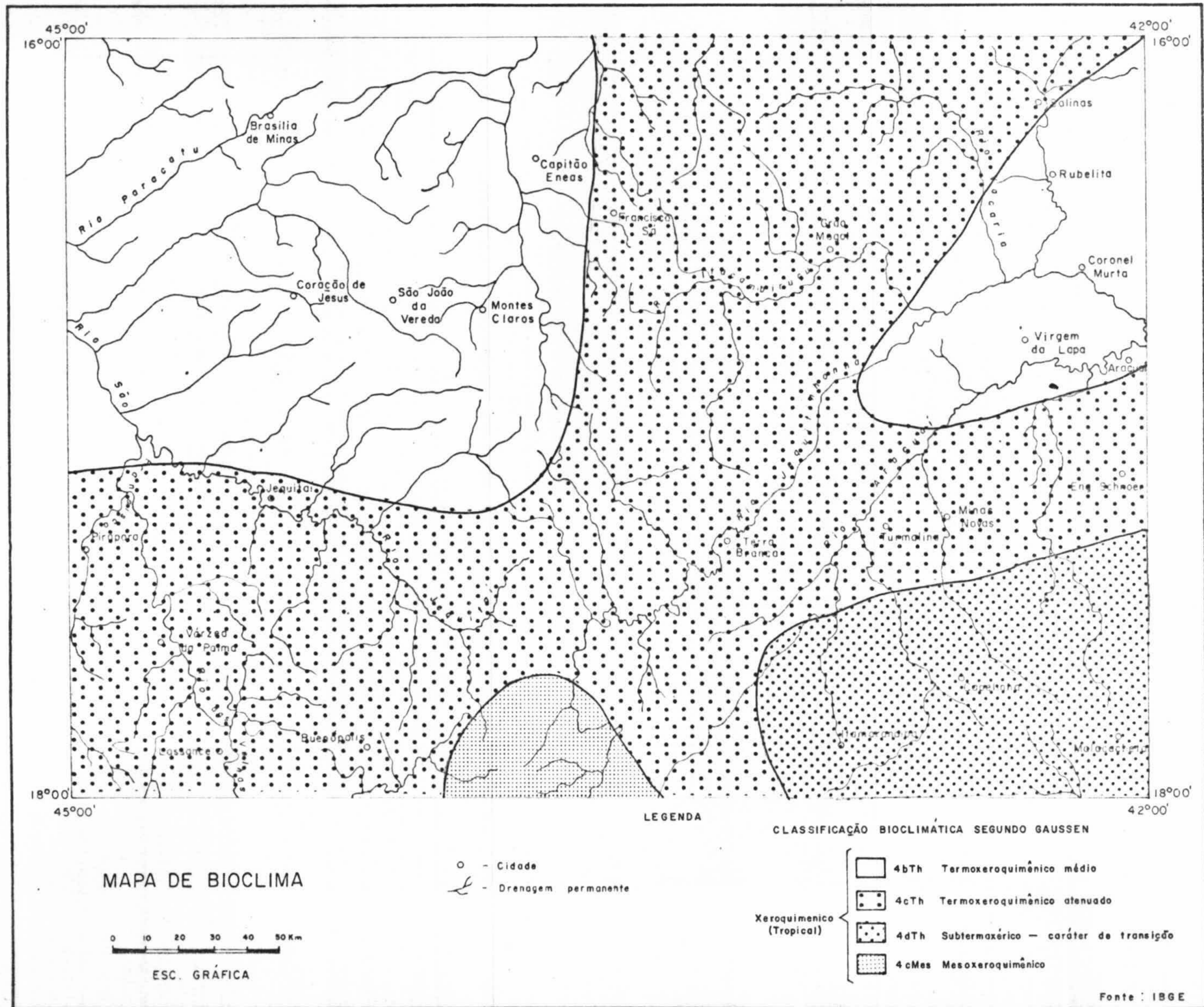
A classificação de GAUSSEN utiliza critérios que fogem àqueles índices calculados para determinadas regiões e baseia-se na utilização de métodos gráficos permitindo definições de delimitações nítidas de grandes regiões dentre as quais modalidades várias que se diferenciam segundo a:

- a - Duração e intensidade do período seco;
- b - Valores de temperatura;
- c - Regime Térmico;
- d - Regime Pluviométrico.

Segundo a classificação climática de GAUSSEN, ocorrem na folha (fig.4.19) os tipos climáticos 4bTh ou Termoxeroquimênico Médio, 4cTh ou Mesoxeroquimênico de Caráter Atenuado, 4dTh ou Subtermoxérico de Caráter de Transição e 4cMes ou Mesoxeroquimênico de Caráter Atenuado. Estes tipos climáticos se caracterizam segundo os seguintes aspectos:

- 4bTh ou Termoxeroquimênico Médio. Temperatura do mês mais frio maior que  $15^{\circ}\text{C}$ , índice xerotérmico entre 100 e 150 e cinco a seis meses secos;
- 4cTh ou Mesoxeroquimênico de Caráter Atenuado. Temperatura do mês mais frio maior que  $15^{\circ}\text{C}$ , índice xerotérmico entre 40 e 100 e 3 a 4 meses secos;
- 4dTh ou Subtermoxérico de Caráter de Transição. Temperatura do mês mais frio maior que  $15^{\circ}\text{C}$ , índice xerotérmico situado entre 0 e 40 e um a dois meses secos;
- 4cMes ou Mesoxeroquimênico de Caráter Atenuado. Temperatura do mês mais frio menor que  $15^{\circ}\text{C}$ , índice xerotérmico entre 40 e 100 e três a quatro meses secos.







No quadro 4.12 indica-se alguns valores de parâmetros climáticos em estações inseridas na folha.

VALORES DE PARÂMETROS CLIMÁTICOS NAS REGIÕES DE ARAÇUAI, SALINAS, MONTES CLAROS, PIRAPORA, GRÃO MOGOL E ITAMARANDIBA.

ESTAÇÕES	ALTITUDE	INDICE XEROT.	MESES SECOS	PRECIPITAÇÃO ANUAL (mm)	TEMPERATURA (°C)		HIDROMETRIA NOS MESES SECOS (%)
					Média do mês mais frio	Média anual	
Araçuai	264	124	4-5-6-7-8-9	830,9	21,0	24,3	70,1
Salinas	915	95	4-5-6-7-8-9	879,9	-	-	-
M. Claros	634	130	4-5-6-7-8-9	1186,4	19,0	19,0	68,7
Pirapora	493	90	5-6-7-8-9	1194,9	19,5	23,2	69,4
G. Mogol	930	95	5-6-7-8-9	1210,4	18,3	21,6	73,0
Itamarandiba	974	36	5-6-7-8-9	1172,9	15,5	19,1	79,2

Quadro 4.12

#### 4.2.7.7 Climas segundo Köppen

Segundo a classificação climática de KÖPPEN registram-se os tipos climáticos Aw, Cwa e Cwb. O clima Aw, predominante, corresponde à aproximadamente 70% da folha em apreço.

O clima Cwa, ocorrendo em aproximadamente 29% da área total da folha, segue em faixa que acompanha a Serra do Espinhaço na direção NNE-SSW e toma ao sul uma direção este no canto sudeste da folha. O clima Cwb ocorre em pequena área ao sul, na região de Inhaí. A fig. 4.20 mostra a distribuição climática entre os paralelos 16° e 18° LS e meridianos 42° e 45° W Gr.

No quadro nº 4.13 tenta-se elaborar uma correlação dos climas de KÖPPEN com aqueles definidos por BIROT, GAUSSEN e BECKER para as principais regiões da folha



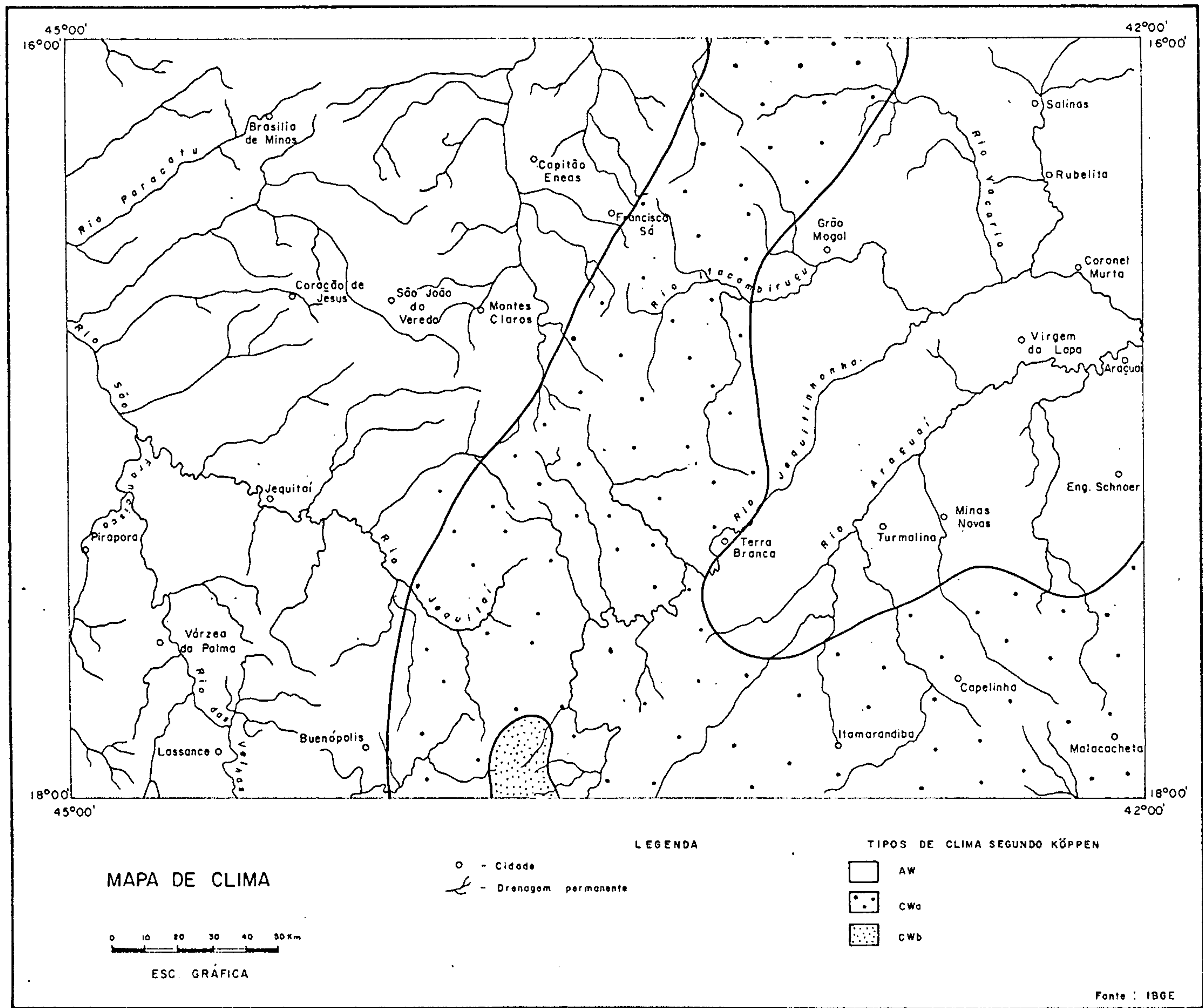


FIG. 420

CORRELAÇÃO CLIMÁTICA PARA  
MUNICÍPIOS SITUADOS NA FO  
LHA BELO HORIZONTE - NE -

Classificação Municípios	KÖPPEN	P. BIROT	GAUSSEN	BECKER	
Salinas, Rubelita, C. Murta, Mirabela, Coração de Jesus, Brasília de Minas.	Aw	Estação seca muito acentuada Estação seca muito acentuada/trans, B	Salinas Rubelita B.de Minas C.de Jesus Cel. Murta	4bTh - Rubelita, C. Murta, Mirabela, C.de Jesus, B.de Minas 4cTh - Salinas	Sertão Subúmido - Salinas Sertão Subúmido/ Semiúmido - Rubelita Semiúmido - C. Murta Mirabela C.de Jesus Úmido II/Semiúmido - Brasília de Minas
Montes Claros, Pirapora, Jequitai, Várzea da Palma e Lassance.	Aw	Transição B Transição B/Esta - ção seca muito acentuada	Pirapora Jequitai V. da Palma Lassance Montes Claros	4bTh - Montes Claros 4cTh - Pirapora, Jequitai, Várzea da Palma, Lassance	Úmido II/Semiúmido Úmido II
Araçuaí, Virgem da Lapa e Francisco Sá.	Aw	Transição B/A		4cTh/4bth - Francisco Sá 4bTh - Araçuaí e Virgem da Lapa	Semiúmido
Minas Novas	Aw/Cwa	Estação seca pouco pronunciada		4cTh/4dTh	Semiúmido/Úmido II
Buenópolis, Grão Mogol e Carbonita	Cwa/Aw	Transição B/A - Buenópolis Transição A - G. Mogol e Carbonita.		4cTh	Úmido II - Buenópolis e Carbonita Semiúmido - Grão Mogol
Itacambira, Malacacheta e Capelinha.	Cwa	Transição A - Itacambira Estação seca - Malacacheta e Capelinha pouco pronunciada		4cTh 4dTh	Semiúmido/Úmido II Úmido II
Itamarandiba	Cwa	Transição A		4dTh	Úmido II

### 4.3 Hidrologia de Superfície

Dois principais sistemas de drenagem ocorrem no âmbito da folha. O rio São Francisco se comporta como principal coletor das águas a oeste e o rio Jequitinhonha como receptor das águas de superfície a leste. O prolongamento da serra do Espinhaço para norte do paralelo  $18^{\circ}$  de latitude sul possui, na área, uma posição geográfica de divisor de águas entre as bacias dos rios São Francisco e Jequitinhonha (fig.4.21).

#### 4.3.1 Bacia do rio São Francisco

A bacia do rio São Francisco atinge uma área total de  $490.770 \text{ km}^2$  com nascentes na serra da Canastra. Escoa percorrendo os estados de Minas Gerais e Bahia com direções S-N e SW-NE, respectivamente, para em Cabrobó, no estado de Pernambuco, sofrer uma vergência para E-SE permanecendo com esta direção regional até a sua foz no limite entre os estados de Alagoas e Sergipe.

A área da bacia hidrográfica do São Francisco, no âmbito da folha, determinada com planímetros, equivale a  $34.780 \text{ km}^2$  correspondente a pouco menos da metade da área em estudo. Maior parte da bacia pertence ao curso médio do rio e pequena área situada no canto sudoeste insere-se fisiograficamente no Alto São Francisco. Na quadrícula Belo Horizonte-NE a bacia do São Francisco pode ser sub-dividida em 4 sub-bacias principais, conforme indicado a seguir.



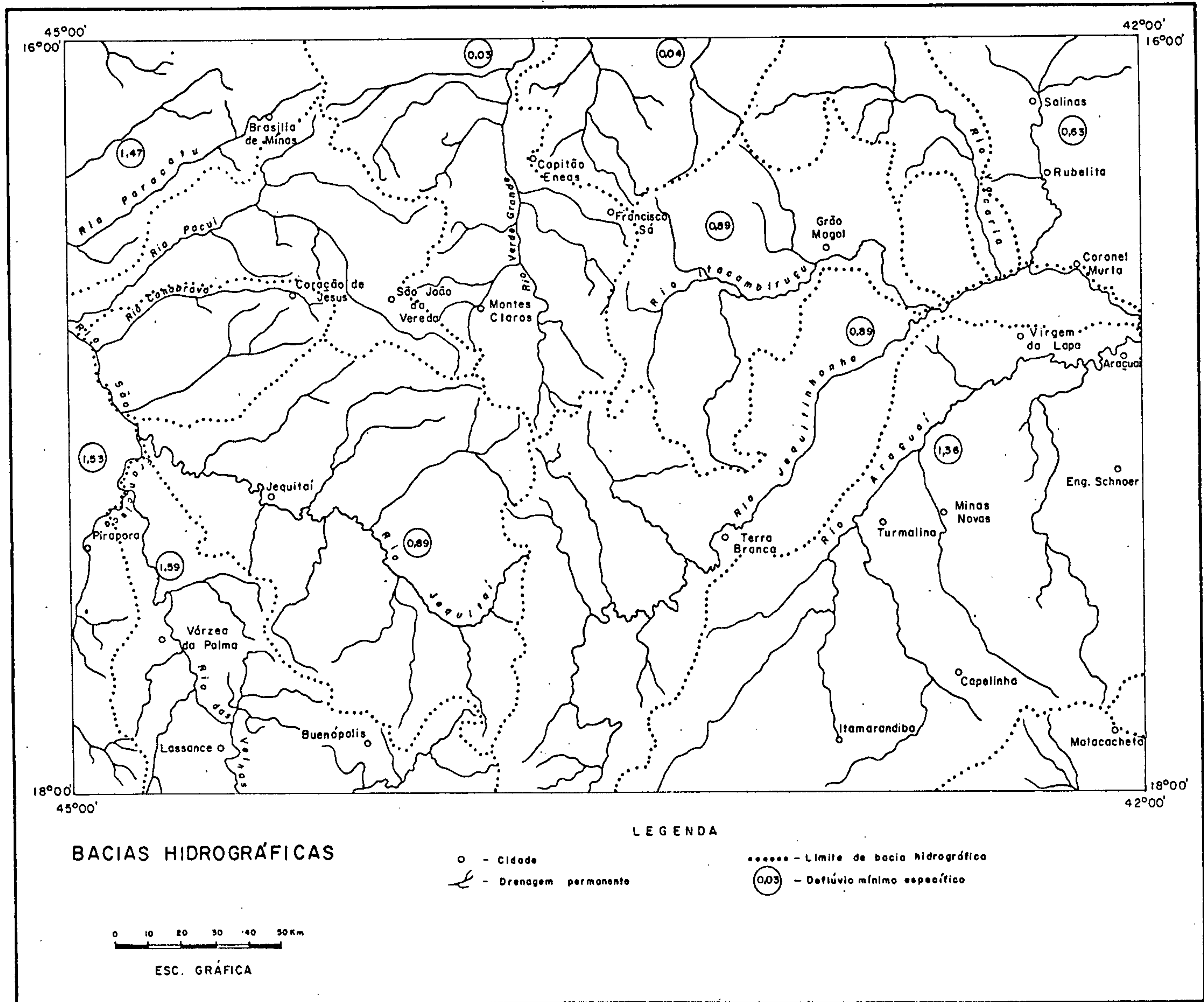


FIG. 4.21

SUB-BACIAS	ÁREA (KM <sup>2</sup> )
Velhas	4.000
Jequitai	9.310
Verde Grande	7.770
Pacui-Paracatu	10.000
e outras	

Na fig.4.21 contendo as bacias hidrográficas , podem ser observadas as sub-bacias e seus respectivos de flúvios específicos mínimos, segundo cálculos obtidos pela Serete.

Os deflúvios mínimos específicos ponderados em l/s.km<sup>2</sup> das bacias de 15 municípios da quadrícula foram calculados pela Serete e estão indicados no quadro 4.14.

Buenópolis, Lassance e Pirapora, seguidos de Brasília de Minas, Ibiai, Jequitai e Ubai são os municípios que apresentam maiores deflúvios específicos mínimos, com valores de 1,59 l/s.km<sup>2</sup> para o primeiro e 1,47 l/s.km<sup>2</sup> para o segundo grupo. Capitão Enéas, Francisco Sá, Juramento, Mirabela, Montes Claros e Riacho dos Machados apresentam o menor valor de deflúvio mínimo específico da ordem de 0,04 l/s.km<sup>2</sup>.



DEFLÚVIOS MÍNIMOS ESPECÍFICOS DAS BACIAS EM 15 MUNICÍPIOS INSERIDOS AO SISTEMA HIDROGRÁFICO DO RIO SÃO FRANCISCO.

MUNICÍPIO	SUB-BACIA	DEFLÚVIO MÍNIMO ESPECÍFICO
Bocaiuva	Verde Grande	0,32
Bras.de Minas	Paracatu	1,47
Buenópolis	Verde Grande	1,59
Capitão Enéas	Verde Grande	0,04
F.Dumont	Jequitaiá	0,32
Francisco Sá	Verde Grande	0,04
Ibiaí	S.Francisco	1,47
Jequitaiá	Jequitaiá	1,47
Juramento	Verde Grande	0,04
Lassance	Velhas	1,59
Mirabela	Verde Grande	0,04
M.Claros	Verde Grande	0,04
Pirapora	S.Francisco	1,59
R. dos Machados	Gorutuba	0,04
Ubaí	Paracatu	1,47

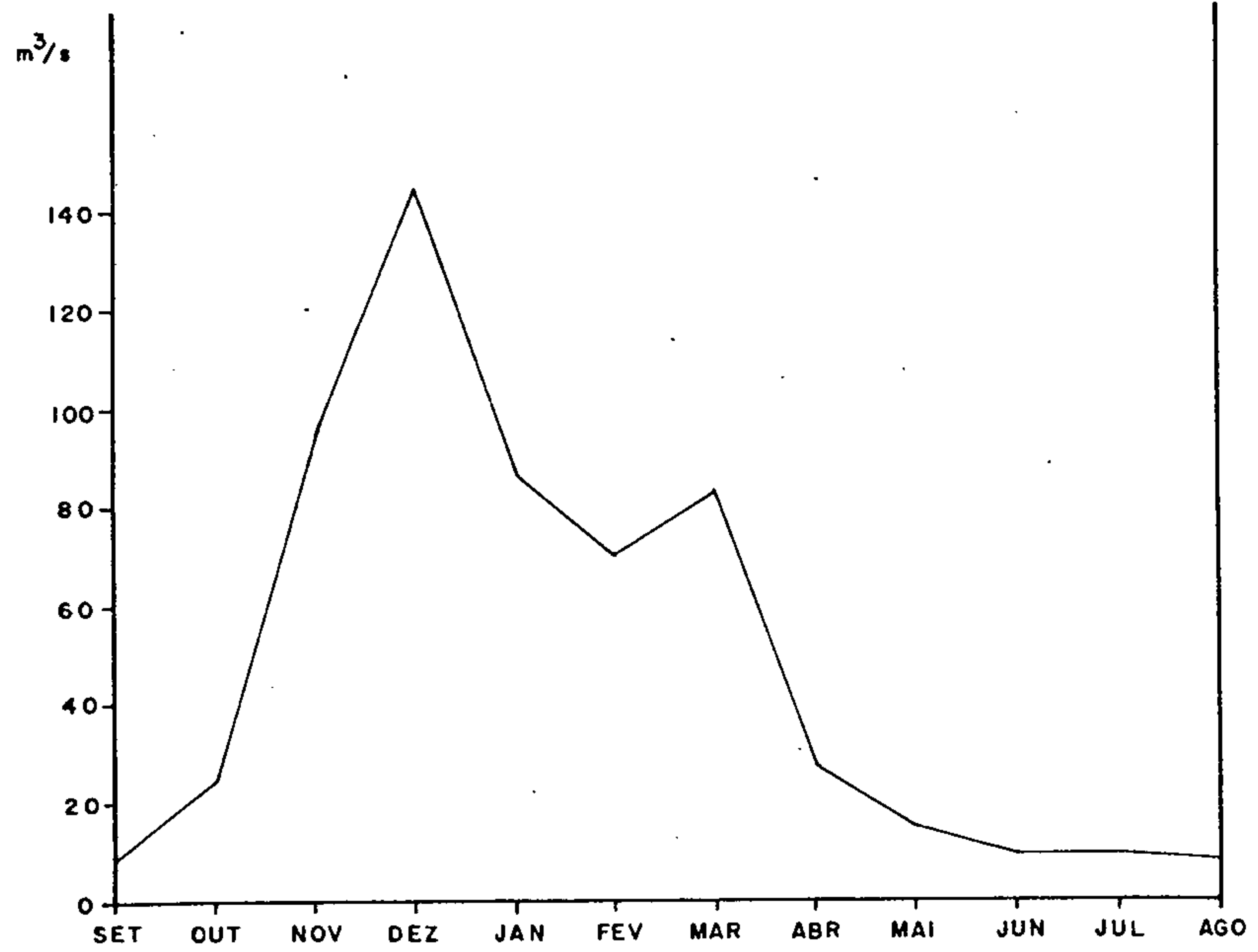
Quadro 4.14

O quadro 4.15 indica valores de descarga obtidos em estações situadas em Pirapora, Várzea da Palma e Jequitaiá, nos rios São Francisco, Velhas e Jequitaiá, respectivamente. Setembro corresponde ao mês de menor descarga e dezembro o mês de maior descarga para os rios São Francisco e Velhas. Segundo resultados de descarga na estação de Jequitaiá, o rio do mesmo nome possui menor descarga em agosto e maior descarga no mês de dezembro. As figu

DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS NA BACIA  
DO RIO SÃO FRANCISCO

ESTAÇÃO	POSTO FLUVIOMÉTRICO E SUB-BACIA	PERÍODO	M E S E S											
			J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
54300000	Pirapora - S. Francisco	1939/1962	2322,70	1562,41	1458,18	1118,16	655,46	455,96	341,50	255,69	237,25	306,00	695,66	1322,89
41990000	V. da Palma - Velhas	1950/1972	426,33	413,85	350,35	226,69	210,29	267,42	82,73	75,52	66,26	121,72	309,19	505,63
42145000	Jequitaí - Jequitaí	1967/1972	87,9	70,5	83,50	26,85	14,49	9,98	9,60	8,16	9,37	24,23	95,42	144,92
44600000	Fonte da Rodagem - Ver de Grande	1971/1972	5,82	1,03	1,90	1,07	0,23	0,36	0,14	0,09	-	1,35	47,1	10,7

### DESCARGA MÉDIA MENSAL



ESTAÇÃO

JEQUITAI

RIO

JEQUITAI

Nº DA ESTAÇÃO

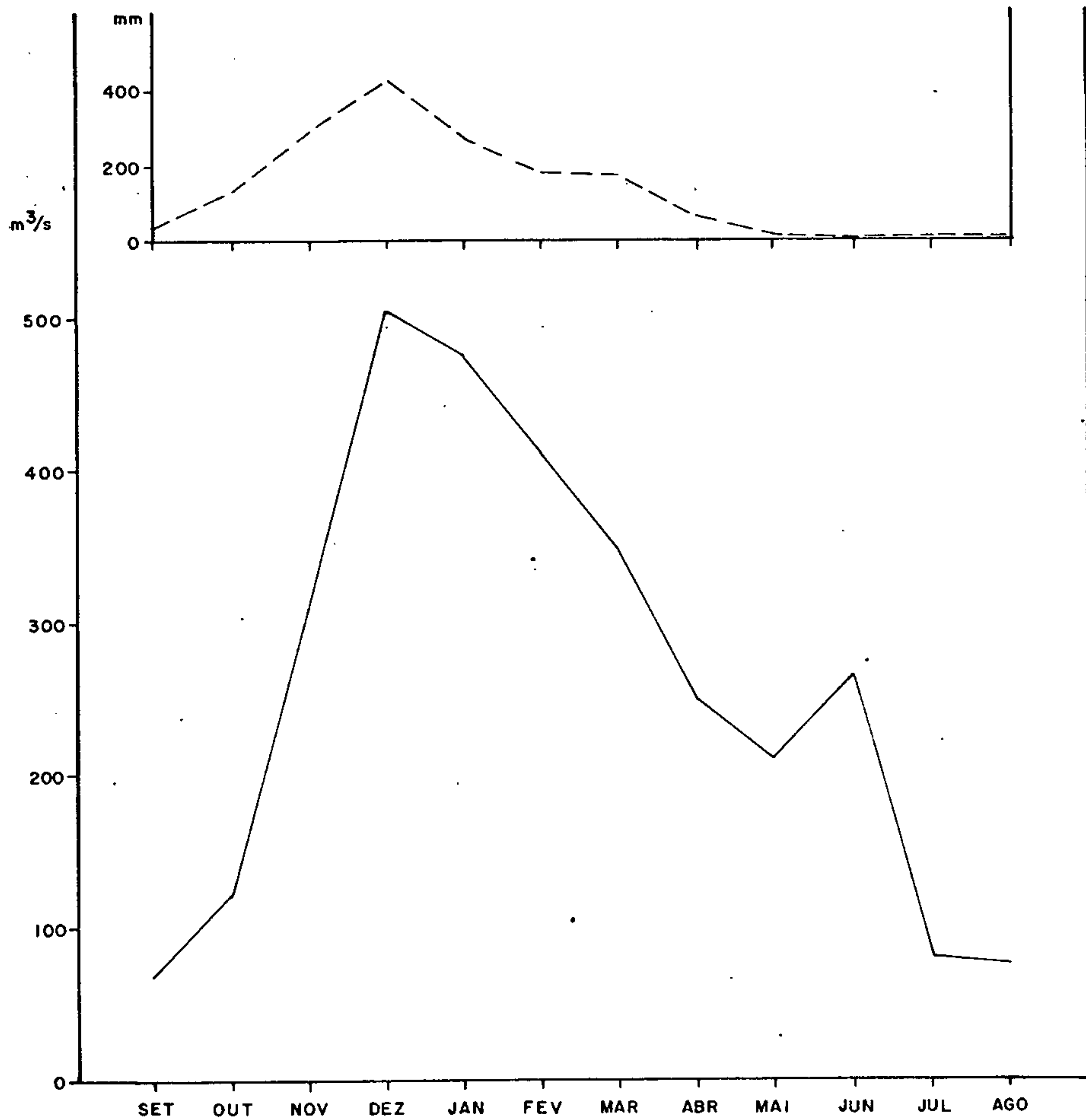
42 145 000

PERÍODO

1967 - 1972

FIG. 4.22

### DESCARGA E PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL

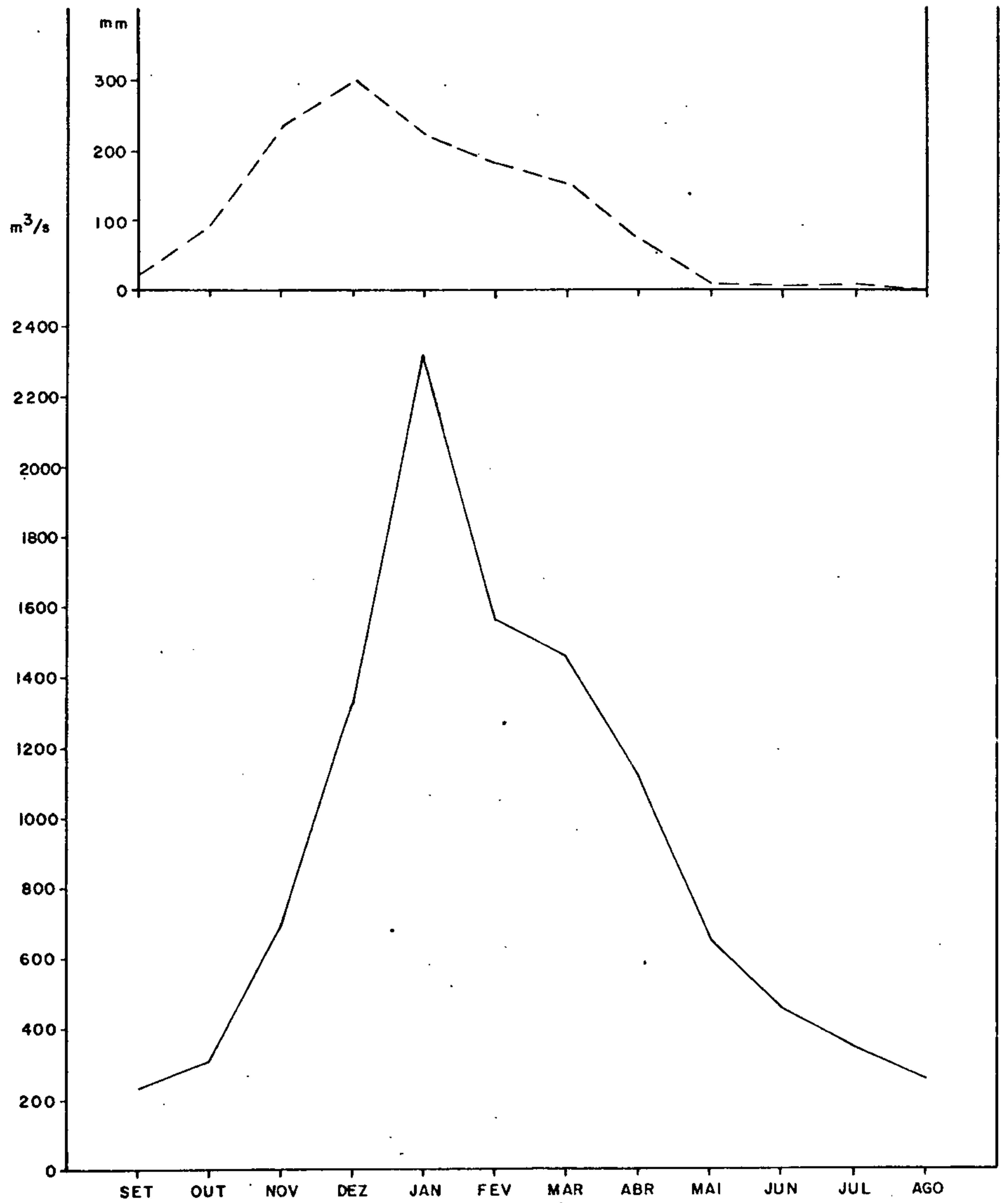


— DESCARGA  
 --- PRECIPITAÇÃO

ESTAÇÃO	RIO	Nº DA ESTAÇÃO	PERÍODO
VÁRZEA DA PALMA	DAS VELHAS	41 990 000	1950 - 1972

FIG. 4.23

DESCARGA E PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL



ESTAÇÃO = PIRAPORA — RIO SÃO FRANCISCO — DNAEE

— DESCARGA

- - - - - PRECIPITAÇÃO

FIG. 4.24



ras 4.22, 4.23 e 4.24 demonstram em gráficos os comportamentos dos deflúvios nas estações retromencionadas. A figura 6.19 representa a Curva de Recessão do rio Jequitaiá, obtida a partir de valores de descargas médias diárias da estação de Jequitaiá no período estival.

Os dados de descargas médias mensais obtidos na estação de Ponte da Rodagem estão indicados no quadro 4.15 e foram aproveitados para a determinação do volume de água cedido pelo sistema cárstico no rio Verde Grande durante o período estival, através da Curva de Recessão, conforme indica a fig. 6.20 inserida ao Capítulo VI.

#### 4.3.2 Bacia do rio Jequitinhonha

Representa um importante manancial de superfície. Com nascentes na serra do Espinhaço entre as cidades de Presidente Kubitschek e Serro, escoia inicialmente em caráter regional para nordeste, ao atingir Coronel Murta sofre uma vergência para Sudeste para, no meridiano  $42^{\circ}$ , tomar direção E-NE rumo ao Estado do Espírito Santo. A bacia hidrográfica do Jequitinhonha possui, no estado de Minas Gerais, uma área de  $65.900 \text{ km}^2$  e corresponde, no âmbito da folha 33, a uma superfície da ordem de  $33.640 \text{ km}^2$ .

Integram a bacia do Jequitinhonha na folha em estudo 04 sub-bacias principais conforme indica o quadro a seguir.

SUB-BACIA	ÁREA (KM <sup>2</sup> )
Vacaria	3.050
Salinas	2.360
Itacambiruçu	5.580
Araçuai	12.810

Na fig. 4.21 observam-se as sub-bacias delimitadas com seus respectivos deflúvios mínimos. O quadro 4.16, adiante, apresenta os deflúvios específicos mínimos em l/s.km<sup>2</sup>, obtidos em cada posto fluviométrico.

#### DEFLÚVIOS ESPECÍFICOS MÍNIMOS

SUB-BACIA	POSTO FLUVIOMÉTRICO	LOCALIZAÇÃO		ÁREA DA BACIA ATÉ O POSTO (KM <sup>2</sup> )	DEFLÚVIO MÍNIMO ESPECÍFICO
		Lat.	Long.		
Araçuai	Araçuai	16°51'	42°04'	15.710	0,53
Jequitinhonha	P.Mandacaru	16°41'	42°30'	16.640	0,81
Jequitinhonha	Terra Branca	17°21'	43°12'	8.210	1,04
Fanado	Minas Novas	17°15'	42°37'	1.270	0,35
Araçuai	Porto Santana	17°18'	42°49'	6.690	1,45
Araçuai	Pega	16°52'	42°18'	10.500	1,84
Araçuai	Berilo	16°57'	42°29'	5.870	-

Quadro 4.16

Os índices de deflúvios mínimos específicos ponderados em  $l/s.km^2$  das bacias dos municípios da quadrícula Belo Horizonte-NE são indicados no quadro 4.17, a seguir.

MUNICÍPIO	SUB-BACIA	DEFLÚVIO ESPECÍFICO MÍNIMO ( $l/s.km^2$ )
Araçuai	Araçuai	0,63
Berilo	Araçuai	1,60
Botumirim	Jequitinhonha	0,89
Capelinha	Araçuai	1,60
Carbonita	Araçuai	1,60
Cristália	Jequitinhonha	0,89
F. Badaró	Araçuai	0,63
Grão Mogol	Itacambiruçu	0,89
Minas Novas	Araçuai	1,60
Rubelita	Salinas	0,63
Salinas	Salinas	0,63
Sen. Modestino Gonçalves	Araçuai	1,60
Virgem da Lapa	Araçuai	1,60

Quadro 4.17

Nos quadros 4.18 e 4.19 estão indicados os resultados conseguidos das descargas anuais com suas máximas e mínimas nas estações de Terra Branca e Coronel Murta, ambas localizadas no rio Jequitinhonha. Em Terra Branca no período de 1952, a 1973 a descarga mínima correspondeu a  $1,6 m^3/s$  verificada no ano de 1956. A máxima, para o mesmo período, atingiu  $1944 m^3/s$  ocorrida no ano de 1964. A média anual varia entre  $54,7 m^3/s$  a  $151 m^3/s$ . Na estação de

DESCARGAS ANUAIS NA BACIA  
DO JEQUITINHONHA

Nome da Estação: Vila Terra Branca - Rio Jequitinhonha					
Número da Estação: 54010000 - DNAEE					
ANO	Média (m <sup>3</sup> /s)	Máxima (m <sup>3</sup> /s)	Mínima (m <sup>3</sup> /s)	Total (Hm <sup>3</sup> )	Total (mm)
1952	127.0	892	25.70	4007.0	493.0
1953	85.8	705	22.0	2707.0	333.0
1954	54.7	563	2.77	1724.0	212.0
1955	78.4	1116	16.00	2472.0	304.0
1956	84.4	994	1.60	2669.0	328.0
1957	151.0	1190	19.10	4759.0	585.0
1958	78.3	736	20.30	2470.0	304.0
1959	75.3	870	8.62	2376.0	292.0
1960	141.0	1452	12.10	4466.0	550.0
1961	90.2	1200	14.50	2845.0	350.0
1962	117.0	1116	15.60	3685.0	453.0
1963	125.0	1530	10.94	3951.5	486.0
1964	133.0	1944	6.28	4218.0	519.0
1965	103.0	583	16.80	3236.0	398.0
1966	77.6	736	18.80	2447.0	301.0
1967	104.3	1014	22.65	3302.5	406.5
1968	131.0	1292	26.50	4158.0	512.0
1969	116.5	1056	21.00	3686.5	453.5
1970	102.0	820	15.50	3215.0	395.0
1971	104.0	1611	12.10	3274.0	403.0
1972	77.7	1177	13.30	2457.0	302.0
1973	98.0	814	11.10	3092.0	380.0

Quadro 4.18

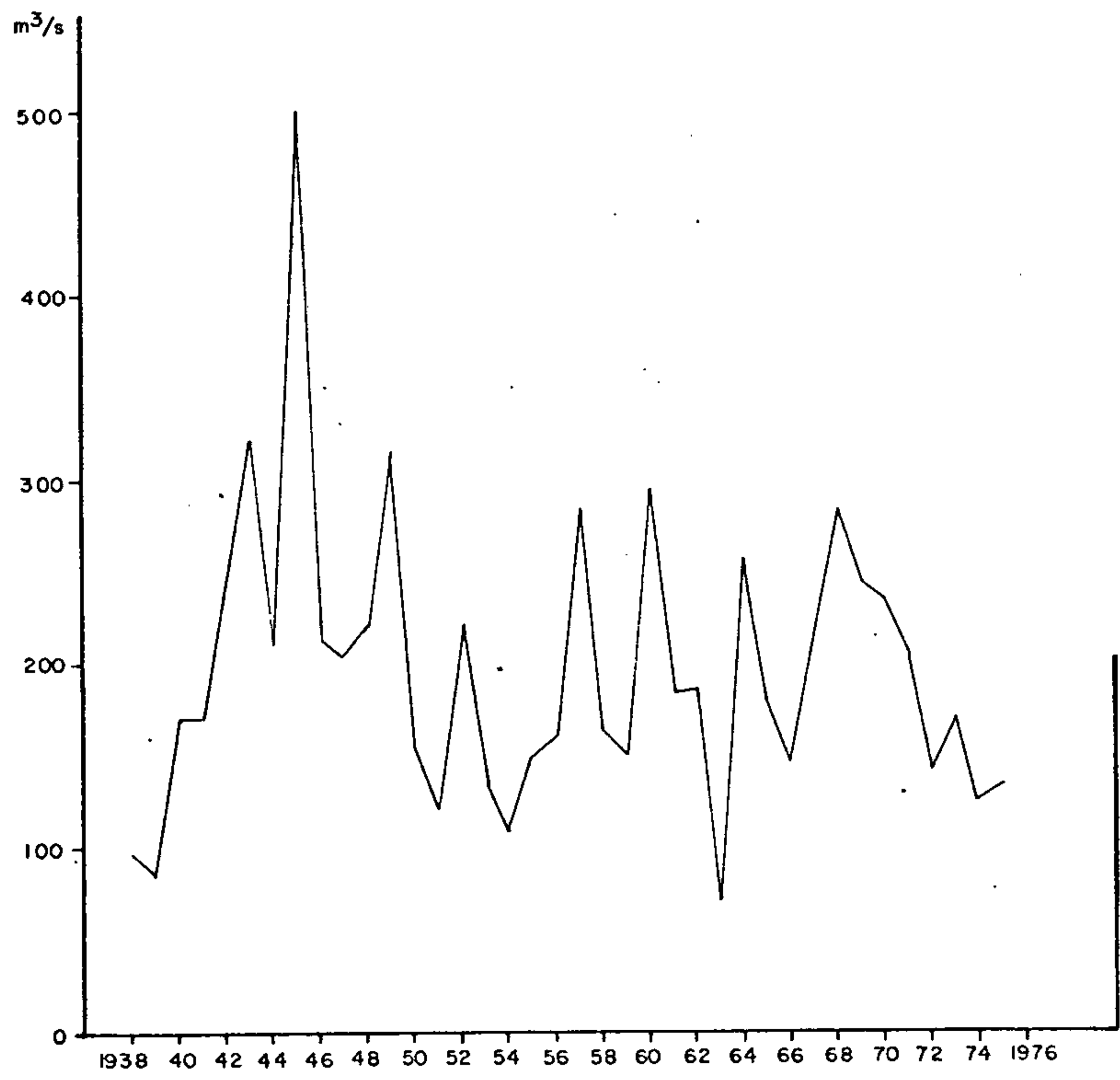
DESCARGAS ANUAIS NA BACIA  
DO JEQUITINHONHA

Nome da Estação: Coronel Murta - Rio Jequitinhonha  
Número da Estação: 54200000 - DNAEE

ANO	Média (m <sup>3</sup> /s)	Máxima(m <sup>3</sup> /s)	Mínima(m <sup>3</sup> /s)	Total (Hm <sup>3</sup> )	Total (mm)
1938	96,8	622	29.0	3051	127
1939	84.8	1566	27.5	2674	111
1940	172.0	1542	24.7	5447	227
1941	170.0	1873	42.7	5371	224
1942	267.0	2835	42.7	8414	351
1943	321.0	4680	53.0	10127	422
1944	208.0	2520	49.2	6577	274
1945	498.0	3771	85.5	15704	655
1946	214.0	1382	59.0	6752	282
1947	203.0	1748	41.0	6414	267
1948	221.0	2520	37.6	6999	292
1949	316.0	2007	59.0	9954	415
1950	155.0	1448	41.8	4889	204
1951	122.0	1528	26.0	3841	160
1952	222.0	1979	29.7	7032	253
1953	135.0	1229	28.2	4255	177
1954	111.0	1710	19.0	3493	146
1955	149.0	2224	18.4	4685	195
1956	159.0	1734	22.1	5030	210
1957	283.0	2036	42.7	8918	372
1958	163.0	1082	46.4	5140	214
1959	151.0	1566	31.2	4753	198
1960	295.0	2395	44.6	9323	389
1961	184.0	1878	33.5	5788	241
1962	186.0	1382	30.5	5871	245
1963	74.1	1338	19.0	2338	97
1964	255.0	3440	34.3	8064	336
1965	178.0	1338	30.5	5628	235
1966	145.0	1435	29.7	4559	190
1967	214.5	1909	39.9	6773	282
1968	284.0	2383	50.1	8987	375
1969	244.0	2810	36.8	7681	320
1970	234.0	2075	41.8	7389	308
1971	203.0	2734	30.5	6401	267
1972	144.0	1796	30.5	4545	190
1973	171.0	1748	28.2	5381	224
1974	126.0	1347	24.0	3963	165
1975	135.0	997	21.5	4250	177



### DESCARGAS ANUAIS



ESTAÇÃO	RIO	Nº DA ESTAÇÃO	PERÍODO
CORONEL MURTA	JEQUITINHONHA	54200000	1938 - 1975

FIG. 4.25

DESCARGAS ANUAIS



ESTAÇÃO	RIO	Nº DA ESTAÇÃO	PERÍODO
VILA TERRA BRANCA	JEQUITINHONHA	54 010 000	1952 - 1973

FIG. 4.26

DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS NA BACIA  
DO JEQUITINHONHA (m<sup>3</sup>/s)

ESTAÇÃO	POSTO PLUVIOMÉTRICO E SUB-BACIA	PERÍODO	M E S E S											
			J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
54500000	Araçuai - Araçuai	1931-1975	188,16	135,77	124,19	90,67	63,20	52,86	47,60	40,97	38,24	56,10	112,77	191,51
54230000	Carbonita - Araçuai	1970-1975	37,72	24,82	25,63	19,24	13,18	11,05	18,27	8,89	8,82	22,12	48,40	40,10
54300000	Minas Novas - Fanado	1935-1975	11,10	8,61	7,76	5,80	3,99	3,43	3,04	2,64	2,53	3,61	8,95	11,08
54480000	Alfredo Graça-Gravatá	1935-1975	7,79	4,86	4,46	3,29	2,24	1,84	1,73	1,53	1,44	2,12	4,42	6,97

### DESCARGA E PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL

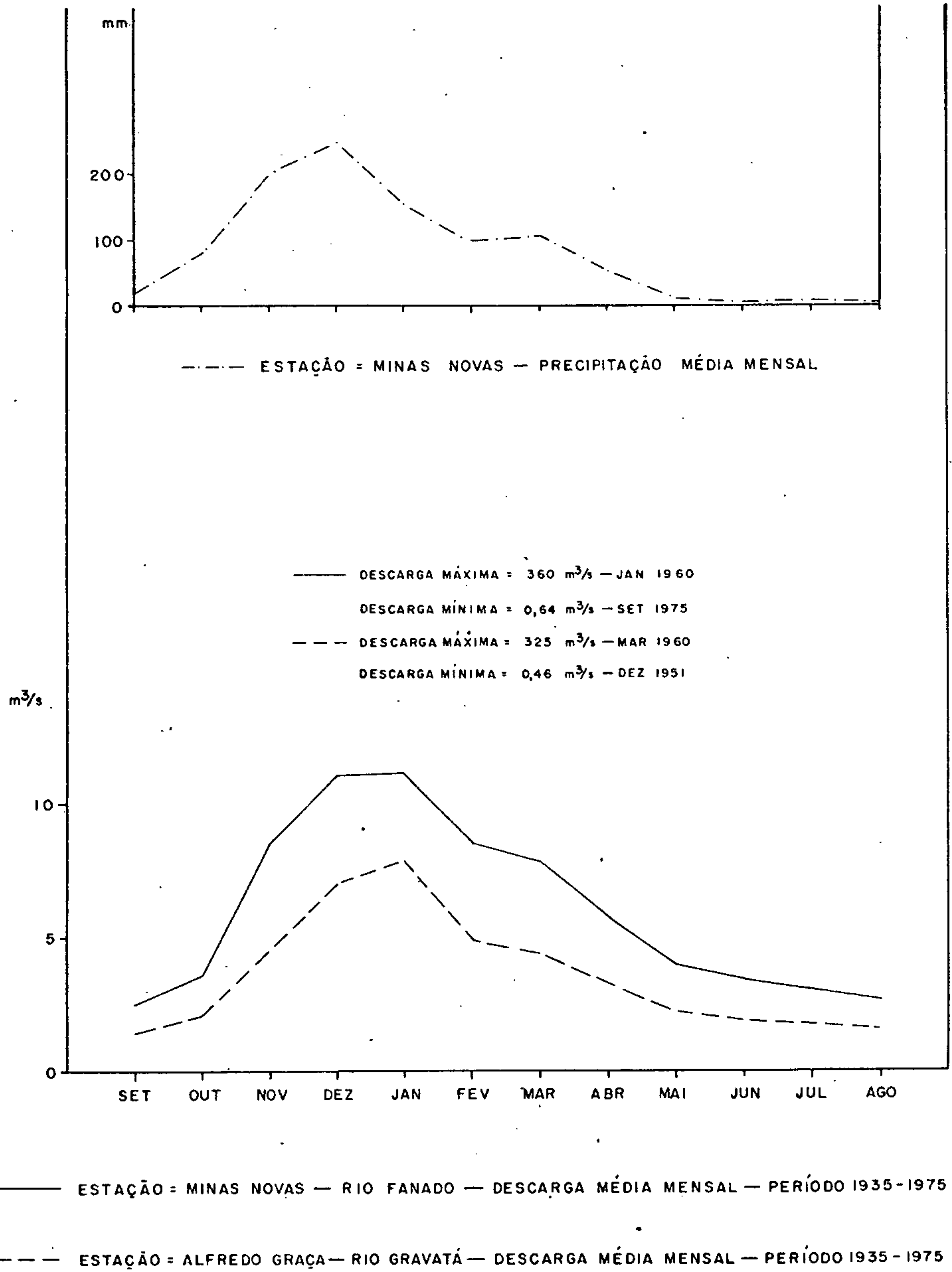
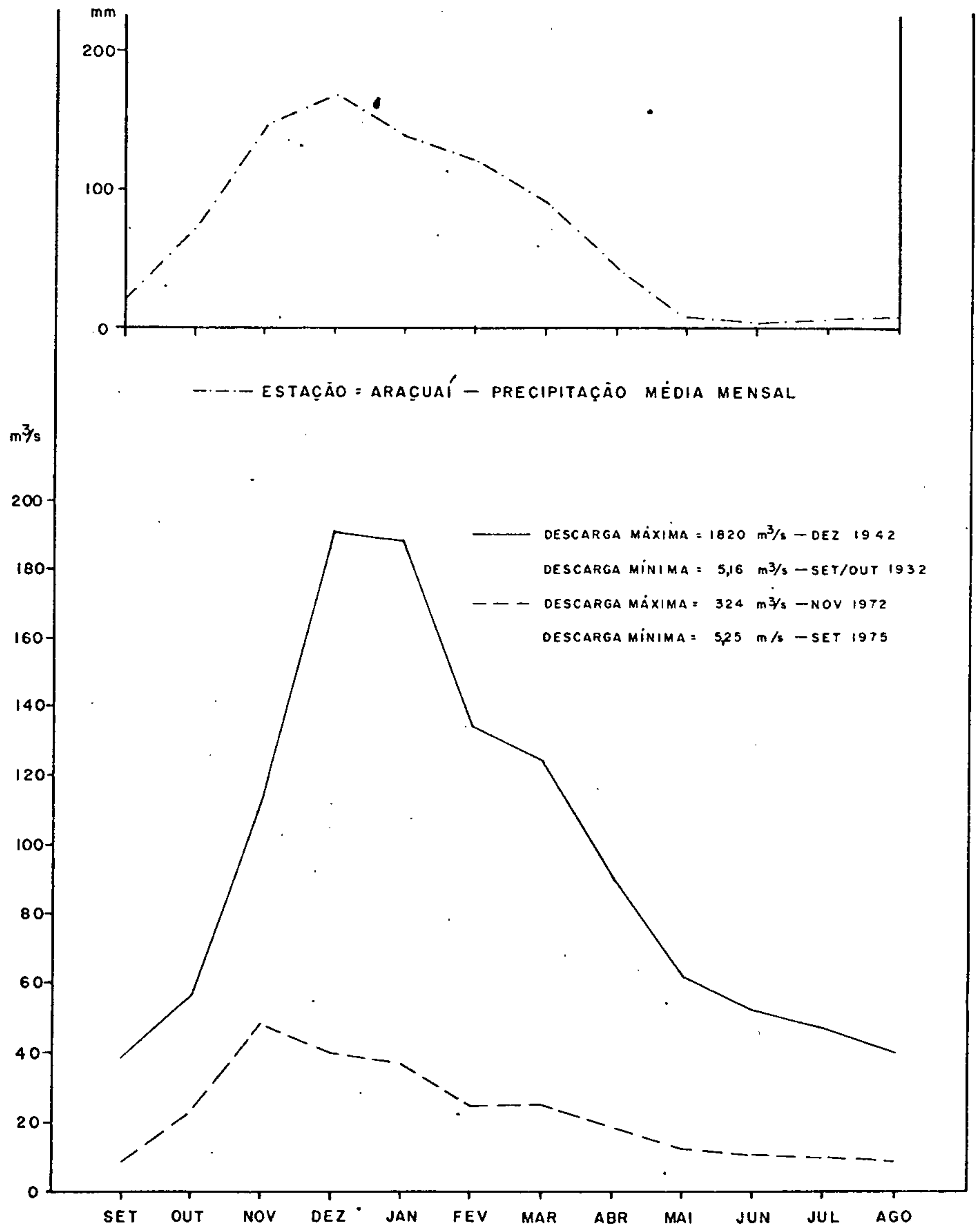


FIG. 4.27

DESCARGA E PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL



— ESTAÇÃO = ARAÇUAÍ — RIO ARAÇUAÍ — DESCARGA MÉDIA MENSAL — PERÍODO 1931-1975

- - - ESTAÇÃO = CARBONITA — RIO ARAÇUAÍ — DESCARGA MÉDIA MENSAL — PERÍODO 1970-1975

FIG. 4.28



Coronel Murta a vazão mínima aconteceu no ano de 1955 e chegou a  $18,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . A máxima descarga de  $4680 \text{ m}^3/\text{s}$  ocorreu no ano de 1943. A média anual varia de  $74,1$  a  $498 \text{ m}^3/\text{s}$ . Os dados da estação de Coronel Murta abrange o período de 1938 a 1975. Os dados referidos anteriormente estão representados através de gráficos nas figs. 4.25 e 4.26. A distribuição das vazões médias mensais em estações situadas nos rios Araçuaí, Fanado e Gravatá, sendo estes dois afluentes do primeiro, estão estampadas no quadro 4.20. As menores descargas verificadas para as quatro estações indicadas nos referidos quadros se registram no mês de setembro e as maiores entre novembro e janeiro.

Os valores de descarga de algumas estações situadas no rio Jequitinhonha, Araçuaí e dois de seus afluentes, Fanado e Gravatá, estão apresentados em gráficos nas figs. 4.27 e 4.28.

#### 4.4 Solos e Vegetação

Segundo a carga pedológica regional para o Sudeste do Brasil, definida pelo IBGE, registram-se na folha 33 quatro principais tipos de associação de solos cujas características trataremos a seguir.

- a - Associação de solos relacionada com os Cerrados do Brasil Central e Sudeste.

Representa aproximadamente 75% dos solos da folha. Constituem-se principalmente de Latossolo Vermelho Escuro e Latossolo Vermelho Amarelo, possuindo ambos textura argilosa e granulometria média.

- b - Associação de Solos correlacionada com rochas

do Pré-Espinhaço e Super Grupo Espinhaço

Corresponde a uma faixa que ocorre de Norte a Sul da região da serra do Espinhaço, com predominância de Litossolos e afloramentos em sua maior parte de rochas quartzíticas.

- c - Associação de Solos correlacionada à Floresta Tropical Leste.

Este agrupamento de solos aparece no canto su deste da folha e se acha representado por Latossolo Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo, ambos de textura com predominância de microclástica argila.

- d - Associação de Solos correlacionada com a Caatinga.

Nessa associação prevalece o tipo Mediterrâneo Vermelho-Amarelo que se apresenta moderadamente raso, su bordinado a forte intemperismo físico. Estes solos são o riundos de rochas xistosas e gnaisses-graníticos do Pré-Es pinhaço. Os xistos originam geralmente solos avermelhados, com predominância de textura argilosa, enquanto as rochas gnaisses-graníticas originam solos ácidos de cor clara, me nos férteis e de textura variada.

O revestimento florístico se constitui de qua tro principais formações conforme mapeamento de vegetação elaborado pelo IBGE e que na folha 33 corresponde aos ti pos de vegetação indicados na fig. 4.29 os quais serão des critos adiante.

- a - Cerrado

Tipo de vegetação predominante no âmbito da fo lha. Ocorre em quase toda a bacia do rio São Francisco com



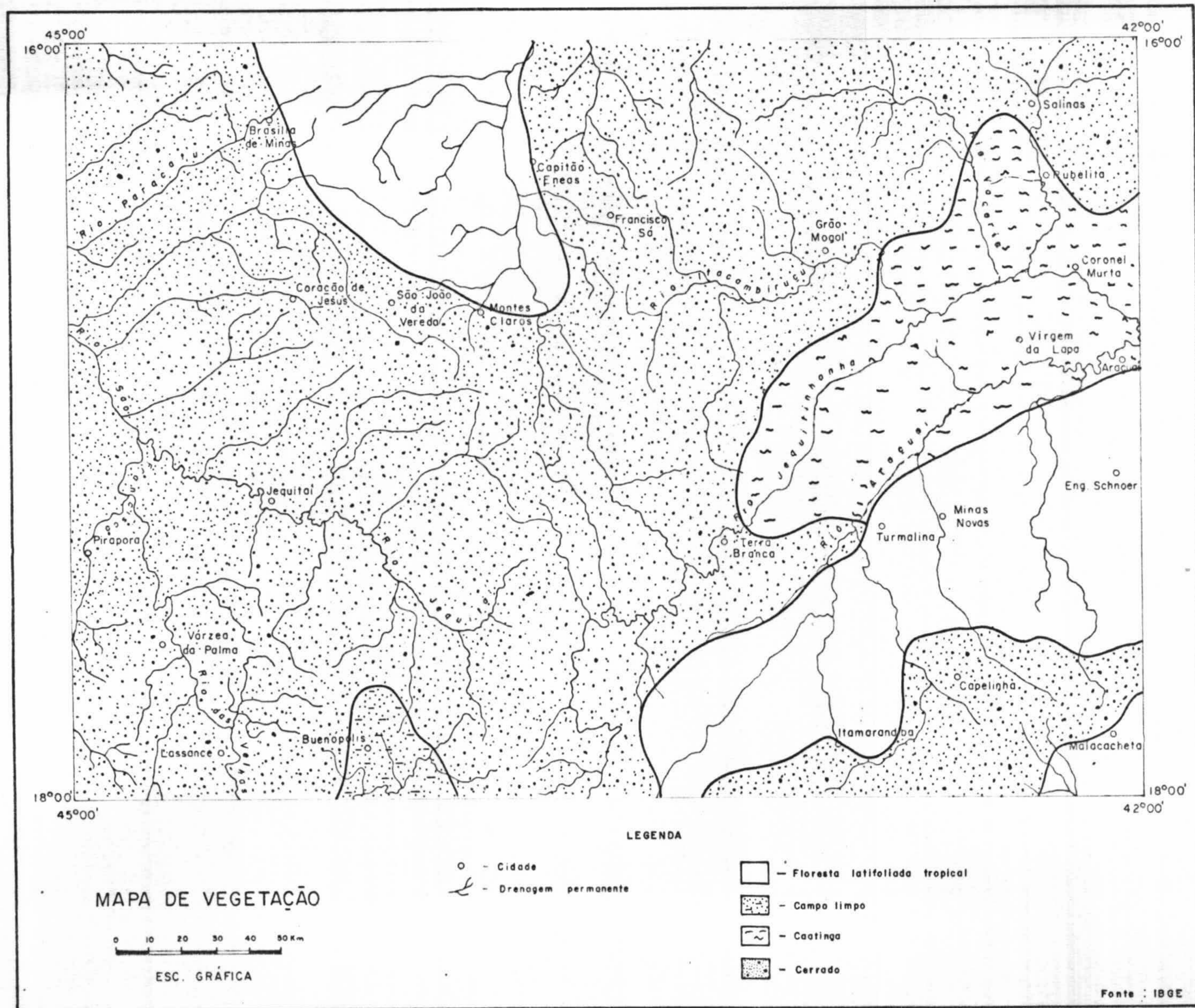


FIG. 4.29



exceção de áreas do Médio-Alto Verde Grande, ao norte de Montes Claros e do Alto Curimataí, na região de Buenópolis. Na bacia do Jequitinhonha o Cerrado se identifica no Médio Alto Jequitinhonha em região a montante de Terra Branca, no Alto-Médio Itacambirucu, Alto Vacaria e Salinas e na região de Capelinha.

b - Floresta Latifoliada Tropical

Esta vegetação ocorre na bacia do rio Verde Grande, ao norte de Montes Claros e municípios de Miravita, Santa Rosa de Lima, S. Pedro da Garça, Mirabela e Patiss. Na bacia do Jequitinhonha a Floresta Latifoliada Tropical se identifica em áreas do Alto Araçuaí e regiões de Turmalina, Minas Novas, Engenheiro Schnoer e sul de Malacacheta.

c - Caatinga

Vegetação típica de clima caracterizado por uma distribuição irregular das chuvas durante o ano, possuindo de 5 a 6 meses secos. Restringe-se a áreas do Médio Jequitinhonha e Médio-Baixo Araçuaí em faixa que se inicia a 10 km ao Norte de Terra Branca e continua se alargando rumo Nordeste para além do meridiano de  $42^{\circ}$  de longitude oeste.

d - Campo Limpo

Ocorre em pequena área no alto curso do rio Curimataí, na região de Buenópolis.

#### 4.5 Morfologia

O escalonamento de várias superfícies de aplainamento facilmente identificáveis no planalto mineiro, desde cedo chamou a atenção dos geomorfólogos para o problema.



da sucessão dos níveis de erosão, que seriam responsáveis pelas evoluções do relevo no planalto brasileiro. Após as primeiras observações feitas por DE MARTONE (1944), King (1956) resumiu o estudo no seu trabalho sobre a geomorfologia do Brasil Oriental, determinando uma série de superfícies cíclicas, a partir do planalto para o litoral. BRAUN (1970) fez um resumo e correção de trabalhos existentes, mostrando que os vestígios dos ciclos anteriores ao Sul Americano são de expressão muito reduzida e que foi a partir das superfícies deste ciclo que todo o relevo do Brasil foi esculpido. Na serra do Espinhaço os níveis mais vastos identificados pertencem ao ciclo Sul Americano. Tanto no Espinhaço como no planalto sul mineiro a superfície Sul Americana apresenta-se em altitudes locais. No planalto de Montes Claros a altitude é da ordem de 1.060 m.

O ciclo Velhas, de atuação no pleistoceno, foi responsável pelos níveis dentro da depressão do São Francisco, escalonando-a regionalmente de Sul a Norte. Tem-se assim a superfície de Belo Horizonte de 750-700 metros, um nível intermediário de 650-600 metros e o extenso nível de Pirapora de 450-400. O ciclo Velhas rebaixou as rochas do Bambuí cortando-as em pedimentos rochosos em direção à calha do São Francisco. Estes pedimentos foram depois recobertos por espessa camada de material detrítico, sobretudo nas baixadas dos rios das Velhas, São Francisco, Paracatu e Urucuia sendo este de bacia de drenagem situada fora da folha.

Morfologicamente a região da folha 33 apresenta grandes unidades de relevo que correspondem às suas principais unidades estruturais cujas características descreve-se a seguir.

#### 4.5.1 Pré-Espinhaço

Morfologicamente as rochas do Pré-Espinhaço se caracterizam por relevos ondulados e fortemente acidentados formadores de um sistema de drenagem dendrítico que passa a dendrítico retangular quando recebe influência do arcabouço estrutural. Nas áreas de ocorrências de xistos, os vales são mais escavados e mais abertos devido a sua menor resistência à erosão e sua drenagem é predominantemente dendrítica. Nas regiões onde ocorrem as rochas gnaisse graníticas os vales são de menor abertura e a drenagem pode passar de dendrítico a dendrítico retangular. Os tipos de vegetação principais são Cerrado, Floresta Latifoliada Tropical e Caatinga.

#### 4.5.2 Serra do Espinhaço

Corresponde aos relevos que fisiograficamente se comportam como divisor de águas residuais entre as bacias do São Francisco e Jequitinhonha. As cristas dos espigões são esculpidas em rochas metassedimentares, notadamente quartzitos e filitos, apresentando estruturas orientadas para Norte contrastando com as direções SW-NE e W-E, predominantes nas rochas do Pré-Espinhaço. O Espinhaço possui morfologia complexa em consequência dos falhamentos e dobramentos que afetaram os seus ciclos. As cristas elevadas foram esculpidas em quartzitos e os vales e cristas secundárias nos filitos.

No grupo Macaúbas, observam-se abruptas diferenças de níveis, devido a horizontes possuindo uma menor resistência à erosão. Nestas áreas a paisagem apresen

ta colinas com vales geralmente encaixados em fraturas e desenvolvimento de gargantas e canyons. É caracterizada ainda pela formação de amplas aluviões no vale do Jequitinho e pelas chapadas que formam suas superfícies aplainadas e profundamente intemperizadas. Nas zonas onde as rochas desse grupo são arenosas e conglomeráticas, a paisagem é de chapadas pediplanizadas com declives suaves, padrão de drenagem dendrítico que se modela às vezes segundo os sistemas de fraturas.

#### 4.5.3 Depressão do São Francisco

Dominando a porção ocidental da folha, apresenta-se em forma alongada de direção N-NE. É constituída principalmente por rochas do Grupo Bambuí que, em algumas áreas acham-se recobertas por formações cretácicas ou coberturas do terciário-quaternário indiferenciadas. No Grupo Bambuí o relevo se define segundo a fácies predominante. Na fácies siltito-argilosa o relevo é caracterizado por colinas de baixa altitude com vales abertos. Na fácies siltyco-arenosa o relevo é mais movimentado, ostentando interflúvios alongados com espigões e algumas serras. Esta fácies se faz representar apenas em pequena área que constitui a sinclinal de Buenópolis. Ao sul-sudoeste, ultrapassado o nível normal do relevo eleva-se a serra do Cabral (1.200 m) que se constitui de rochas mais resistentes que as do Grupo Bambuí e representa relevo diferencial dentro da depressão. Margeando a serra do Espinhaço, ao longo dos rios das Velhas e Jequitai, a fácies argilo-carbonática apresenta diferentes padrões de relevo condicionados à predominância de material pelítico sobre o carbonático ou vice-versa. Onde predomina o pelítico, o relevo apresenta ondu

lações suaves com uma drenagem dendrítica bastante abundante. As zonas de predominância carbonática apresentam cristas monoclinais alinhadas, orientando o relevo em uma direção geral NNE-SSW, refletido a estrutura, como acontece na serra dos Fonseca. Onde se intercalam corpos calcários e existem pequenas cristas de formas bizarras, lembrando torrões e pináculos. O padrão de drenagem é dendrítico, controlado parcialmente pela estrutura, com densidade média a elevada de cursos d'água, podendo apresentar variações locais nas zonas cársticas. Quando há predominância do material carbonático com morros de vertentes abruptas talhada em rocha nua, são frequentes lagoas, dolinas, sumidouros e grutas.

#### 4.5.4 Superfícies Aplainadas do Cretáceo e Cobertura do Terciário-Quaternário

Estas áreas correspondem às formações do Cretáceo e às coberturas Terciário-Quaternárias detríticas possuindo ou não laterização.

As unidades cretácicas jazem sobre o Grupo Bambuí e possui uma vegetação típica de Cerrado com matas galerias ao longo dos cursos d'água. Em áreas onde ocorrem níveis silicificados apresentam vales apertados em canyons ou colinas tabuliformes. Em faixa de textura argilosa com cor avermelhada, identificam-se processos de laterização.

As coberturas detríticas do Terciário-Quaternário ocorrem em posição sobreposta ao Grupo Bambuí, Grupo Macaúbas, Super Grupo Espinhaço, podendo apresentar ou não processos de laterização. Propicia a formação de relevo de



baixas declividades com sistema de drenagem possuindo padrão dendrítico.

#### 4.6 Aspectos Sócio-Econômicos

Iniciado com a colonização portuguesa no Brasil, o povoamento da Região Sudeste desenvolveu-se segundo os diversos ciclos da história da economia brasileira. De uma ocupação litorânea com base na atividade agrícola, partiu-se para uma investida para o interior apoiada na mineração e pecuária, com solução de continuidade espacial. A expansão do povoamento do interior de Minas Gerais está intimamente ligada ao Ciclo da Mineração do Ouro e Diamante que teve seu auge no século XVIII. A ocupação inicial foi principalmente urbana, desenvolvendo-se à medida que novas jazidas iam sendo descobertas. No início do século XVIII há uma intensificação da atividade agro-pastoril. A agricultura do café foi bem sucedida apenas nas regiões mais frias do Estado, especialmente o sul. O vale do São Francisco constituiu-se em grandes centros pecuários, com reflexos no norte de Minas Gerais, principalmente na região de Montes Claros. Com a decadência da mineração do Ouro e Diamante na segunda metade do século XIX, a agro-pecuária, seguida da agricultura, passa a ser o principal fator de expansão humana até os dias atuais. Em consequência dessas atividades, atualmente, já se esboça um suporte industrial no norte mineiro, principalmente em Montes Claros e Pirapora, cidades com populações de 81.572 e 18.990 habitantes, respectivamente, seguindo-se Salinas, Bocaiuva, Várzea da Palma, Francisco Sá e Malacacheta, com populações situadas entre 4.614 e 8.221 habitantes.

No âmbito da folha 33, aproximadamente 60% de

sua área insere-se na região mineira do Polígono das Secas, beneficiada por incentivos fiscais do Governo Federal através da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste Sudene.

A estrutura de transporte na área, no que se refere às ferrovias, restringe-se a Estrada de Ferro Central do Brasil, que a põe em contato com Belo Horizonte, via Corinto, e com o Nordeste através de Monte Azul. Vale ressaltar que Corinto interliga-se por ramal ferroviário com a cidade de Pirapora.

No sistema rodoviário destacam-se as rodovias BR-135, interligando Belo Horizonte-Bocaiuva-Montes Claros, BR-251 (MG-51), conectando Montes Claros com a rodovia BR-116, BR-365 (MG-51), ligando por asfalto Montes Claros a Pirapora e ao oeste de Minas Gerais.

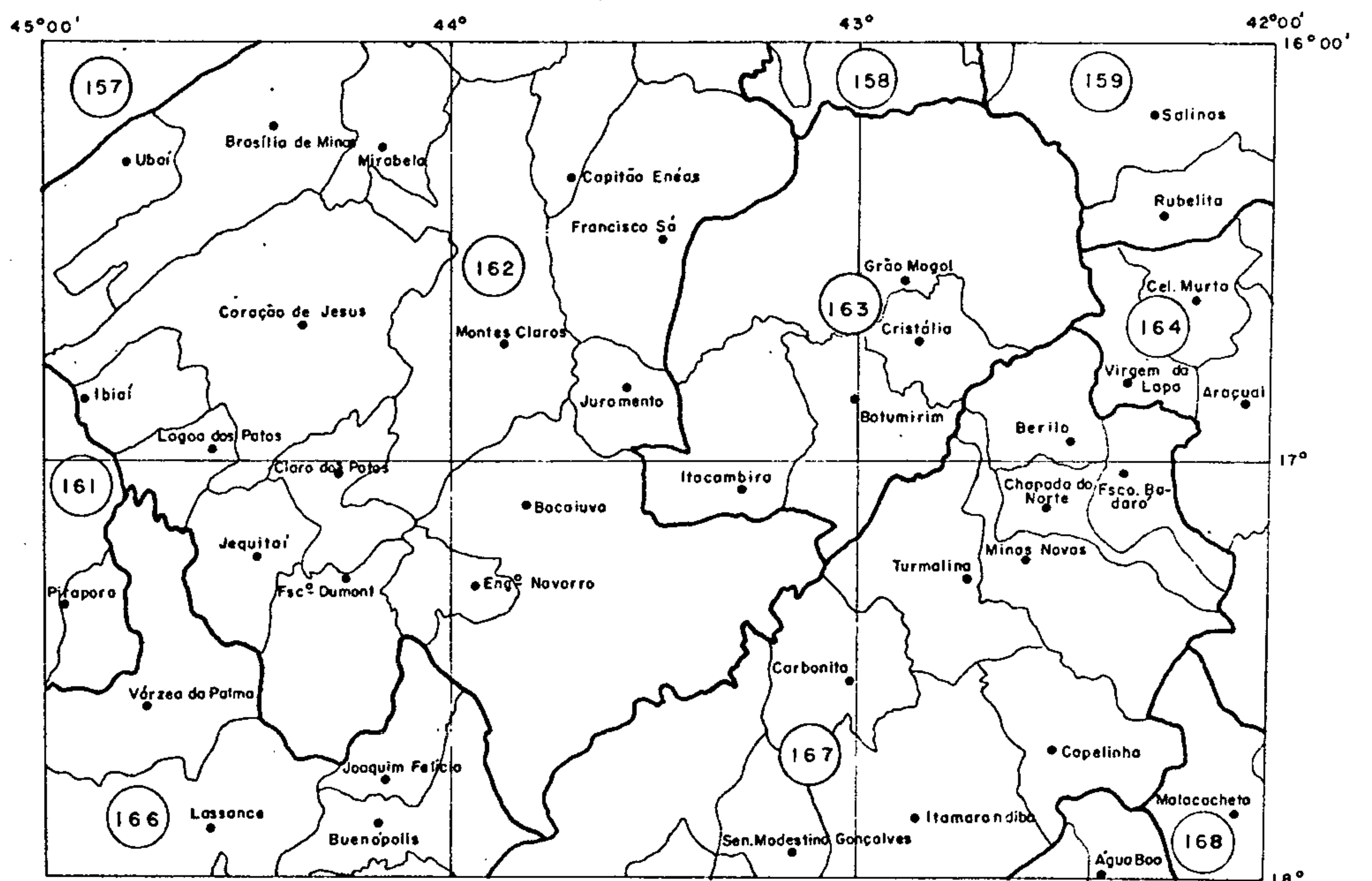
O transporte fluvial efetua-se pelo rio São Francisco, possibilitando um intercâmbio de produção em pequena escala entre as cidades de Pirapora e aquelas a juzante, até Joazeiro, no estado da Bahia.

Destacam-se na folha 33, no setor da aviação comercial, os pequenos transportes de Montes Claros e Pirapora que possuem linhas aéreas semanais.

No setor de energia, possui a área sub-estações de energia elétrica em Montes Claros (25500 Kva), Pirapora (5000 Kva) e Várzea da Palma (1500 Kva), beneficiando os centros urbanos e as comunidades rurais.

Segundo o zoneamento definido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, as áreas da folha 33 dividem-se em 10 micro-regiões homogêneas entre as quais predominam as de nºs 162, 167, 163 e 166. A fig. 4.30

DIVISÃO MUNICIPAL  
MICRO REGIÕES HOMOGÊNEAS  
Fonte: IBGE



LEGENDA

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

ESCALA GRÁFICA



FIG. 4.30

ilustra o mapa das micro-regiões na folha e suas densidades demográficas com a distribuição da população indicada no quadro 4.21 a seguir.

DENSIDADE DEMOGRÁFICA POR MICRO-REGIÕES NA FOLHA BELO HORIZONTE-NE

Micro-Região	Densidade Demográfica	População Urbana (%)	População Rural (%)
162	11,66	42,48	57,51
167	16,21	14,66	85,33
163	4,34	38,24	61,75
166	5,79	59,46	40,53
164	12,66	32,47	67,52
159	12,97	14,61	85,39
161	17,04	91,64	8,36
168	16,76	22,01	77,99
174	22,46	19,56	80,43
157	-	-	-

Quadro 4.21

Entre as principais culturas agrícolas destacam-se a cana de açúcar, mandioca, milho e mamona. A atividade agrícola por hectare se verifica maior nas micro-regiões 162, 161, 163 e 167. A agricultura de cana e mandioca é praticada na quase totalidade das micro-regiões, destacando-se entre elas as de números 163, 167, 162 e 164. A cultura da mandioca é praticada mais intensamente nas micro-regiões 167, 166 e 162. O cultivo da mamona releva-se apenas na micro-região 162. Na plantação do milho destacam-se as micro-regiões 167, 166 e 162. No quadro 4.22, a seguir, indicam-se, para o ano de 1973, os valores obtidos.



em toneladas, por micro-regiões dos principais produtos da atividade agrícola na folha 33.

PRODUÇÃO AGRÍCOLA POR MICRO-REGIÕES NO ANO DE 1973, NA FOLHA 33

Micro-Região	Algodão	Cana	Mandioca	Mamona	Milho	Arroz
162	3117	49530	9086	896	5478	—
161	—	288	60	—	112	148,5
163	—	91800	2455	—	—	—
164	—	15930	1732	—	—	—
166	—	59215	12466	—	7698	—
167	—	83207	23634	—	15240	—

Quadro 4.22

Fonte CBEA-IBGE  
Ano 1.973

Na atividade pecuária, conforme indica o quadro 4.23, sobressaem-se as criações de bovinos e suínos seguidas das de caprinos e ovinos. A avicultura em padrões tradicionais ocupa um lugar de destaque na folha 33, suplantando, no aspecto geral, os números da pecuária bovina. Nas micro-regiões 162, 167, 159, 166 e 164 destaca-se a pecuária bovina enquanto a suinocultura sobressai-se nas micro-regiões 162 e 167. Na pecuária de ovinos destacam-se das demais as micro-regiões 167, 162 e 164. A avicultura é bem expressiva na região com maior ênfase nas micro-regiões 162, 167, 164 e 159.

SITUAÇÃO DE REBANHOS E AVES NO  
ANO DE 1973, NA FOLHA  
BELO HORIZONTE-NE

Rebanhos e Micro- Região	BOVINOS	SUÍNOS	CAPRINOS	OVINOS	AVES
157	20.214	4.948	814	1.772	22.502
158	5.512	943	80	191	39.378
159	108.395	20.600	207	408	101.020
161	17.640	1.509	27	62	19.571
162	790.925	155.449	4.930	8.519	695.528
163	11.025	4.801	26	27	15.075
164	84.600	17.870	3.580	3.780	182.526
166	92.242	11.901	428	794	49.533
167	110.149	119.343	2.851	8.797	398.845
168	39.414	9.054	256	672	34.018
174	40.420	10.273	585	1.069	32.394
T O T A L	1.320.536	356.691	13.784	26.091	1.590.390

## 5. GEOLOGIA

Cerca de 69% da folha Belo Horizonte-NE é constituída de rochas pré-cambrianas do Pré-Espinhaço , Super Grupo Espinhaço e Super Grupo S.Francisco. Aproximadamente 0,6% correspondem a sedimentos cretácicos da formação Uruçua e 30,4% abrangem áreas do Terciário e Quaternário , constituídas por coluviões, aluviões e eluviões.

Através da análise tectônica-petrográfica da área é possível separar as seguintes unidades geológicas , as quais serão descritas a seguir.

### 5.1 Pré-Espinhaço

As rochas do embasamento denominadas como Pré-Espinhaço estão representadas na folha por uma Associação de Gnaisses Cataclásticos (PCmm) predominantes, possuindo corpos anfibolíticos e gnaisse-graníticos denominado por COBRA (1970) de Complexo Granitóide de Barroção para a região do mesmo nome, e a Associação Barbacena representada por um conjunto de biotita-gnaisse, granito-gnaisses e xistos. Ao conjunto de rochas gnaisse-graníticas da Associação Barbacena alguns autores denominaram, no canto nordeste da folha, Complexo Granitóide de Medina, em vista de tratar-se da mesma unidade geológica da região de Medina , e, aos xistos, COBRA (1970) denominou Salinas.

#### 5.1.1 Associação de Gnaisses Cataclásticos

Separação da Associação Barbacena por um amplo sinclínório de sedimentos e metassedimentos do Grupo Macaúbas e Super Grupo Espinhaço Superior, prolonga-se a partir da

Bahia em uma faixa de Gnaisses predominantes e granitos , passando por Espinosa, Monte Azul, Mato Verde e Porteirinha, penetrando na folha 33 atingindo Barrocoão e terminando a alguns quilômetros ao sul de Itacambira. Segundo COBRA (1970) são migmatitos leucocráticos com plagioclásio , quartzo, pouca biotita, microclina, titanita e apatita. Estas rochas estão fortemente laminadas, apresentando algumas faixas de milonitos e de um modo geral forte cataclase. Ao sul da folha na Região de Senador Modestino Gonçalves , separados pelas unidades gnaiss-graníticas e xistosas da Associação Barbacena, ocorrem os gnaisses cataclásticos em um corpo isolado em forma de elipse.

Esta Associação está dividida em dois conjuntos de rochas caracterizadas a seguir.

- A<sub>1</sub> - Gnaisses cataclásticos, gnaisses porfiroblásticos cataclásticos, biotita gnaisses filoníticos, granito gnaisses, localmente migmatizados .
- A<sub>2</sub> - Gnaisses cataclásticos filoníticos com abundantes intercalações de corpos anfibolíticos.

O primeiro conjunto, predominante, ocorre em faixa que se inicia ao Norte da folha 33, atinge Riacho dos Machados e se estende até Itacambira. Ao Sul da área, ocorre esta associação de gnaisses em forma de um corpo elíptico isolado na região de Senador Modestino Gonçalves.

Apresenta uma morfologia irregular, geralmente com relevo suave e vales abertos. O sistema de drenagem predominante é o dendrítico apresentando localmente um padrão dendrítico retangular, consequência do controle da tectônica que foi bem intensificada na região. O solo, com excessão de áreas onde ocorrem rochas básicas, é de caráter ácido, possui uma vegetação predominante de Cerrados .



Na região de Itacambira esta unidade acha-se representada por gnaissse cataclástico e granito-gnaissse, cortados por veios de quartzo, pegmatitos e diques básicos. O aspecto cataclástico é bem caracterizado em afloramentos e nas fotografias aéreas a modelação da drenagem pelas linhas estruturais na região torna-se bem evidenciada.

Em posição sobreposta a associação gnaissica  $A_1$  encontram-se em discordancia as rochas do Super Grupo Espinhaço. Ao Norte possui contato discordante com as rochas do Grupo Macaúbas na região de Barreiro da Raiz e acha-se recoberta em grande parte por depósitos detríticos. Nas áreas de ocorrência desta associação podem ser consttatados grupos de pequenos corpos de formas irregulares representados por rochas graníticas, possivelmente intrusivas.

Em áreas de Senador Modestino Gonçalves, ao sul da folha, a associação gnáissica  $A_1$  é representada petrograficamente por biotita gnaissse porfiroblástico, biotita gnaissse facoidal e granito gnaissse. O fraturamento é discreto, sendo o manto de intemperismo espesso e possui a área um clima 4cTh segundo a classificação bioclimática de Gaussen com influencias do clima 4cMes - Mesoxeroquimênico e 4dTL - Sub-Termaxérico.

A unidade  $A_2$  constituída de gnaisses cataclásticos filoníticos com abundantes intercalações de corpos anfibolíticos ocorre separando ao Norte a associação gnáissica  $A_1$  do Grupo Macaúbas ou Quartzitos do Super Grupo Espinhaço Superior ou em discordancia com o Grupo Macaúbas.

Esta associação gnáissica representa de algum modo uma variação local da Associação  $A_1$ , caracterizada pelas mesmas litologias, diferenciando-se uma da outra pela

existencia de grande quantidade de corpos básicos de dimensões pequenas ocorrentes na Associação  $A_2$ , desprezíveis devido a escala de mapeamento.

A região sofreu bastante esforços tectônicos. A leste do povoado de Bem Querer se evidencia uma zona de cisalhamento com aproximadamente 3 km de largura e 20 km de extensão orientada segundo a direção aproximada N-S.

A vegetação registrada nos solos oriundos da associação gnáissica  $A_2$  se apresenta um pouco mais densa devido a formação de um solo mais fértil, desenvolvido às expensas de rochas ricas em minerais máficos.

#### 5.1.2 Associação Barbacena

Agrupam-se formando esta associação o Complexo Gnaisse-granítico denominado Medina por COBRA (1970) no canto nordeste da folha e os xistos que, para o mesmo autor, na região chamar-se-iam Salinas.

O complexo gnaisse-granítico engloba biotita gnaisses e granito-gnaisses predominantes com quartzo, biotita-xistos e anfibolitos subordinados. A outra unidade de menor grau de metamorfismo pertence aos fácies quartzo biotita xistos, quartzo-biotita-granada xistos, quartzo biotita-granada-estaurolita xistos, estaurolita xistos e xistos carbonáticos predominantes com anfibolitos e biotita gnaisses subordinados.

##### 5.1.2.1 Complexo Gnaisse-Granítico.

Este complexo estende-se rumo leste para Governador Valadares e Teófilo Otoni e para o sul da Bahia. Em a

mostra coletada como uma fácies representativo do Complexo. R.Q. COBRA (1972) conseguiu os resultados a seguir. Trata-se a amostra de um granodiorito leucocrático com textura granular, média, homogêna, com raros pórfiros de feldspato imersos em massas de cristais menores de quartzo, feldspato e biotita. A rocha possui na sua distribuição mineralógica percentual 40,3% de plagioclásio, 31,5% de quartzo, 17,1% de microlina, 7,4% de biotita e 3,3% de acessórios.

Nas regiões de Salinas, Almenara e Teófilo Ottoni, sendo estas duas situadas a leste da folha 33, as fácies petrográficas do complexo se acham representadas por quartzo-plagioclásio-microlina-almandina gnaiss e biotita gnaiss com níveis subordinados de xistos e quartzitos. Na região de Itamarandiba a facies predominante é o biotita gnaiss bandeado e laminado de cor acinzentada, granulação média, geralmente com magnetita, ocasionalmente com microdobras e estruturas migmatíticas. Aham-se intercalados anfibólio-gnaisses, anfibolitos, quartzitos e quartzo biotita xistos, ocasionalmente com muscovita, granada, estauroлита, cianita e feldspato. Encontram-se estas unidades frequentemente dobradas e catacladas evidenciando destarte intensos esforços tectonicos. Os gnaisses tendem a predominar no extremo sudeste da folha, nas regiões de Água Boa, Jaguatirica e Malacacheta.

O contato do complexo gnaiss-granítico com os xistos representa mais uma zona de transição principalmente pela natureza gradativa da passagem dos xistos para os gnaisses com xistos e quartzitos intercalados existindo, também, concordância estrutural entre os mesmos com orientação NE observáveis em fotos e imagens.

Quanto à morfologia o complexo apresenta um re

levo acidentado com declividades elevadas, possuindo escarpas nos gnaisses e um relevo mais ondulado em áreas de xistos. A vegetação possui um caráter denso a sudeste da folha devido, além das características lito-texturais dos solos, às precipitações serem situadas em torno de 1.100 mm e possuírem uma melhor distribuição mensal durante o ano. Por outro lado, no canto nordeste, a vegetação é menos densa, com boa participação do tipo caatinga, dado a existência de solos rasos bem como às precipitações anuais que se situam em torno de 850 mm e possui uma distribuição mensal bastante irregular. A drenagem se ajusta, em muitos casos, ao comportamento estrutural originando modelos de drenagem retangular paralelo a dendrítico.

#### 5.1.2.2 Xistos com anfibolitos e biotita-gnaisses subordinados.

Ocorre em uma grande faixa que parte do sul da Bahia e ultrapassa o paralelo  $16^{\circ}$  Latitude Sul, se estendendo em faixa do nordeste a sudeste da folha 33, estando posicionada entre o complexo gnaisse-granítico e o Grupo Macaúbas. Esta faixa possui aproximadamente 240 km de comprimento, iniciando a nordeste com uma largura de 20,5 km sofrendo, rumo sul, um alargamento máximo de 195 km, a altura do paralelo  $17^{\circ}15'$  LS, para em seguida se estreitar rumo a região de Senador Modestino Gonçalves.

Este conjunto entra em contato com as rochas do Grupo Macaúbas através de falhamento inverso de grande extensão, de direção NNE, com mergulho para ESE. O contato parece passar ao tipo normal (discordante), localizando-se muitas vezes a oeste do lineamento provocado pela falha.



Os contatos meridionais e orientais deste conjunto se verificam com o complexo gnaisse-granulítico e são, em geral, pouco nítidos sendo do tipo transicional em muitos locais.

No âmbito da folha Belo Horizonte-NE e a leste, ultrapassando o meridiano  $42^{\circ}$  W. Gr esta unidade é caracterizada por uma predominância de xistos com anfibolitos e quartzitos subordinados. Estudos petrográficos permitiram classificar como principais fácies quartzo-biotita-muscovita-granada-estauroлита xistos, estauroлита xistos, quartzo xistos e xistos carbonáticos.

Os xistos carbonáticos podem constituir faixas expressivas tal como ocorre entre Virgem da Lapa e Berilo e na região de Salinas, ou simplesmente formar pequenas intercalações, como soe acontecer entre Coronel Murta e Itira e Virgem da Lapa e Araçuaí. A presença de xistos com estauroлита foi observada entre Virgem da Lapa e Araçuaí.

Na parte sudeste da faixa as fácies predominantes são representadas por quartzo-biotita xistos, frequentemente possuindo granada, estauroлита, cianita, grafita e lentes carbonáticas sendo comuns intercalações de quartzitos micáceos finos a médios. Os xistos são geralmente de cor cinza esverdeada e quando intemperizadas apresentam um solo de cor avermelhada. As intercalações quartzíticas são delgadas e não se individualizam em corpos mapeáveis. Apresentam comumente, devido a seu caráter incompetente, diversos tipos de formação estrutural como foliação, clivagem de crenulação, dobras e microdobras. Acha-se muitas vezes cobertos por sedimentos detríticos que podem apresentar ou não processos de laterização e possuem um relevo de chapada.

Na parte NE da faixa na região que engloba os municípios de Salinas, Rubelita e Coronel Murta, acha-se a unidade recoberta em algumas áreas por coberturas detríticas com relevo de baixa declividade ou quando não existem as coberturas apresentam um relevo suavemente ondulado. A vegetação condicionada, além da característica lito-texturação dos solos, sofre influências dos fatores climáticos regionais, apresentam os tipos Cerrado, Caatinga e menos acen tuadamente Floresta Latifoliada Tropical. No Cerrado e na Caatinga ocorrem faixas de matas ciliares orientadas segundo os leitos dos vales. A drenagem definida pelas águas residuais sofrem uma grande influência do comportamento micro estrutural dos xistos e possuem uma densidade média a baixa com um padrão dendrítico de drenagem.

## 5.2 Super Grupo Espinhaço

As unidades pertencentes ao Super Grupo Espi nhaço ocorrem em uma primeira exposição em forma de U. do centro ao N-N-NE da folha envolvendo um grupo de rochas gnáissicas cataclásticas possuindo uma direção preferencial NNE e largura máxima da ordem de 15 km estreitando-se rumo ao paralelo 16° de Latitude Sul. Estas rochas constituem em parte as serras do Barão, S. Calixto e Gado Bravo. São enco bertas discordantemente pelo Grupo Macaúbas do qual, às ve zes, emergem formando pequenas ilhotas.

Está representado também o Grupo ao Sul e Su doeste da folha formando as serras das Almas, Contagem e Ca bral, fazendo parte da unidade geográfica maior denominada serra do Espinhaço.

A faixa que envolve os gnaisses cataclásticos.

possui maiores larguras à medida em que se aproxima da base do U chegando a atingir ao Sul de Itacambira uma largura de 17,5 km. Atinge uma largura mínima de 0,25 km ao Norte da folha na serra do Gado Bravo. Nesta faixa foram delimitados pequenos corpos de rochas básicas, situando-se os de maior extensão a leste de Botumirim e a sudeste de Grão Mogol. Áreas com grandes ocorrências de filitos e quartzitos impuros são registradas a Nordeste da serra da Bocaina próximo ao paralelo 16° de Latitude Sul.

O Super Grupo Espinhaço, ao Sul e Sudoeste da folha, acha-se representado por duas grandes faixas individualizadas que se alargam para Sul. Na componente da serra do Espinhaço, no flanco norte da serra, ao sul da folha, a largura atinge regionalmente 14 km para alcançar ao sul um valor de 50,5 km. Na serra do Cabral, no seu flanco norte, a largura de afloramento da faixa atinge 4 km, alcança 32 km a noroeste de Buenópolis e sofre um estreitamento, rumo sul, possuindo 26 km no paralelo 18° de Latitude Sul.

As unidades do Super Grupo Espinhaço assentam-se em discordância angular e erosiva sobre as rochas mais antigas da associação gnáissica, gnaisse-granítica. O limite superior discordante faz-se com as rochas do Super Grupo São Francisco.

Esta unidade se caracteriza morfológicamente por aspectos topográficos diretamente subordinados ao tectonismo ao qual foi submetida. Apresenta um relevo acidentado, escarpado e com uma escassa vegetação e de raízes pouco profundas, consequência de solos ácidos e rasos e da declividade elevada da superfície. Em foto aérea a textura é áspera e grosseira, a tonalidade cinza-esbranquiçada, a drenagem é rarefeita devido a alta infiltração através das fraturas verticais e sub-verticais caracterizando-se como

um padrão reticulado. Áreas de morfologia mais suave e textura uniforme são destacadas nas fotos e provavelmente se relacionam com os domínios de filitos e/ou intrusivas básicas que originam, ressalte-se, solos mais básicos. Devido à uniformidade litológica e a escala de mapeamento tornou-se impossível uma divisão no conjunto de rochas que compõem o Super Grupo Espinhaço. As fácies petrográficas principais são quartzitos sericíticos predominantes, filitos, conglomerados metavulcânicos ácidos e quartzitos ferruginosos subordinados.

Litologicamente o Super Grupo Espinhaço é constituído por três unidades distintas da base para o topo:

- 1 - Conglomerados com intercalações de xistos e rochas básicas anfibolitizadas;
- 2 - Quartzitos com filitos e conglomerados intercalados, constituindo-se o corpo principal da serra do Espinhaço;
- 3 - Ortoquartzitos puros, raramente sericíticos com intercalações de filitos no topo.

Os conglomerados com intercalações de xistos e rochas básicas anfibolitizadas ocorrem além do paralelo 18° Latitude Sul, ao sul da folha 33.

A unidade intermediária constituída de quartzitos com filitos e conglomerados intercalados ocorrem na serra Mineira, na rodovia que interliga Inhai a São João da Chapada, e ao norte de Inhai, bem como no núcleo erodido do anticlinal de Água Fria a leste de Jequitaiá. Constituí este conjunto de rochas a unidade inferior na sequência quartzítica da serra do Cabral, a sudoeste da folha . Na serra do Espinhaço a sudoeste da folha o aspecto tectônico é caracterizado pelo anticlinório de Gouveia, cujo eini



xo alinhado N-S, mergulha ligeiramente para Norte e passa a uma posição sotoposta ao Grupo Macaúbas e Bambuí. As ocorrências na serra do Cabral se caracterizam tectonicamente por anticlinais regionais com dobramentos menores de diversas amplitudes. Os flancos mergulham com valores de 10 a 30° nos bordos de leste e 20 a 45° nos bordos de oeste. A estruturação obedece em linhas gerais à tectônica do Espinhaço. As direções de falhamento são predominantemente transversais e diagonais ao eixo estrutural principal. São falhas normais com direções predominantes nas serras do Cabral e Mineira N60W e N40E.

Os ortoc quartzitos caracterizam-se por sua homogeneidade. São quartzitos puros de cor branca e granulometria fina com silicificação superficial. É uma rocha bem selecionada, grãos bem arredondados e esféricos, essencialmente quartzosa com pouca sericita intergranularmente. Se para os gnaisses cataclásticos do Pré-Espinhaço do Grupo Macaúbas do Centro ao Norte da folha envolvendo o primeiro grupo de rochas. A estruturação segue, em linhas gerais, a estrutura tectônica da serra do Espinhaço. As direções de falhamento são, em grande parte, transversais e diagonais ao eixo principal da estrutura. Em poço tubular de 67 m de profundidade, perfurado em Botumirim, conforme perfil litológico em anexo, registra-se uma espessura de quartzitos, de 42 m, e no intervalo de 42 a 67 m a ocorrência de uma faixa de xisto (?).

### 5.3 Rochas Intrusivas

Vários corpos e diques intrusivos de rochas básicas ou ácidas ocorrem na folha cortando os gnaisses e xistos do Pré-Espinhaço, bem como as rochas do Super Grupo Espinhaço. Estas intrusões estão ligadas às zonas de falha

mentos ou fraturamentos. As rochas ácidas são geralmente representadas por granitos e as básicas constituem-se principalmente de diabásio, gabro e anfibolito que originam so los mais férteis de coloração marrom-avermelhada.

#### 5.4 Super Grupo São Francisco

Associam-se a este Super Grupo os Grupos Macaúbas e Bambuí. GUILMARAES (1964) refere-se a HELMAREICHAN, geólogo que assinalou em 1846 a existência de "camadas grauwackianas" assentadas sobre a formação Itacolomítica da serra de Grão Mogol. Segundo o autor HARTT, em seu relatório "Geology and Physical Geography of Brazil" de 1870, descreveu as rochas conglomeráticas do Médio Jequitinhonha. A sequência de rochas pelíticas e carbonáticas que ocorrem em grande extensão na bacia do rio São Francisco foi designada por DERBY (1879) de Série São Francisco. O nome Série Bambuí foi usado pela primeira vez por RIMAM, 1917, para caracterizar a mesma sequência e, infelizmente, consolidar-se na literatura geológica, sendo-lhe atribuído atualmente o sentido de Grupo (BRAUNN, 1968)

DERBY, em sua divisão, caracterizou em duas unidades tectônicas e cronologicamente diferentes. FREYBERG, 1932, propõe em sua divisão em duas fácies denominando-as Camadas Gerais e Indaiaá. BARBOSA e OPPENHEIN (1932) contrargumentam a divisão proposta por FREYBERG após descrever minuciosamente os calcários oolíticos da região de Montes Claros e aos arcósios de Pirapora. Em 1962 João Miranda acrescenta um novo elemento, situando-se na parte superior da coluna, o conglomerado Sabará.

Em 1936, Luciano Jacques de Moraes, dividiu a Série Lavras, denominação dada por MORAIS, de Minas Gerais em Formação Macaúbas agrupando filitos, micaxistos e con

glomerados diamantíferos.

PFLUG (1963) posicionou a formação Sopa no conjunto litológico constituinte da Série Espinhaço (Série Minas para o referido autor), mantendo a posição original de DERBY, e caracterizou a Formação Macaúbas como uma fácies da Série São Francisco. Assim como PFLUG observou deposição alternada de sedimentos representativos do Bambuí e do Macaúbas na região de Francisco Sá, também SCHMIDT, 1969, verificou idêntico comportamento 2 km a noroeste de Sítio, povoado situado a sudeste de Bocaiuva. Ambos dividiram a Série São Francisco em fácies Macaúbas e Bambuí.

SCHOLL e SOUZA (1970) elevaram a fácies de Macaúbas à categoria de Grupo e mantiveram a designação de Grupo Bambuí na divisão da Série São Francisco.

Atualmente, em proposição feita em reunião de técnicos do DNPM, CPRM e PROSPEC, realizada em Salvador em 1964, passou a Série São Francisco a ser denominada de Super Grupo São Francisco.

#### 5.4.1 Grupo Macaúbas

O Grupo Macaúbas ocorre atravessando a folha do paralelo 16° até o paralelo 18° de Latitude Sul. Envolve do Centro ao N-NE o Super Grupo Espinhaço e ao sudoeste margem a serra do Cabral, constituída também de rochas do Super Grupo Espinhaço.

O conjunto litológico que apresenta o Grupo Macaúbas é constituído de rochas de natureza clástica, caracterizada por variações faciológicas podendo-se, entretanto distinguir três unidades da base para o topo, conforme descrição a seguir.

- 1 - Conglomerados com matriz quartzítica e rochas



conglomeráticas;

2 - Diamictitos;

3 - Clásticos finos alternando-se com material pelítico, caracterizado por ritmitos.

Os conglomerados são caracterizados à sudoeste da folha pela predominância de megaclastos sobre a matriz. Sua distribuição em superfície encontra-se subordinada à configuração do paleo-relevo, ocorrendo sempre bordejando as rochas do Super Grupo Espinhaço nas serras do Cabral e ao norte da serra do Espinhaço. São conglomerados polimictos, mal classificados, com componentes predominantemente angulosos. Encontram-se caoticamente dispostos na matriz seixos que variam de grânulos a matações de 1 metro ou mais de eixo maior. Na região de Jequitai, nos conglomerados, predominam os seixos e blocos de gnaiss enquanto na serra do Espinhaço, ao sul, os seixos, blocos e matações de quartzitos predominam. Subordinadamente são encontrados seixos de granito, calcário, calcário dolomítico, siltito, argilito, filito, chert, rochas básicas (Serra do Cabral e estrada Barrocão-Francisco Sá).

A matriz do conglomerado é predominantemente um arenito feldspático (grauvaca) e na região de Jequitai ela é localmente piritosa, ocorrendo abundantes grânulos de quartzo azul e castanho bem arredondados, contrastando com fragmentos de rocha subangulares e subarredondadas. Na serra do Cabral boas exposições do conglomerado ocorrem nas cabeceiras do córrego Riachão, localizadas ao sul do povoado das Covancas (sinclinal de Água Fria), na fazenda Brejo do Rio Preto a noroeste de Joaquim Felício e na fazenda Buritizeiro à sudoeste de Buenópolis.

Ao norte e nordeste da folha, o Grupo Macaúbas é representado por diamictito com filitos, quartzitos impuros, conglomerados e formação ferrífera subordinados. 0



diamictito apresenta-se frequentemente com estrutura cataclástica, aspecto conglomerático, constituído de quartzo, argila, sericita, clorita, carbonato, biotita, magnetita, hematita e, raramente, granada e turmalina. Os seixos e/ou "boudins" são compostos predominantemente de quartzo de veio, quartzitos, carbonatos, rocha quartzo-feldspática, gnaiss e calcário dolomítico.

Ao norte da folha onde o Grupo Macaúbas faz contato com o Grupo Bambuí aquele ocupa uma faixa de direção N-S com aproximadamente 10 km de largura. Na região oriental a faixa chega a atingir 30 km de largura. Estas faixas se unem em superfície ao sul das serras de Itacambira e do Curral, pertencentes ao Super Grupo Espinhaço, e se prolonga para o extremo sul da folha. Na parte oriental o Grupo Macaúbas faz contato com as rochas do Pré-Espinhaço em grande parte através de uma falha inversa que corta os vales dos rios Vacaria, Jequitinhonha e Araçuaí.

Na serra do Catuni, a fácies conglomerática do Grupo Macaúbas apresenta seixos com até 10 cm de diâmetro, ocorrendo com frequência alguns seixos de migmatitos com 20 cm de diâmetro próximo ao contato com o Pré-Espinhaço. No vale do rio Vacaria identificam-se alguns blocos de quartzito com cerca de 40 cm de diâmetro. Às margens do rio Vacaria e entre Grão Mogol e Marianópolis segundo COBRA (1972) o metamorfismo atingiu um nível bem alto, transformando-se a matriz do conglomerado em xisto à sericita. A laminação tectônica foi intensa e com evidência de tratar-se de um conglomerado metamorfisado onde seixos de rochas argilosas, estiradas e achatadas são preservados no xisto.

Nas faixas de forte compressão apresenta uma textura cataclástica ou milonítica, além de mostrar-se xis

toso com larga faixa de ocorrência, como consequência do metaformismo dinâmico de baixo grau (COERA, 1972). Na serra do Catuni o conglomerado acha-se inteiramente laminado na borda da chapada, fronteira à cidade de Francisco Sá. A faixa milonítica corresponde a grande falha Espinhaço que lança o conglomerado acima da ardósia e do calcário do Grupo Bambuí. No bordo ocidental do Grupo Macaúbas, no contato com o Grupo Bambuí, ocorrem rochas constituídas de grãos e grânulos de até 0,5 cm, de quartzo, dispersos em abundante matriz micácea, a sericita, clorita, muscovita e illita. Esta estrutura denomina-se de diamictitos dado a sua estruturação petrográfica. A sequência apresenta-se tectonicamente afetada com predominante foliação cataclástica. Esta rocha constitui a parte superior do perfil da serra do Catuni. A individualização desta unidade devido a transição e à sua semelhança de sua matriz com os conglomerados subjacentes torna-se impraticável. Os diamictitos são essencialmente constituídos de material micáceo envolvendo grãos de quartzo de granulometria média a fina e abundantes grânulos de quartzo azulado, quartzo enfumaçado e fragmentos de rochas. Possuem estrutura cataclástica com uma foliação proeminente e orientação de grãos alongados. Abundantes veios de quartzo cortam concordante ou discordantemente as rochas cataclásticas.

Ao sul da folha foi caracterizada uma unidade, do Grupo Macaúbas denominado de ritmitos definidos como uma rocha argilo-siltico arenosa, finamente estratificada pela alternância rítmica de camadas de diferentes granulometrias. Nas ocorrências do Grupo Macaúbas que bordejam a serra do Cabral este fácies é medianamente estratificado, com estratos siltico-argilosos de até 20 cm de espessura alternando-se com finas camadas arenosas.

O Grupo Macaúbas oferece condições de uma divi

são em unidades distintas e mapeáveis em escalas maiores, problema este que foge aos objetivos do presente trabalho.

#### 5.4.2 Grupo Bambui

O Grupo Bambui, em Minas Gerais, foi depositado em sua maior parte sobre uma área cratônica estável, o que é indicado pela espessura de centenas de metros de litologia predominantemente pelítica e carbonática, constituindo a bacia do São Francisco, exemplo típico de ortoplataforma (ALMEIDA, 1967). A história tectônica da bacia Bambui pode ser resumida segundo O. BRAUN da maneira conforme descrição a seguir.

A bacia Bambui formou-se pelo levantamento de dois maciços orogênicos, oriental e ocidental que, provavelmente viriam a se unir ao sul, numa posição que corresponderia, atualmente, à serra da Mantiqueira. Assim é uma típica bacia intracratônica que se manteve quase imperturbável até o fim da sedimentação, quando começou o processo tectônico que originaria a atual configuração.

Esta tectônica, em princípio, é simples. Trata-se de esforços tangenciais, dirigidos dos bordos leste e oeste para um eixo central. Como resultado, tem-se uma estruturação que começa no bordo, com grandes escamas de empurrão, colocando rochas antigas e mais metamórficas sobre as mais novas e menos metamórficas indo, à medida que se atenuavam os esforços, passando a falhas reversas. Nos bordos, portanto, há um intenso dobramento que se suaviza para o centro, de maneira a se ter na parte mais interna camadas praticamente horizontais.

Datações radiométricas (AMARAL e KAWASHITA, 1968) situam atualmente o Grupo Bambui no Pré-Cambriano Su



perior (500-600 m.a.). Trata-se de uma idade mínima, havendo possibilidade de que a mesma seja datada para 1000 m.a.

A primeira tentativa de uma divisão estratigráfica do Bambuí, no Estado de Minas Gerais, foi proposto por BRANCO e TEIXEIRA (1960).

O. BRAUN (1968) após levantamento geológico ao correspondente a 9.000 km<sup>2</sup> da área do Bambuí, propôs reformulação da sequência, que se considera válida para o Estado de Minas Gerais, conforme exposição a seguir.

Formação Três Marias	Não dividida
Formação Paraopeba	Fácies Lagoa do Jacaré Fácies S. Helena Fácies Sete Lagoas
Formação Paranoá	Não dividida

Na área da folha 33 o Grupo Bambuí ocupa uma superfície de 18.890 km<sup>2</sup> e está representado apenas pelas formações Paraopeba e Três Marias que ocorrem na sua parte ocidental.

#### 5.4.2.1 Formação Paraopeba

É a unidade mais extensa da bacia e a sua área corresponde a 18.290 km<sup>2</sup>. É constituída essencialmente de pelitos e calcários, sendo a margá o elemento mais comum. Subordinadamente tem-se siltitos, argilitos e, mais raramente, ardósias, arenitos e arcósios. Sua espessura varia em torno de 1.000 metros.

Na área da folha é possível separar a Formação Paraopeba em três fácies principais, ou seja, Argilo-Carbonática, Siltico-Argilosa e Siltico-Arenosa. Destas três unidades predominam as fácies Argilo-Carbonática e Siltico-argilosa.

##### 5.4.2.1.1 Fácies Argilo-Carbonática



Esta unidade é constituída essencialmente de rochas pelíticas e carbonáticas agrupando argilitos, calcários, ardósias calcíferas ou sílticas, margas e calcarenitos, localmente oolíticos. Constitui a fácies dominante na área da folha e corresponde a uma superfície de 15.048 km<sup>2</sup>. Ocorre em uma faixa estreita a sudeste de Buenópolis, e se alarga para o norte atingindo em superfície a largura de 177,5 km na folha. Ao sul da faixa e no seu flanco oriental faz contáto com a fácies síltico argilosa pertencente também à Formação Paraopeba. Envolve a formação Uruçua no setor oriental de Brasília de Minas. Ao sul da faixa bordeja a serra do Cabral, constituída de rochas do Super Grupo Espinhaço. Em algumas áreas do alto e baixo cursos do rio Jequitaiá acha-se a fácies argilo-carbonática coberta por coberturas detríticas.

Na região entre Bocaiuva e Claro dos Poçoês, ao sul da serra das Porteirinhas predominam ardósias calcíferas com margas e corpos de calcarenitos, subordinados. São piritosas estando os cristais de pirita orientados segundo a clivagem ardosiana. Gradua-se ao topo para ardósias e argilitos não calcíferos. As camadas de margas piritosas gradua lateralmente a corpos lenticulares de calcarenitos de pequena expressão.

As sequências de bordo de plataforma são constituídas por calcarenitos, porém as margas ocorrem com frequência. Nas proximidades de Montes Claros, ao norte, os corpos de calcarenitos têm aspecto maciço e finamente laminados na base e sua porção mediana é constituída de estratos de calcarenitos de aspecto homogêneo. Nas proximidades de São João de Pacuí os calcarenitos aumentam de granulome

tria da base para o topo.

Localmente podem ocorrer faixas conglomeráticas constituídas de uma matriz argilo-calcífera e seixos centimétricos de calcário, com pequeno arredondamento, associados a estratificações cruzadas de correntes centimétricas.

Nas regiões onde predominam os argilitos, estes apresentam com coloração cinza esverdeada clara e, pelo intemperismo, sua cor adquire tons claros de cinza róseo, amarelo e avermelhado. Em geral constituem estratos homogêneos com laminação imperceptível formando lamitos típicos.

Esta litologia predomina na região entre as serras do Cabral e Água Fria.

#### 5.4.2.1.2 . Fácies Siltico-Argilosa

Esta fácies ocorre a oeste da folha na parte ocidental da formação Paraopeba . Apresenta-se estreito ao sul da faixa na região de Lassance para se alargar rumo norte chegando a atingir 57,5 km de largura pouco acima do paralelo de 17° de Latitude Sul.

Esta unidade é predominantemente constituída por estratos médios e espessos de siltitos e argilitos silticos que transicionam vertical e lateralmente para margas e destas para calcarenitos puros. Em afloramentos a noroeste e sudoeste de Jequitai verifica-se uma predominancia de argilitos puros no topo da sequência; os siltitos, quando frescos, podem localmente apresentarem-se calcíferos. Observa-se uma variação granulométrica vertical para oeste, tendendo a siltitos grosseiros ou a arenitos finos, que transicionam para os siltitos da base da formação Três Marias.

A sudeste de Lassance mostram-se bem evidentes os oolitos nos calcarenitos que se apresentam finamente laminados.

Ao longo dos planos de fraqueza é comum encontrarem-se vênulas de calcita branca e, com menos frequência, de cor preta, devido a processos de recristalização.

#### 5.4.2.2 Formação Três Marias

Esta formação ocorre a oeste da folha em área delimitada pelos vales dos rios das Velhas e São Francisco, em menor expressão, à margem esquerda do rio São Francisco, ao norte de Buritizeiro e a leste de Guaicui, em forma triangular e a margem direita do Rio São Francisco nos interflúvios dos rios Paracatu, Pacui e Canabrava. A parte basal da unidade, aflorante entre os rios das Velhas e São Francisco, consta de um siltito de cor cinza esverdeada a cinza escuro, geralmente calcífero, apresentando-se bastante rico em estruturas primárias, tais como, a camamento lenticular e ondeante, estratificação cruzada de corrente centimétrica e marcas de ondas. Ressalte-se que existe gradação vertical a um siltito grosseiro ou arenito fino sendo que em direção ao centro da bacia, rumo oeste, observa-se que os sedimentos desta unidade vão se tornando grosseiros. Da base para o topo, entre os rios São Francisco e Velhas aumenta a granulometria e se tornam mais feldspáticos, transicionando à arenitos arcósiolos ou arcósios.

Nas bacias dos rios Paracatu, Pacui e Canabrava a formação Três Marias caracteriza-se por franca predominância de psamitos arcósiolos que se intercalam com siltitos grauváquicos calcíferos e raros argilitos.

#### 5.5 Cretáceo

Está representado o Cretáceo na área pela formação Urucuia. Esta unidade apresenta um relevo em forma de testemunhos e chapadas. É constituída por arenitos finos,

bem selecionados, pouca matriz argilosa ou inexistente, localmente silicificada, grãos de quartzo hialino, bastante friável ao intemperizar-se. Possuem estratificação cruzada eólica. Na base afloram conglomerados monomítico, com seixos centimétricos de quartzo de veios, facetados ou arredondados. Sua espessura atinge um máximo de 40 metros.

Possíveis testemunhos da formação Urucuia ocorrem apenas nos arredores da cidade de Brasília de Minas. Vale ressaltar que a espessa cobertura terciária pode, às vezes, confundir-se com esses testemunhos.

Da mesma forma os arenitos muito intemperizados, da Formação Três Marias, no alto das chapadas, é facilmente confundido com aquela formação cretácica. Dois elementos, porém, caracterizam-na como uma unidade mais antiga: a elevada diagênese, bem notória em lâminas, e suas perturbações estruturais tais como falhas, pequenas dobras e inclinações de camadas maior que  $5^{\circ}$ . Estas evidências são facilmente observadas em Coração de Jesus. Por outro lado, na formação Três Marias podem ser observadas interdigitações com calcários e margas da formação Paraopeba.

#### 5.6 Terciário-Quaternário (Coberturas Indiferenciadas)

Sobre os remanescentes mais elevados de antigas superfícies de erosão (ciclo Sul-Americano) distribuem-se areias, cascalhos e material siltico-argiloso inconsistente ou parcialmente lateritizados ("silcrete e ferricrete") que podem alcançar dezenas de metros de espessura. Sob essa cobertura desenvolvem-se saprólitos profundos nas rochas subjacentes que, no caso dos sedimentos detrítico-carbonáticos do Grupo Bambuí podem apresentar aspectos de estratificação.



tos mais jovens como acontecem em margas arenosas que pas  
sam a arenitos argilosos por lixiviação do carbonato de  
cálcio.

No interior dessa unidade podem ocorrer, porém, a  
floramentos esparsos das unidades inferiores não represen  
tativas sob a escala do mapa. É possível assim que existam  
raros remanescentes de sedimentos cretácicos sob a cobertu  
ra.

Ao norte e oeste da folha o material retrabalha  
do das coberturas antigas foi redistribuído pelos terraços  
e planícies de expansão da drenagem mais recente (Ciclo Ve  
lhas), ocupando mesmo as encostas mais suaves sob a forma  
de colúvios, onde torna-se difícil a sua separação dos de  
pósitos mais antigos. A sua maior distribuição é provavel  
mente pleistocênica dado as faunas fósseis encontradas nas  
planícies dos rios São Francisco, Paracatu e Velhas. Con  
tudo, continuam a se acentuar durante o holoceno.

#### 5.7 Quaternário

Está representado pelas aluviões que incluem to  
dos os depósitos mais recentes dos vales dos rios São Fran  
cisco, Velhas, Jequitaiá, Paracatu, Pacui, Verde Grande, Je  
quitaiá, Araçuaí, Itacambiruçu, Jequitinhonha, Vacaria e  
Salinas.

As aluviões de maiores expressões correspondem  
àquelas depositadas nos vales dos rios São Francisco, Je  
quitaiá, Verde Grande, Jequitinhonha e Araçuaí. Litologica  
mente trata-se de sedimentos clásticos mal classificados,  
constituídos de areia, cascalho e argila.

Os depósitos aluvionares do vale do São Francis  
co podem atingir maiores espessuras na folha, chegando a

possuir valores em torno de 25 metros. Alguns autores de nominam a estes depósitos formação Vazantes.

## 5.8 Geologia Estrutural

O estilo tectônico dominante da Associação Barbacena possui uma orientação NE-SW, notando-se, vale res saltar, uma marcante movimentação tectônica na direção NW-SE. O paralelismo estrutural da Associação Barbacena, com a Associação Paraíba do Sul, que ocorre a leste da fo lha, foi constatado em estudos efetuados pelo Projeto Je quitinhonha.

O Super Grupo Espinhaço apresenta um lineamento estrutural com direção NNE-SSW e apresenta em suas rochas um forte diaclasamento. As unidades desta sequência de ro chas assentam-se em discordância angular e erosiva sobre as rochas gnáissicas e graníticas do Pré-Espinhaço. O li mite superior discordante faz-se com as rochas do Super Grupo São Francisco. O Super Grupo Espinhaço apresenta um relevo acidentado, escarpado e com uma escassa ve getação de raízes pouco profundas, consequência de solos ácidos e rasos e da declividade elevada da superfície. Áreas de mor fologia mais suave e textura uniforme são destacadas nas fotos e provavelmente se relacionam com os domínios de fi litos e/ou intrusivas básicas que originam solos mais bási cos.

A unidade intermediária do Super Grupo Espinhaço constituída de quartzitos com filitos e conglomerados intercalados ocorrem na serra Mineira, na rodovia que in terliga Inhaí a São João da Chapada, e ao norte de Inhaí, bem como no núcleo erodido do anticlinal de Água Fria, a leste de Jequitai. Constitui este conjunto de rochas a uni dade inferior na sequência quartzítica da serra do Cabral.

Na serra do Espinhaço, a sudoeste da folha, o aspecto tectônico é caracterizado pelo anticlinório de Gouveia cujo eixo alinhado N-S mergulha ligeiramente para Norte e passa a uma posição sotoposta aos Grupos Macaúbas e Bambuí. As ocorrências na serra do Cabral se caracterizam tectonicamente por anticlinais regionais com dobramentos menores de diversas amplitudes. Os flancos mergulham com valores de 10 a 30° nos bordos de leste e 20 e 45° nos bordos de oeste. As direções de falhamento são predominantemente transversais e diagonais ao eixo estrutural principal. São falhas normais com direções predominantes nas serras do Cabral e Mineira N60W e N40E.

Os ortoquartzitos seguem em linhas gerais, a estrutura tectônica da serra do Espinhaço. As direções de falhamento são, em grande parte, transversais e diagonais ao eixo principal da estrutura.

As rochas do Grupo Macaúbas apresentam comportamento estrutural semelhante ao Super Grupo Espinhaço. O estilo de dobramento apesar de ser o mesmo, é menos intenso no Grupo Macaúbas e apenas as falhas maiores e mais jovens passam do Super Grupo Espinhaço para o Grupo Macaúbas.

O falhamento norte-sul de caráter inverso existente no bordo da chapada do Boqueirão, estendendo-se para sul até a região de Olho d'Água e posicionando a sequência de ritmitos, estaria ligada à fase de compressão e cisalhamento.

Foram identificadas rochas brechiadas a leste do povoado de Ribeirão preenchendo uma zona de falhamento normal com direção N50W. Tratam-se de rochas constituídas de fragmentos angulosos de quartzo, quartzitos e conglomerados, que atingem um tamanho máximo de 30 cm. Os veios de

quartzos apresentam-se cataclasados e milonitizados. Ocorrem também rochas brechiadas, ao sul do povoado de Curimataí que são intensamente cataclasadas e apresentam uma foliação N15E paralela à direção do falhamento normal, com rejeito horizontal.

Em trecho da estrada interligando Francisco Sá a Barrocoão atravessando-se as serras do Catuni e de São Calixto, COBRA (1969) observou na fácies conglomerático do Grupo Macaúbas, a deformação sofrida com o cisalhamento e o grau de influências nos seixos e veios de quartzos que a cortam. Constatou que a laminação tectônica ocorreu por fluxo e cisalhamento.

Um falhamento de grande extensão com direção N-S, inverso, limita o Grupo Macaúbas dos xistos da Associação Barbacena, desde Novo Horizonte, a Nordeste da folha, até aproximadamente 13 km a noroeste de Turmalina. Em continuação, para sul, verificou-se falhas com direção S-SW, paralelas ao leito do rio Araçuaí e à linha de contato entre o Grupo Macaúbas e rochas do Pré-Espinhaço.

As camadas do Grupo Bambuí apresentam três importantes sinclinais, dispostas linearmente, cujos eixos apresentam direção NNE-SSW. Na região situada entre a Serra do Cabral e as serras das Porteiras e Água Fria, ocorre uma grande sinclinal constituída por rochas argilosas e carbonáticas. Na posição marginal, distribui-se no sentido NNE-SSW a sinclinal de Buenópolis, cujo eixo dobrado e mergulhando para norte, ressurgiu na sinclinal a leste de Engenheiro Dolabela, prosseguindo para norte em grande parte encoberta pela chapada da Onça.

A sudeste do extremo meridional da serra de Agua Fria, na região situada entre o rio São Francisco e a



serra do Espinhaço, aflora o dorso da sinclinal de Poções, que regionalmente tem o eixo com direção NNE plungeando com ângulo pequeno para o norte.

A serra dos FONSECAS, situada ao norte da serra do Cabral constitui uma série de antiformes e sinformes, com eixos orientados NNE-SSW, concordantes com a estruturação geral da área.

## 6. HIDROGEOLOGIA

### 6.1 Águas Subterrâneas no Pré-Espinhaço

As rochas do embasamento possuem, normalmente, reduzida capacidade de armazenar e produzir água. Nas rochas metamórficas a permeabilidade e capacidade de armazenamento estão condicionadas aos sistemas de fendas ou fissuras, os quais estão ligados à conformação litológica e tectônica da área. Uma interpretação das deformações ou rupturas nas rochas cristalinas torna-se necessário para se definir uma programação de captação d'água. Ressalte-se que as vazões específicas no embasamento são pequenas embora se constitua uma solução para a pecuária e para pequenos centros urbanos principalmente em regiões de clima com estação seca muito acentuada. Além do armazenamento d'água através de sistemas de fraturas verifica-se embora em menor escala reservas de água no manto de intemperismo que são meramente locais e podem ser utilizadas para o consumo doméstico.

#### 6.1.1 Água Subterrânea em Rupturas

##### 6.1.1.1 Tipos de Rupturas

Está representado em mapa o esboço estrutural do embasamento cristalino. A área da folha acha-se cortada por sistema de fraturas longitudinais que chegam a possuir grande expressão como nas regiões de Jaguatirica e na serra da Noruega e por sistemas de fraturas transversais ao sistema longitudinal de fraturas. Em tese, geralmente, as fendas longitudinais, resultantes de esforços de compressão e cisalhamento apresentam-se mais regeladas enquanto

que as fendas transversais, a partir de esforços de tensão possuem uma configuração mais favorável ao armazenamento d'água. Em poços tubulares perfurados em Água Boa, aproveitando o sistema de fraturas transversais com direção NW-SE as vazões específicas atingiram 740 e 746 l/h/m consideradas boas para as rochas cristalinas. Mais adiante abordaremos sobre a capacidade de produção dos poços no Pré-Espinhaço. Na escolha de melhores locais para a captação de água através de poços tubulares é imprescindível, portanto, após se ter conhecimento da tectônica regional, se efetuar uma análise tectônica de áreas menores para uma melhor seleção de estruturas mais favoráveis à acumulação de água.

#### 6.1.1.2 . Densidade e Extensão dos Fraturamentos

O comportamento de fendilhamento ou fraturamento em regiões cristalinas, varia de acordo com o grau de competência das rochas. O estilo e a intensidade dos esforços tectônicos ocorrem em condições bastante variadas de local a local. Entretanto, pode-se afirmar que os gnaisses cataclásticos ocorrentes do centro ao norte da folha, e as rochas gnaisse-graníticas do Complexo de Medina que dominam nos cantos nordeste e sudeste da área, oferecem maiores possibilidades de concentração de fraturas do que os xistos, que se posicionam entre as rochas gnaisse-graníticas e a sequência de rochas do Grupo Macaúbas. Esta afirmação se justifica face aos diferentes graus de competências entre o primeiro e segundo grupos de rochas. A extensão das fraturas bem como a profundidade útil nos gnaisses e granitos são maiores que as verificadas nos xistos.

### 6.1.1.3 Profundidade das Fraturas

As fraturas no embasamento cristalino, registradas nos poços tubulares não chegam a atingir grandes profundidades. A maioria das entradas d'água ocorrem a profundidade não maior que 80 metros. Abaixo deste valor, as possibilidades de aproveitamento de fraturas são bastante reduzidas não se aconselhando, portanto, a perfuração de poços no cristalino com profundidade além da retromencionada. Estas condições são semelhantes às encontradas em outras áreas do embasamento cristalino no Nordeste por CHADA (1965) COSTA (1965) e LEAL (1969). O pequeno número de poços tubulares no embasamento cristalino do Pré-Espinhaço limita o presente trabalho de elaborar com maiores detalhes e precisão uma estatística das profundidades das fraturas.

### 6.1.1.4 Alimentação

Processa-se a alimentação por infiltração direta da precipitação atmosférica ou por processo indireto através dos leitos dos cursos de água no caso da drenagem se orientar ao longo de linhas de rutura das rochas. Neste caso, há uma maior possibilidade de recarga e, conseqüentemente, um maior armazenamento. Está comprovado que na maioria dos casos há uma íntima conexão entre as fraturas e o manto aluvial dos rios, acarretando uma recarga a partir das águas superficiais ou infiltradas nas aluviões. A alimentação por processo indireto verifica-se também através do manto de intemperismo ou coberturas do Terciário-Quaternário.

O volume médio anual precipitado no cristalino é de  $V = 1,7 \times 10^{10} \text{ m}^3/\text{ano}$ , e apenas uma parcela muito pe



quena deste volume alcança as reservas subterrâneas sendo a evapotranspiração consumidora de maior parte, enquanto o restante contribui para escoamento superficial. Em Araçuaí no período de 1918-1942, a evapotranspiração potencial atinge 1351,4 mm, a evapotranspiração real 699,5 mm para uma precipitação de 739,2 mm. A evapotranspiração potencial em Itamarandiba, é da ordem de 1198,5 mm e a evapotranspiração real chega a 756,4 mm para uma precipitação média anual de 1158,3 mm.

#### 6.1.1.5 Circulação

A circulação da água nas rochas cristalinas depende essencialmente da interconexão densidade e extensão dos fraturamentos. Um sistema onde existe um fissuramento angular com uma boa trama de fissuras diagonais conectadas a um "riacho-fenda" de grande extensão, resultante de um esforço de tração, propicia boas condições de circulação e armazenamento d'água. As fraturas superficiais de pequena extensão, mesmo conectadas a aluviões, apresentam reduzidas possibilidades de circulação. Por outro lado, nas fraturas profundas parece haver maior grau de estagnação e menor possibilidade de intercâmbio de água com a superfície.

#### 6.1.1.6 Exutórios

Os exutórios dos reservatórios fenda são representados pela evapotranspiração e através de fontes que podem ser sazonais ou perenes. As perdas por evaporação parecem possuir uma relação direta com a salinização das águas nas rochas cristalinas (CRUZ, MELO, 1968), fato constatado nas áreas de clima de estação seca muito acentuada. Podse constatar, também, que os níveis estáticos dos poços locados em fenda-drenagem não ultrapassam a 10 metros e em

grande parte coincidem com os níveis d'água do manto aluvial. Este fato pode ser comparado em poços perfurados no Pré-Espinhaço, constituído de gnaisse-graníticos, granitos, gnaisses e xistos. Além da evapotranspiração, a descarga natural ocorre também através de pequenas fontes sazonais ou perenes que, geralmente, apresentam pequenas descargas.

#### 6.1.1.7 Capacidade de Produção dos Poços

A fim de permitir uma visualização das características de produtividade dos poços perfurados nos terrenos cristalinos da folha, foram analisados os resultados de doze ensaios realizados, dos quais oito foram executados pela COPASA, dois pelo DNOCS, um pela T.Janér e outro pela CPRM.

Para efeitos meramente ilustrativos, os dados de rebaixamento medidos durante os ensaios, acham-se apresentados em gráficos, no anexo V, do presente relatório. Os resultados, como era de ser esperar, confirmam a baixa capacidade de produção dos poços em terrenos cristalinos. As vazões de bombeamento obtidas variaram entre um mínimo de 720 l/h no poço 590/33, perfurado em xistos e um máximo de 23976 l/h em poço nº 03/33 situado no gnaisse, unidades pertencentes à Associação Barbacena. A média das vazões bombeadas corresponde a 7692 l/h, valor este bastante elevado e não representativo das condições médias reinantes devido à influência de vazões anômalas obtidas pelo DNOCS e COPASA nos poços 03.33, 04.33 e 564.33.

No que se refere à capacidade específica apresentam-se, em geral, fracas e muito variáveis, situando-se a média em torno de 274,63 l/h/m. A capacidade específica máxima obtida refere-se ao poço nº 03-33 perfurado no

VALORES DE CAPACIDADE ESPECÍFICA  
NAS ROCHAS DO PRÉ-ESPINHAÇO

Poço Bombeado	Local	Município	Litologia	N.E. (m)	N.D. (m)	Capacidade Específica m <sup>3</sup> /s/m
03-33	Água Boa	Água Boa	Gnaisse Granítico	1,92	34,0	$2 \times 10^{-4}$
04-33	Água Boa	Água Boa	Gnaisse Granítico	6,20	40,72	$1,3 \times 10^{-4}$
307-33	Bairocoão	Grão Mogol	Gnaisse	10,00	20,00	$1,38 \times 10^{-4}$
322-33	Itacambira	Itacambira	Gnaisse	0,40	26,00	$5,8 \times 10^{-5}$
150-33	Itamarandiba	Itamarandiba	Xisto	1,85	45,62	$1,6 \times 10^{-5}$
329-33	Itamarandiba	Itamarandiba	Xisto	1,02	52,99	$1,6 \times 10^{-5}$
330-33	Itamarandiba	Itamarandiba	Xisto	0,50	52,24	$4 \times 10^{-5}$
564-33	Salinas	Salinas	Xisto	19,10	40,80	$1,5 \times 10^{-4}$
590-33	Turmalina	Turmalina	Xisto	1,91	75,54	$2,8 \times 10^{-6}$
624-33	Virgem da Lapa	Virgem da Lapa	Xisto	6,50	29,20	$9,7 \times 10^{-5}$
626-33	Virgem da Lapa	Virgem da Lapa	Xisto	4,55	59,47	$10^{-5}$
627-33	Virgem da Lapa	Virgem da Lapa	Xisto	5,17	41,50	$4,1 \times 10^{-5}$

Quadro 6.1

gnaisse-granítico da Associação Barbacena, apresentando valor de 747,38 l/h/m. O menor valor de capacidade específica corresponde ao obtido no poço nº 590/33 perfurado em xistos pertencentes também à Associação Barbacena, e correspondente a 9,78 l/h/m. No quadro 6.1 são indicados os valores de capacidade específica determinados para gnaisses e xistos. Nos gnaisses os resultados de capacidade específica variaram entre 204,14 l/h/m (poço nº 322-33) e 747,38 l/h/m (poço 03-33) enquanto que nos xistos a produtividade variou entre um mínimo de 9,78 l/h/m (poço 590/33) e um máximo de 552,44 l/h/m (poço 564-33).

#### 6.1.2 Água Subterrânea no Manto de Intemperismo

A água subterrânea armazena-se, embora em pouca quantidade, no manto de intemperismo sendo explorada através de poços de pouca profundidade e de diâmetros, na maioria das vezes, bem maiores que aqueles usuais para poços tubulares, escavados em grande parte com alavancas e picaretas até o contato com a rocha que originou o manto. Geralmente, por falta de uma proteção sanitária eficiente, propicia condições para a contaminação da água. É um recurso empregado em pequenas comunidades urbanas ou fazendas carentes de recursos, impossibilitados de possuir um sistema de abastecimento d'água, seja por poços tubulares ou represas, que proporcione uma água potável dentro dos padrões técnicos exigidos.

O capeamento de intemperismo não é muito desenvolvido o que limita muito a sua capacidade de armazenamento. Por outro lado, as condições de aquífero livre existentes no manto acarreta em grandes perdas por evapotranspiração, principalmente em áreas que possuem uma estação seca



mais pronunciada, e onde os níveis d'água estejam mais próximos da superfície.

### 6.1.3 Qualidade das Águas Subterrâneas

O número de análises não chega a ser suficiente para uma melhor caracterização química das águas subterrâneas. Foram coletadas 19 amostras no Pré-Espinhaço. Destas, foram selecionadas as mais representativas e entre as mesmas escolhidas, aquelas que possuíam em seus resultados químicos de análises um erro admissível para que fosse possível uma classificação química. Em poços tubulares foram coletadas e analisadas 04 amostras de água das quais 02 apenas serão estudadas nos seus aspectos físicos e químicos. Das 13 amostras de água de fonte, 07 serão tratadas em maiores detalhes. Duas amostras foram captadas em poços manuais mas não serão consideradas na caracterização física e química das águas efetuada a seguir.

#### 6.1.3.1 Características Físicas e Químicas da Água

Predomina segundo o diagrama de Piper o grupo de águas bicarbonatadas no qual registram-se quanto ao par Anion-Cátion os seguintes tipos de águas bicarbonatada sódica, sódio-magnésiana, cálcica, cálcio-sódica, magneso-sódica e magneso cálcica. Incluem-se neste grupo as águas em que o Ion  $\text{rHCO}_3$  apresenta-se com mais de 50% do total dos anions. Os seguintes sub-grupos foram determinados com base primordialmente nas relações de anions e cátions. Os tipos químicos representativos da área estão interpretados, por outro lado, segundo os diagramas logarítmicos e de Stiff-Custódio nas figuras 6.1 a 6.3 e 6.4 e 6.5, respectivamente.

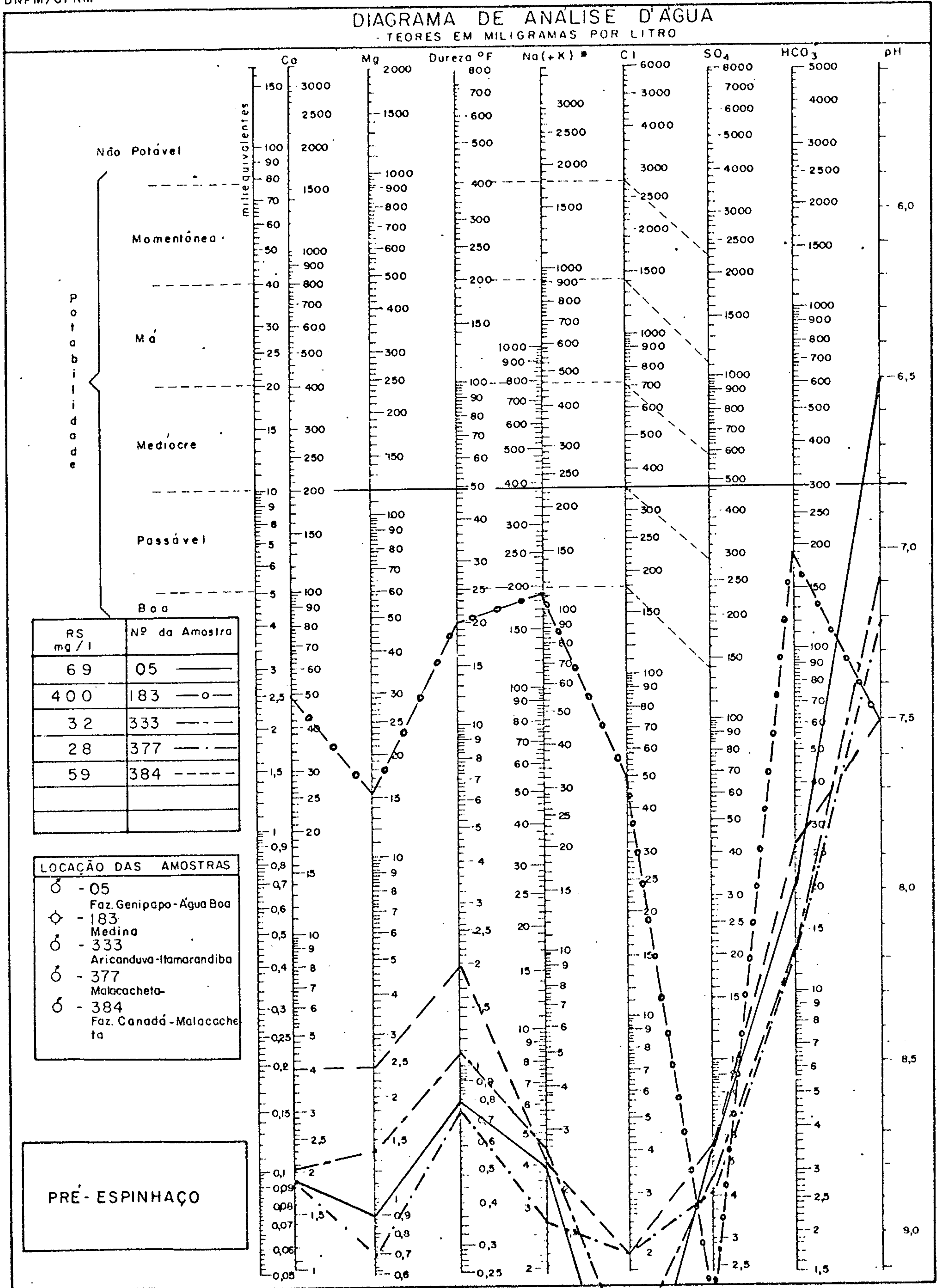
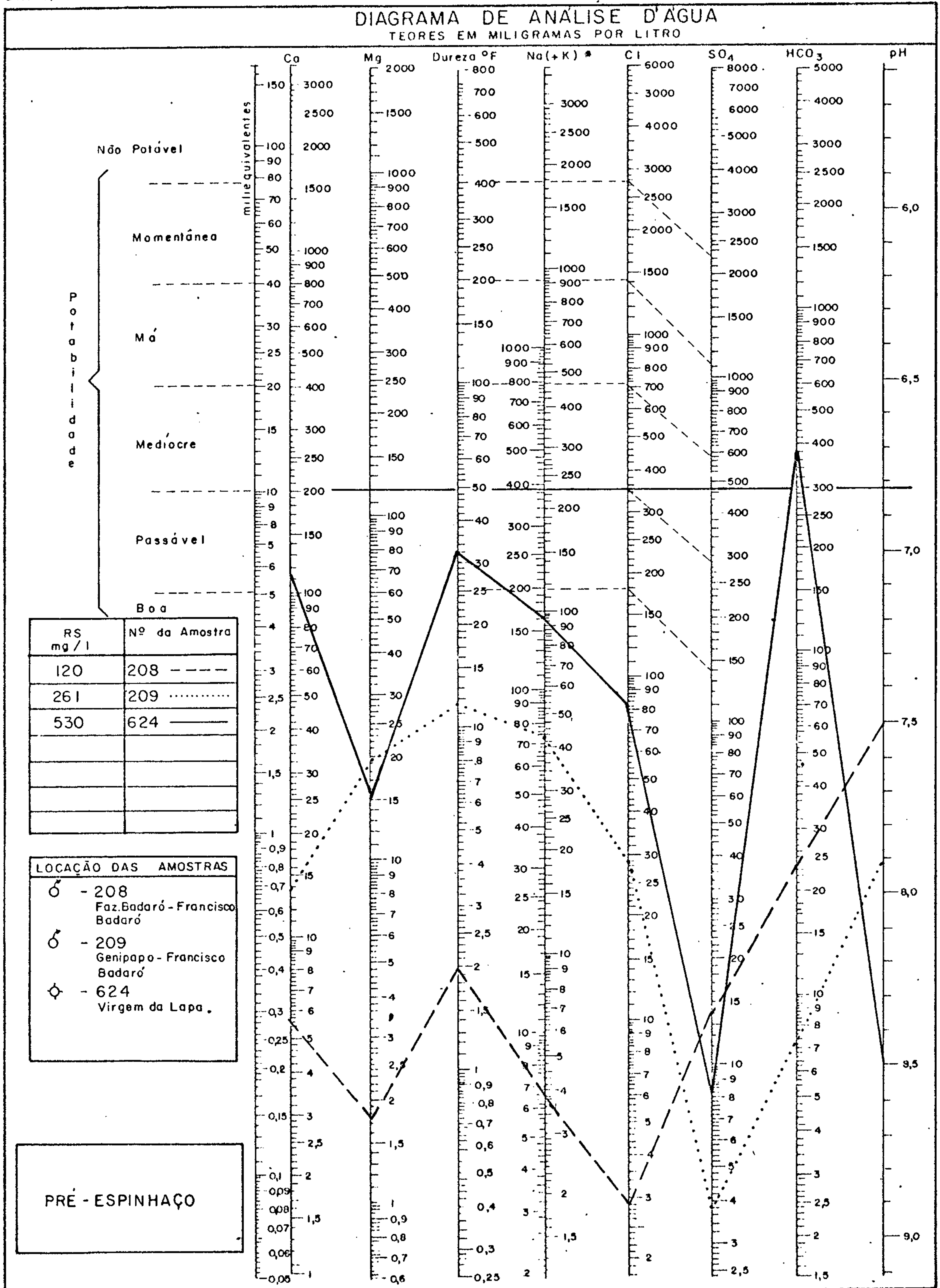


FIG. 6.1.



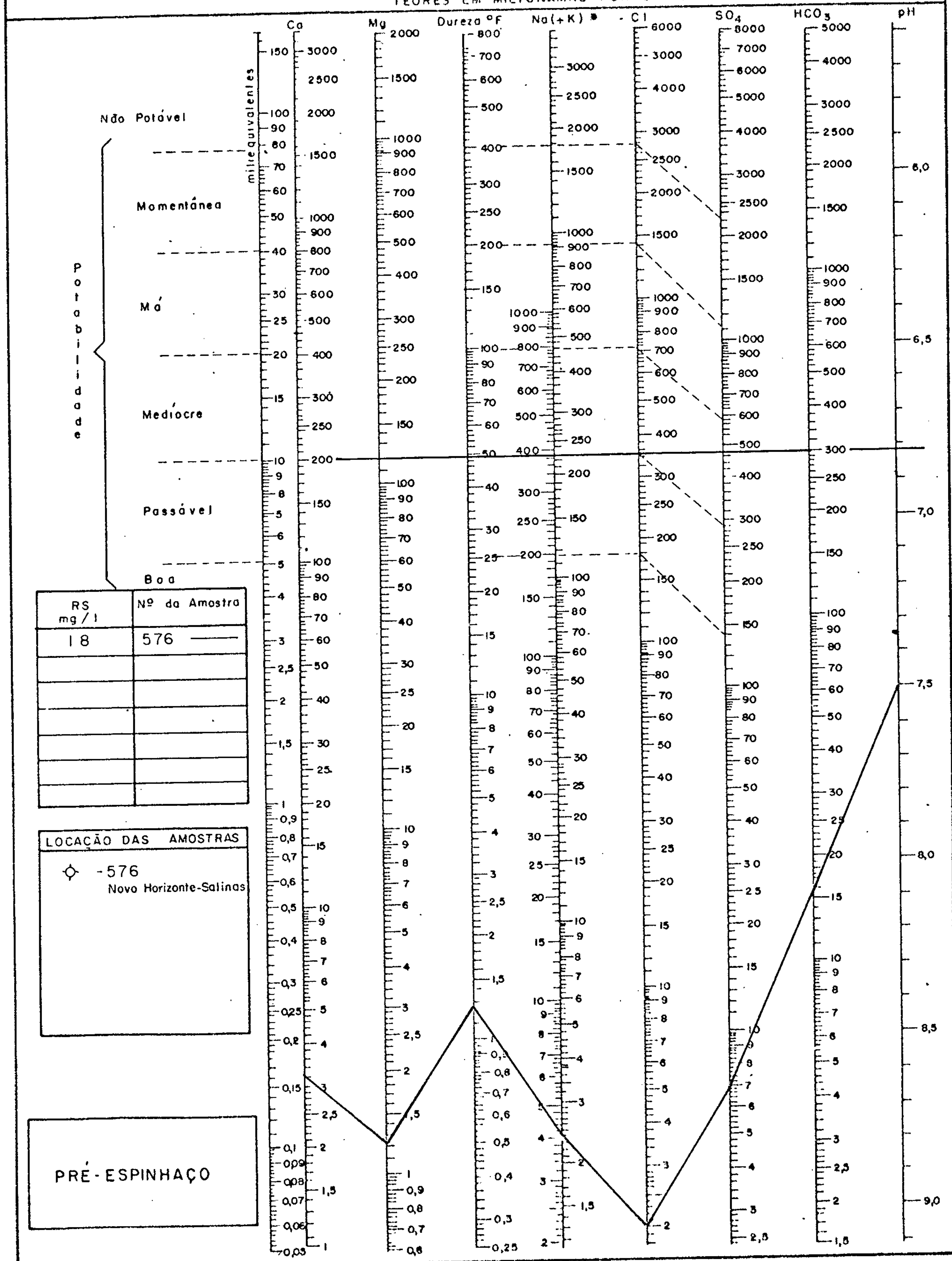


\* Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

FIG. 6.2.

### DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA

TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO

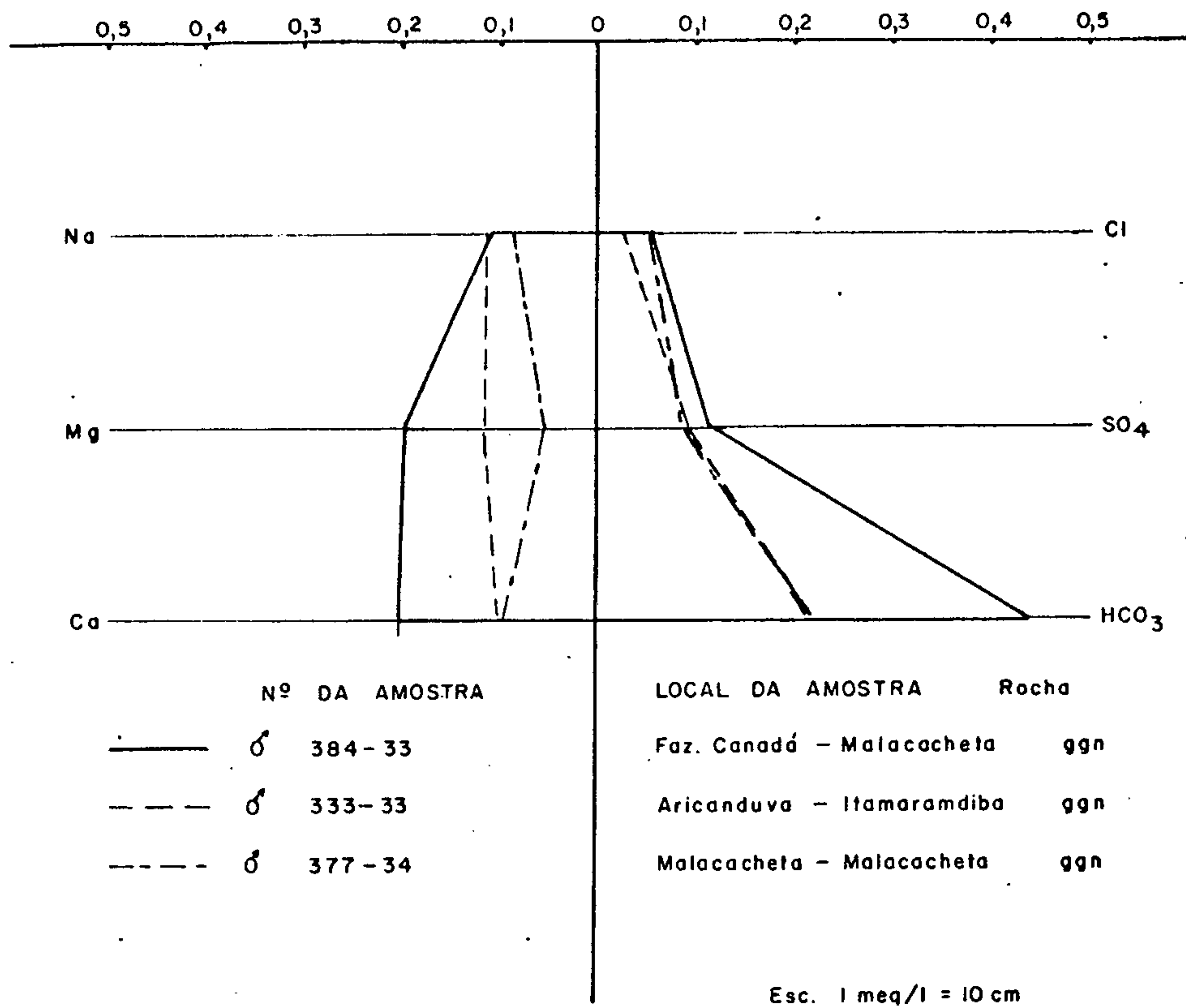


\* Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

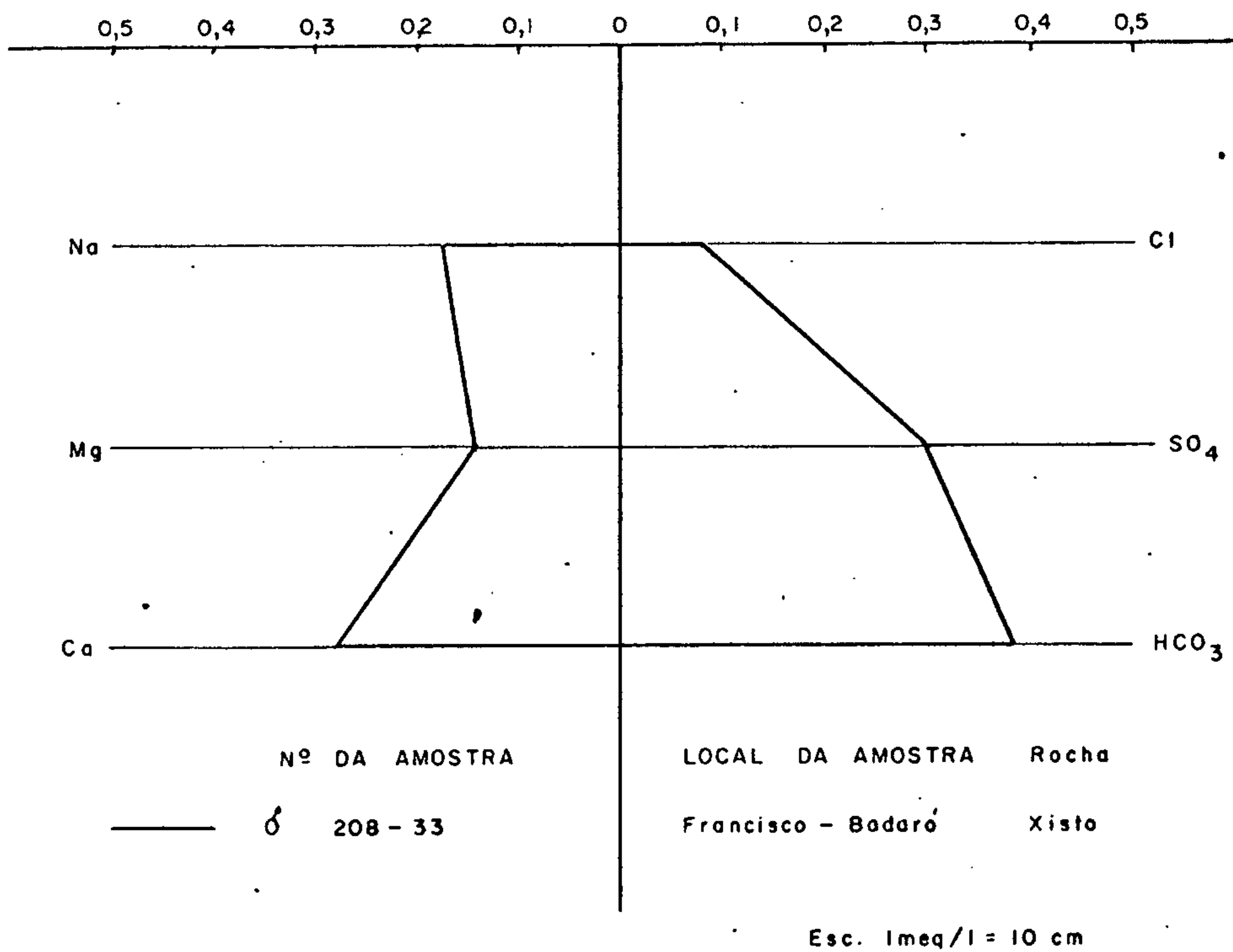
FIG. 6.3.



### DIAGRAMA DE STIFF - CUSTÓDIO



### DIAGRAMA DE STIFF - CUSTÓDIO



# DIAGRAMA DE STIFF - CUSTÓDIO

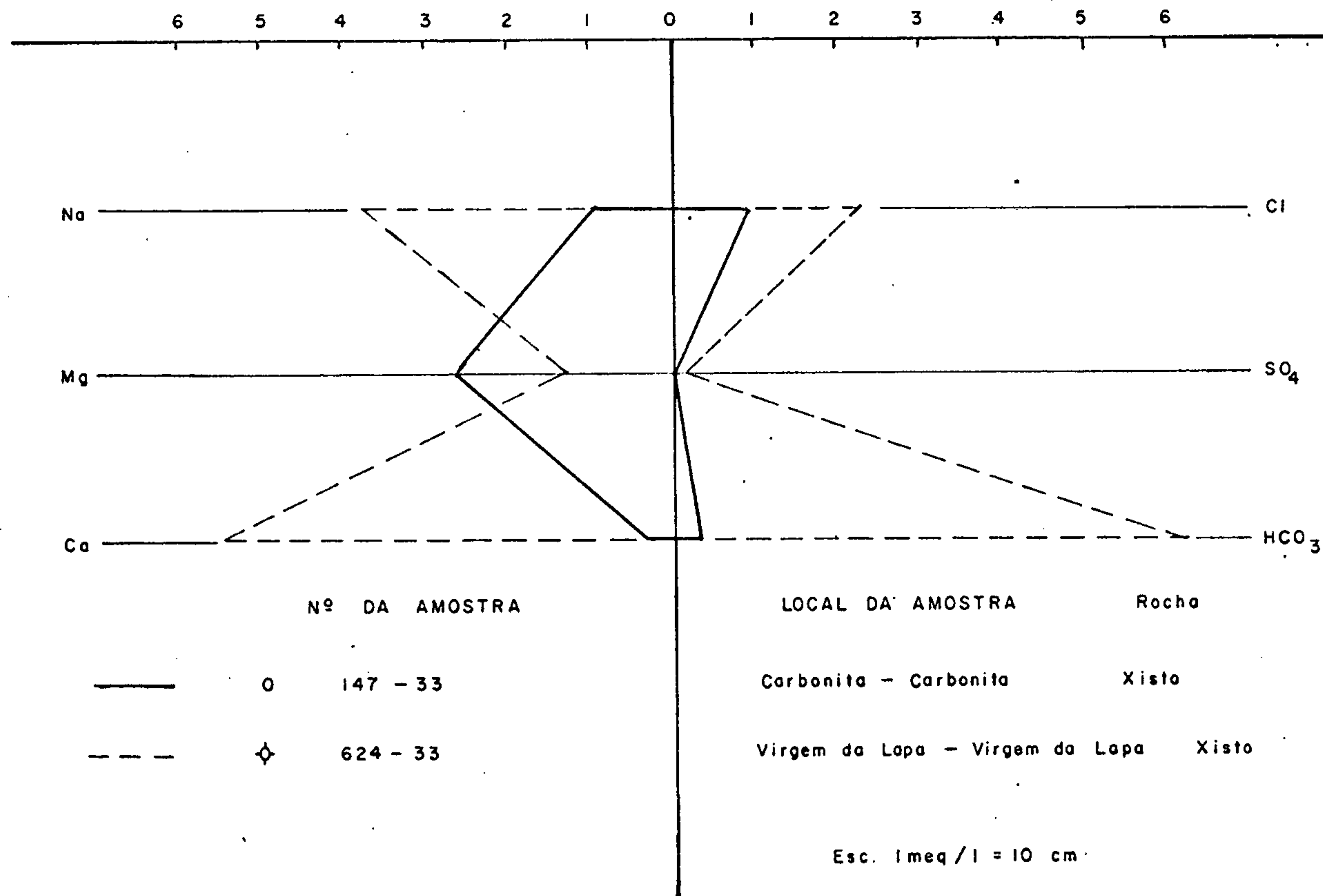


FIG. 6.5.

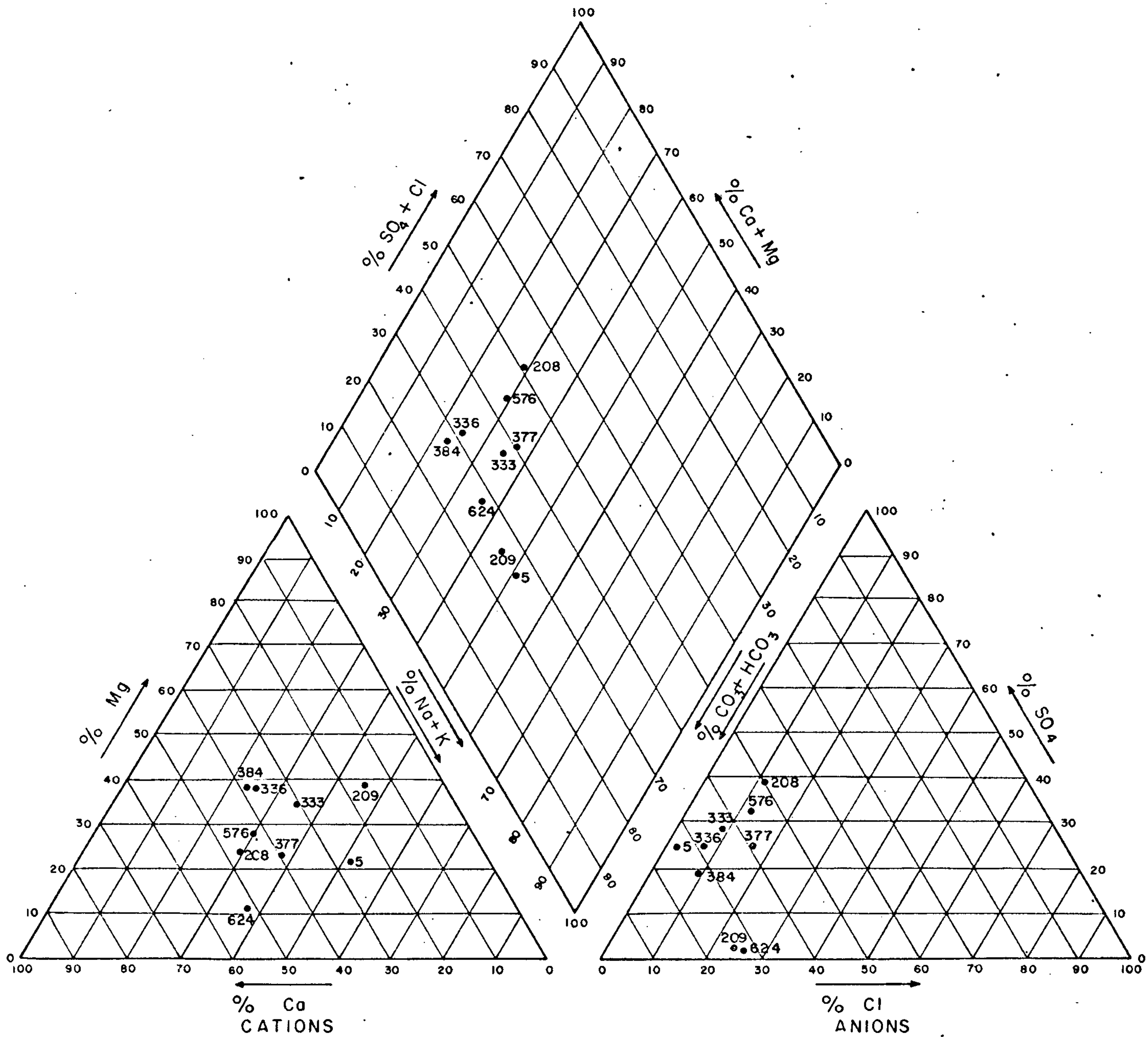
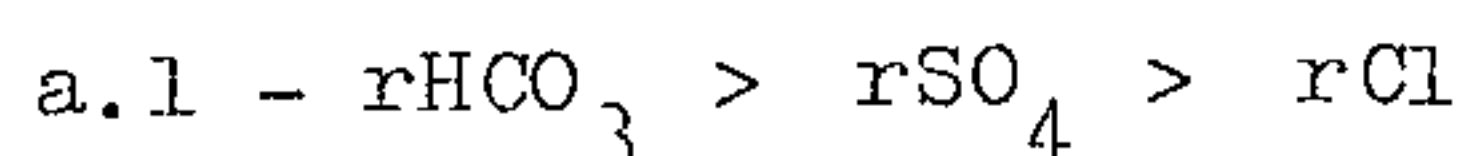
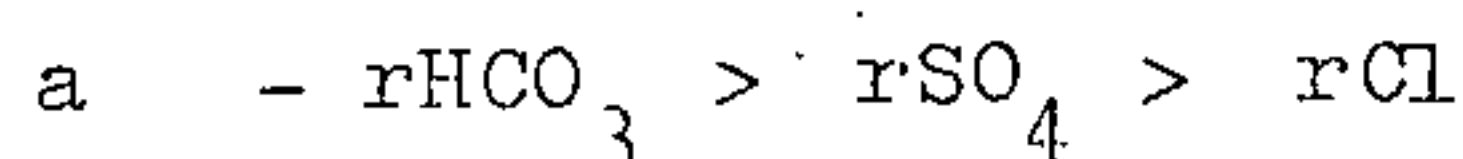


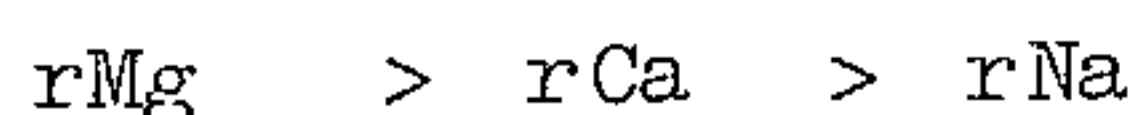
DIAGRAMA TRILINEAR DE PIPER

FIG. 6.6

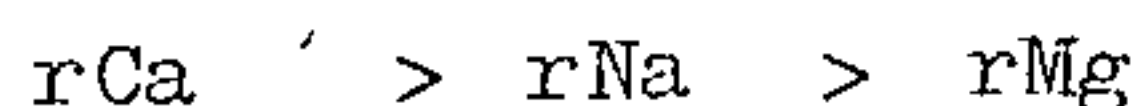
### 6.1.3.1.1 Tipos de Água



Este sub-grupo compreende águas muito moles , com dureza inferior a 7<sup>o</sup>F com pH variando entre 7,1 e 7,5. São águas de baixa salinidade, resíduo seco variando entre 28 e 120 mg/l. A soma dos alcalinos é superior ao rCl e a razão rMg/rCa é menor que a unidade. Destas amostras uma coletada no gnaiss (PC gn) e duas em fontes das quais u ma no gnaiss-granítico (PC'ggn) e a outra em xistos (PC'x). Dado os baixos valores de resíduo seco e a predomi nância do ion rHCO<sub>3</sub> são, provavelmente, águas provenientes de alimentação recente onde o tempo de contato água-rocha foi ainda suficiente para provocar maior salinização.



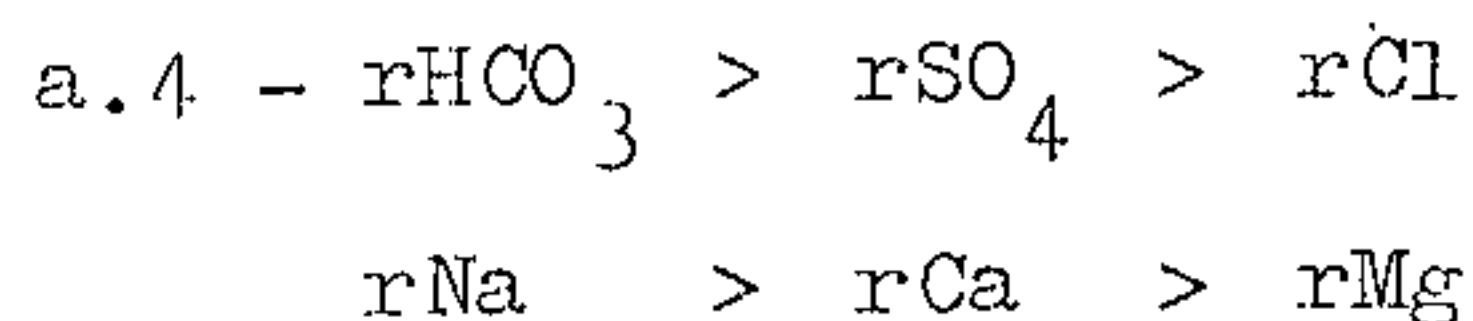
As águas deste sub-grupo possuem dureza baixa , com pH variando entre 7,1 e 7,5. A salinidade é baixa re gistrando-se uma variação do resíduo seco entre 32 e 59 mg/l. O rCl é inferior à soma rNa+rK e o rMg é maior que o rCa. As amostras deste sub-grupo foram captadas em fontes em rochas gnaiss-graníticas (PC ggn). Retrata condições de alimentação e circulação semelhante ao sub-grupo ante rior.



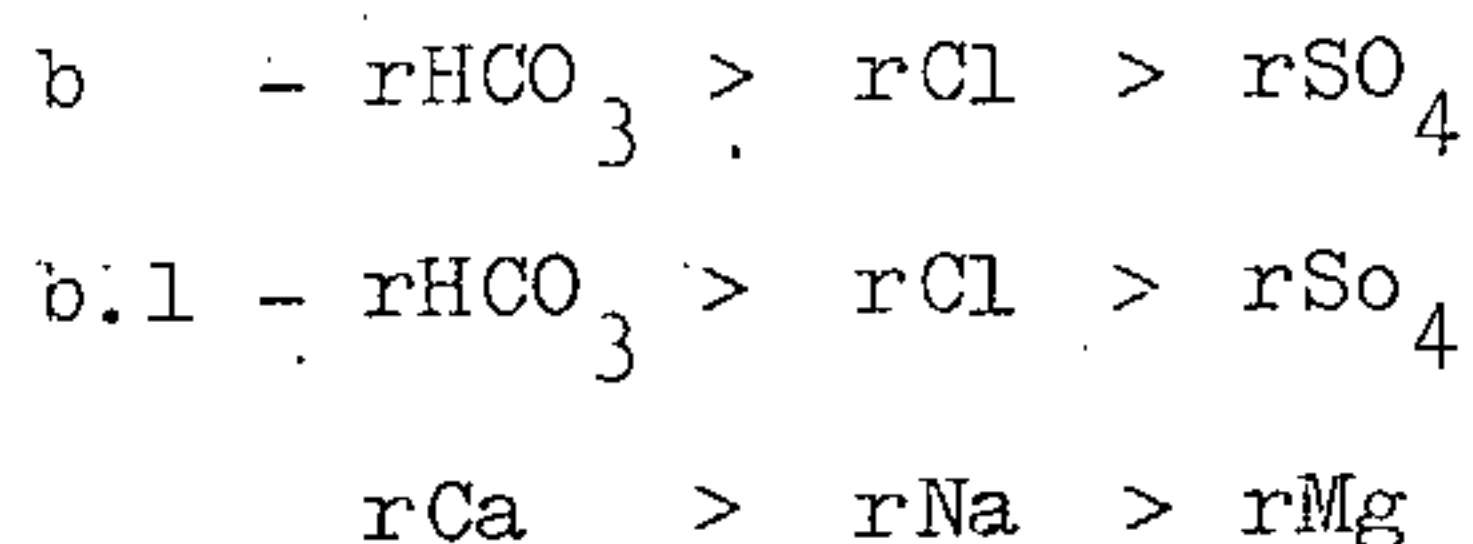
Representa este tipo químico de água uma amos tra coletada em fonte situada em rochas gnaiss-graníticas



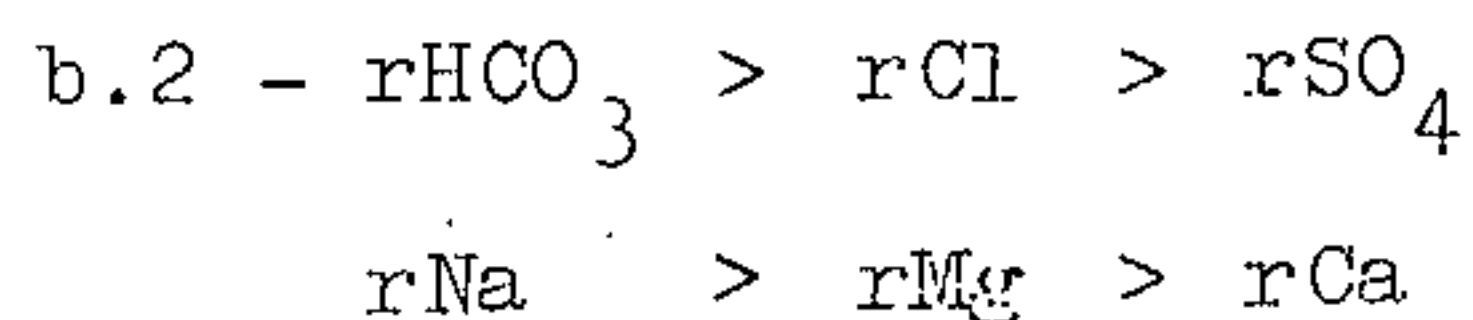
(PC ggn). Trata-se de um tipo de baixa dureza, pH igual a 7,1 e baixa salinidade. A soma dos alcalinos é maior que o radical cloreto e o rCa é superior ao rMg.



Uma amostra de água coletada em fonte, no gnais se-granítico (PC'ggn), representa este tipo químico. Possui baixa dureza classificando-se como uma água muito mole, e pH igual a 6,5. A soma dos radicais alcalinos é maior que o radical cloreto. O rCa é maior que o rMg.



Este sub-grupo acha-se representado por uma amostra coletada em poço tubular perfurado em xistos (PC x). A água é muito dura, com pH igual a 8,5, resíduo seco de 530 mg/l com restrições ao consumo humano. A soma dos alcalinos é maior que o radical cloreto e o rCa é superior ao rMg.



Está representado este sub-grupo por uma amostra de água coletada em fonte situada em xistos (PC'x). Possui uma dureza de 11,64<sup>o</sup>F sendo classificada, quanto a dureza, como mole. O resíduo seco é de 251 mg/l sendo considerada a água como potável. A soma rNa + rK é superior ao radical cloreto e o rMg é maior que o rCa.

No quadro geral, o resíduo seco situa-se entre 22 e 1180 mg/l. Nas rochas gnaisse-graníticas (PC'ggn) pa

ra duas amostras coletadas em poços perfurados em Água Boa o resíduo seco apresentou valores de 78 e 360 mg/l, se comportando como potáveis. As fontes apresentam o resíduo seco situado entre 22 e 69 mg/l. Nas rochas xistosas para as fontes o resíduo seco varia entre 41 e 120 mg/l, em poços tubulares situa-se entre 530 e 1180 mg/l e a única amostra coletada em poço manual apresenta um valor de 361 mg/l. Nas rochas gnáissicas (PC mm), numa amostra de poço tubular acusou um valor de resíduo seco de 89 mg/l e outra, de poço manual, apresentou um resíduo seco de 107 mg/l. Conclui-se que os valores de resíduo seco maiores são correspondentes às águas captadas em xistos.

No quadro 6.2 apresenta-se a frequência dos resíduos secos das águas subterrâneas do Pré-Espinhaço.

#### SALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO PRÉ-ESPINHAÇO

Variação da Salinidade em Resíduo Seco (mg/l)	F R E Q U Ê N C I A		
	Nº Análises	%	Cumulativo
0 - 500	16	84,21	84,21
500 - 1000	02	10,53	94,74
1000 - 1500	01	5,26	100,00
T O T A L	19	100,00	100,00

Quadro 6.2.

A condutividade varia entre 8,3 a 1666,6 micro mho/cm. Das amostras apenas três possuem valores maiores que 500 micromho/cm, ou seja, as de nºs 562, 565 e 624, com valores de 1666,6 , 565 e 624 micromho/cm, respectivamente tratam-se de águas captadas em xistos (PC x).

As amostras representativas da área estão indi

cadras em diagramas logarítmicos e Stiff-Custódio nas figuras nºs 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 e 6.5 e plotadas no diagrama trilinear de Piper na figura de nº 6.6.

#### 6.1.3.2 Potabilidade

Quanto à potabilidade apenas as amostras 562, 565 e 624, coletadas em poços tubulares, perfurados em xistos (PC x), possuem restrições ao consumo humano. De acordo com os limites de potabilidade de Schoeller (Quadro nº 6.3), a amostra 562/33 é passável quanto ao sódio e medíocre no que se refere ao resíduo seco (1180 mg/l) e dureza. A amostra 565 é passável quanto ao resíduo seco (685 mg/l), sódio e dureza. Finalmente, a de nº 624 apresenta pequenas restrições no que se concerne ao resíduo seco (530 mg/l) e dureza, comportando como passável.

#### 6.1.3.3 Irrigação

Das amostras selecionadas predomina o grupo  $C_0S_1$  segundo a classificação de águas para irrigação, considerando o SAR e a Condutividade. Excepcionalmente, as amostras de números 209 e 624 representam os grupos  $C_2S_1$  e  $C_3S_1$  (fig. nº 6.7), respectivamente, possuindo a última severas restrições ao uso na irrigação. Foram coletadas em poços tubular e manual, respectivamente, perfurados em xistos (PC x).

Vale ressaltar que de 09 amostras coletadas apenas são de poços tubulares as quais representam os tipos  $C_3S_1$  e  $C_1S_1$  e ocorrem em xistos (PC x). Em poços tubulares situados em Água Boa as amostras analisadas não apresentando os valores dos alcalinos não foi possível classificá-las no que se refere ao uso para irrigação mas, se considerarmos apenas as classificações baseadas no resíduo

QUADRO 6.3

LIMITES DE POTABILIDADE DAS ÁGUAS SEGUNDO O PONTO DE VISTA QUÍMICO

	POTABILIDADE PERMANENTE				POTABILIDADE MOMENTÂNEA
	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 SÊCO	0 - 500	500 - 1000	1000 - 2000	2000 - 4000	4000 - 8000
Na	0 - 115	115 - 230	230 - 460	460 - 920	920 - 1840
Mg/12 + Ca/20	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 80
EM GRÁU HIDROMÉTRICO	0 - 25	25 - 50	50 - 100	100 - 200	200 - 400
Cl	0 - 177,5	177,5 - 355	355 - 710	710 - 1420	1420 - 2840
SO <sub>4</sub>	0 - 144	144 - 288	288 - 576	576 - 1152	1152 - 2304

Seg. H. Schoeller, 1955.

- VALORES EM MILIGRAMAS POR LITRO (Mg/l)



# CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

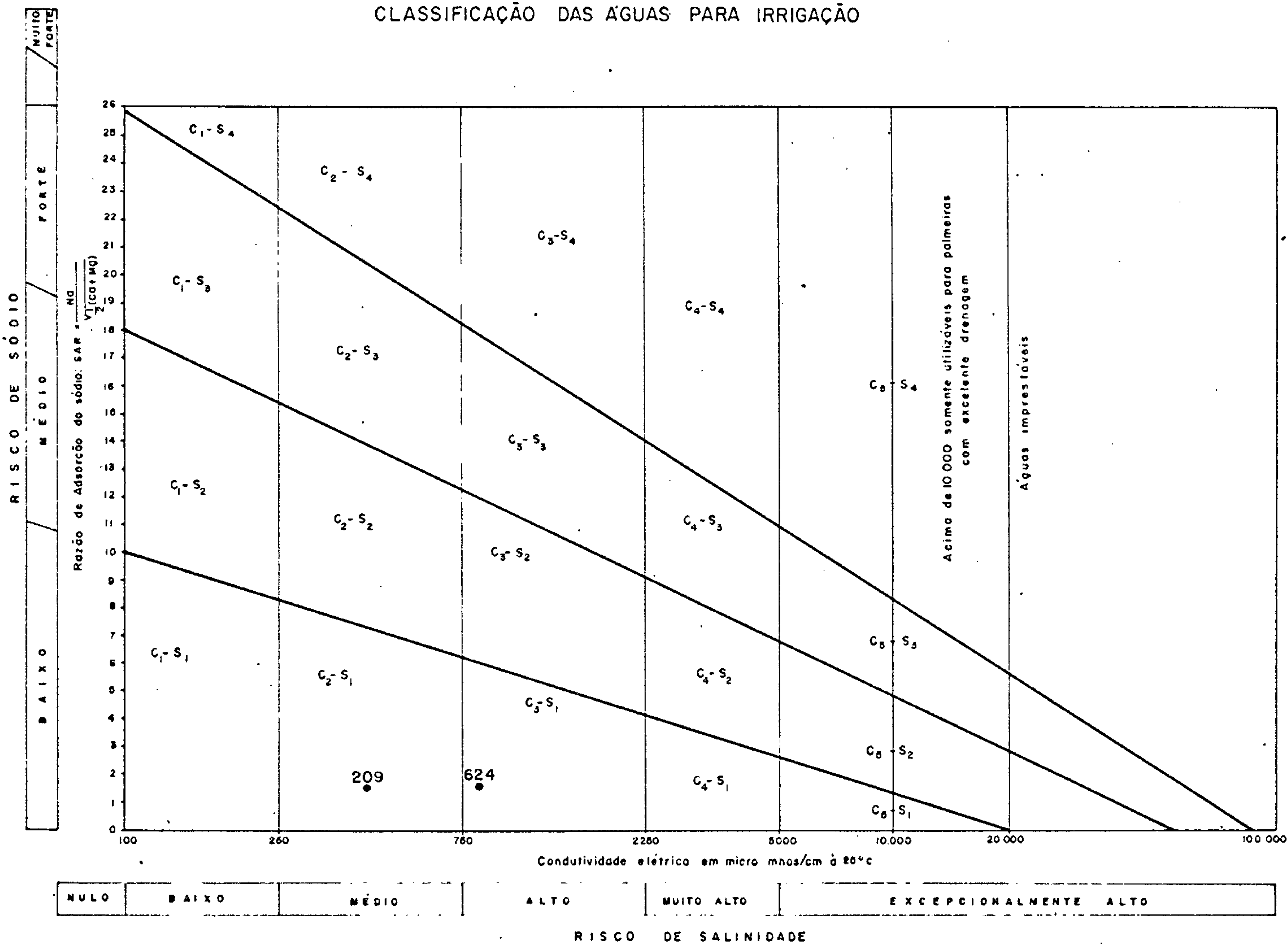


FIG. 6.7

seco (BOGOMOLOV, 1955 e CHEBOTAREV, 1956) são consideradas como boas para a irrigação, devido aos seus valores de resíduo seco serem menores que 500 mg/l.

As águas do tipo  $C_2S_1$  podem ser usadas se houver uma lixiviação moderada do solo possuem fraco risco de aparição de teores nocivos de sódio susceptível de troca. As águas representativas do tipo  $C_3S_1$  podem ser utilizadas apenas em terrenos com muito boas condições de drenagem do solo e possuem baixo risco de aparição de teores nocivos de sódio susceptível de troca.

## 6.2 Águas Subterrâneas no Super-Grupo Espinhaço

Constituem o Super-Grupo Espinhaço rochas predominantemente quartzíticas, filitos, conglomerados, metavulcânicas ácidas e quartzitos ferruginosos subordinados.

### 6.2.1 Alimentação, Circulação e Descarga

A alimentação desta unidade verifica-se em maior parte através da infiltração direta das precipitações. Considerando-se para a média pluviométrica um valor de 1200 mm, o volume anual médio precipitado na área ( $5340 \text{ km}^2$ ) correspondente ao Super Grupo Espinhaço é de  $V_p = 6,4 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$ . Desse total grande parte se divide entre as perdas por evapotranspiração e na alimentação dos cursos d'água e o restante se infiltra. Apesar da morfologia não muito favorável devido às altas declividades das áreas do Super Grupo Espinhaço a infiltração pode ser significante face à grande densidade de fraturas verticais e subverticais existentes. O excesso se escoar em direção aos gnaisses do Pré-Espinhaço, rochas do Grupo Macaúbas e metassedimentos da Formação Paraopeba. A sua conformação es

trutural refletindo em uma geomorfologia com relevo acidentado e com escarpas, aliado a grande densidade de fraturas verticais e subverticais propicia a uma incidência muito grande de fontes as quais são em maioria perenes possuindo boas vazões. Ao atingir a capacidade de saturação das fraturas a água retorna à superfície passando a contribuir às águas superficiais.

### 6.2.2 Capacidade de Produção dos Poços

Fáce ao pequeno número de poços perfurados em terrenos do Super Grupo Espinhaço, nos limitaremos, para e feitos meramente ilustrativos, a fazer uma análise das características de produção de dois poços, cujos ensaios de bombeamento foram executados pela COPASA e DNOCS. Os resultados, como já estava previsto, confirmam a baixa capacidade de produção dos poços nos terrenos metassedimentares do Super Grupo Espinhaço, dado às características de permeabilidade do meio aquífero semelhantes às das rochas cristalinas. No poço tubular nº 58/33, situado em Botumirim, obteve-se no ensaio de bombeamento, uma vazão específica de 390 l/h/m, enquanto que no poço perfurado no distrito de Catuni, a capacidade específica atingiu um valor de 1998 l/h/m, ambas as perfurações situadas em terrenos de formação quartzítica.

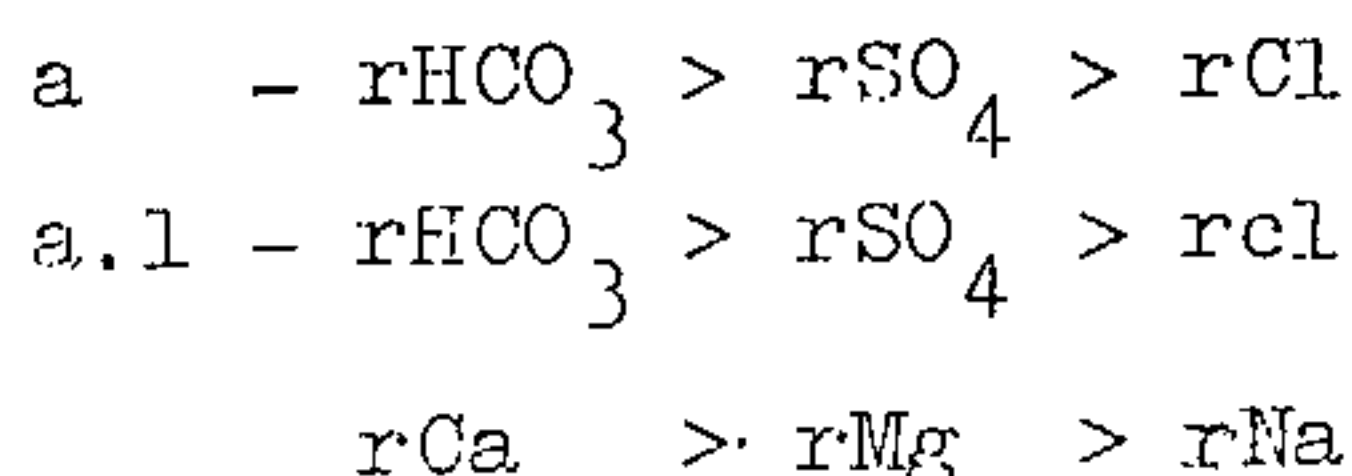
### 6.2.3 Qualidade da Água

A captação da água através de poços tubulares nas áreas do Super Grupo Espinhaço é irrisória, talvez devido à aceitação das populações das águas das inúmeras fontes de escoamento existentes. Foram coletadas três amostras

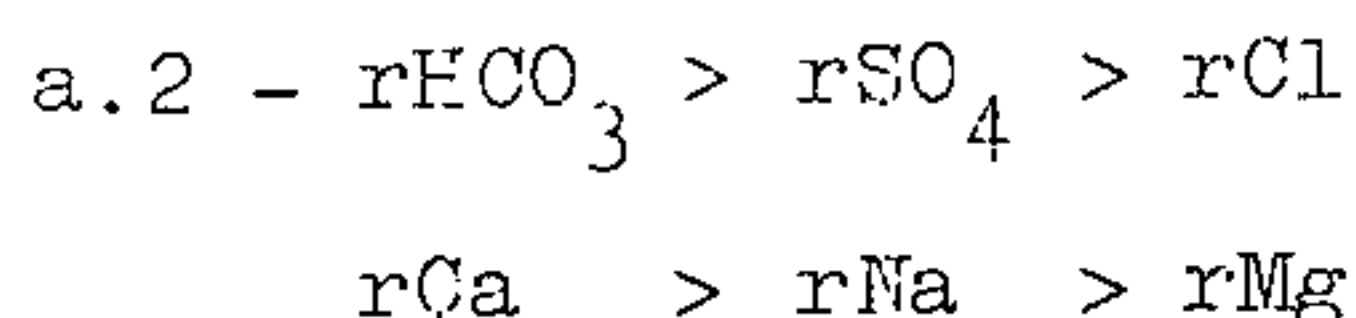
tras das quais uma em um único poço tubular existente na área e duas em fontes.

As amostras representam, segundo diagrama trilinear de Piper, os tipos bicarbonatada cálcica e sulfatada magneso-cálcica (fig. 6.8).

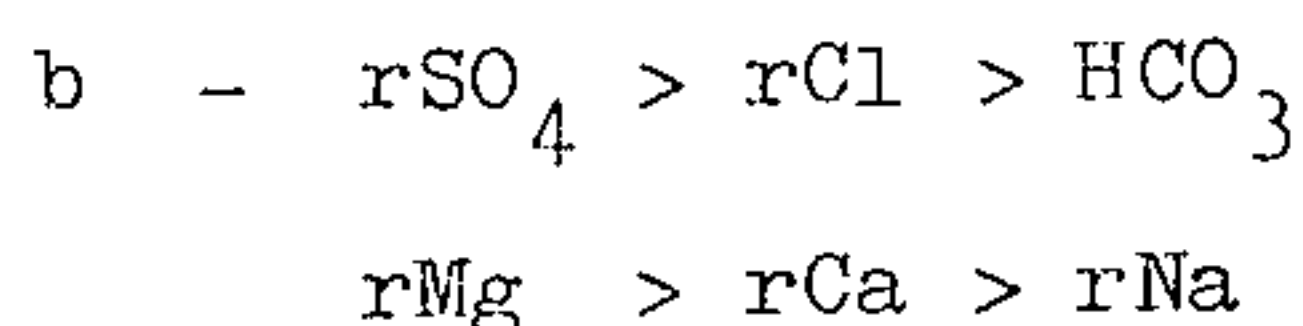
Quanto à relação entre cations e anions, representam as amostras coletadas os grupos e sub-grupos seguintes:



Corresponde a uma amostra coletada em fonte. Trata-se de uma água muito mole, ácida e de baixa salinidade com resíduo seco igual a 42 mg/l, sem restrições ao consumo humano. Apresenta  $r\text{Na} + r\text{K}$  menor que o  $r\text{Cl}$  e  $r\text{Ca}$  superior ao  $r\text{Mg}$ .



Representa esta fácies a amostra coletada em poço tubular situado em Botumirim. Possui baixa dureza, pH igual a 7,4 e baixa salinidade, sem apresentar restrições ao consumo humano. A soma dos alcalinos é maior que o radical cloreto. O  $r\text{Ca}$  é maior que o  $r\text{Mg}$ .



Representa este sub-grupo uma amostra coletada em fonte. Trata-se de água potável, mole, ácida e de baixa salinidade. Possui um equilíbrio cloro-alcalino e o radical  $r\text{Mg}$  é igual ao radical  $r\text{Ca}$ .



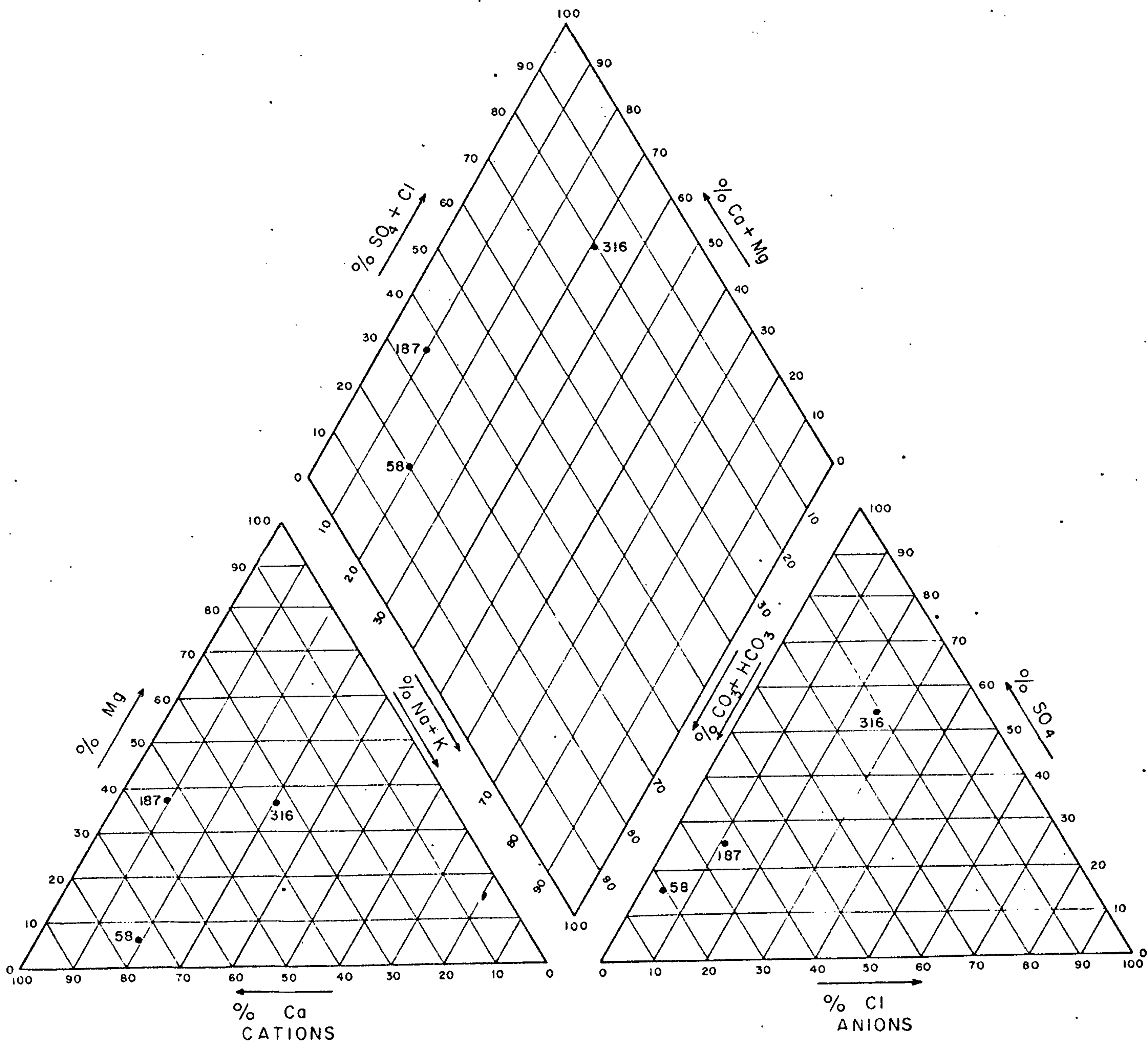
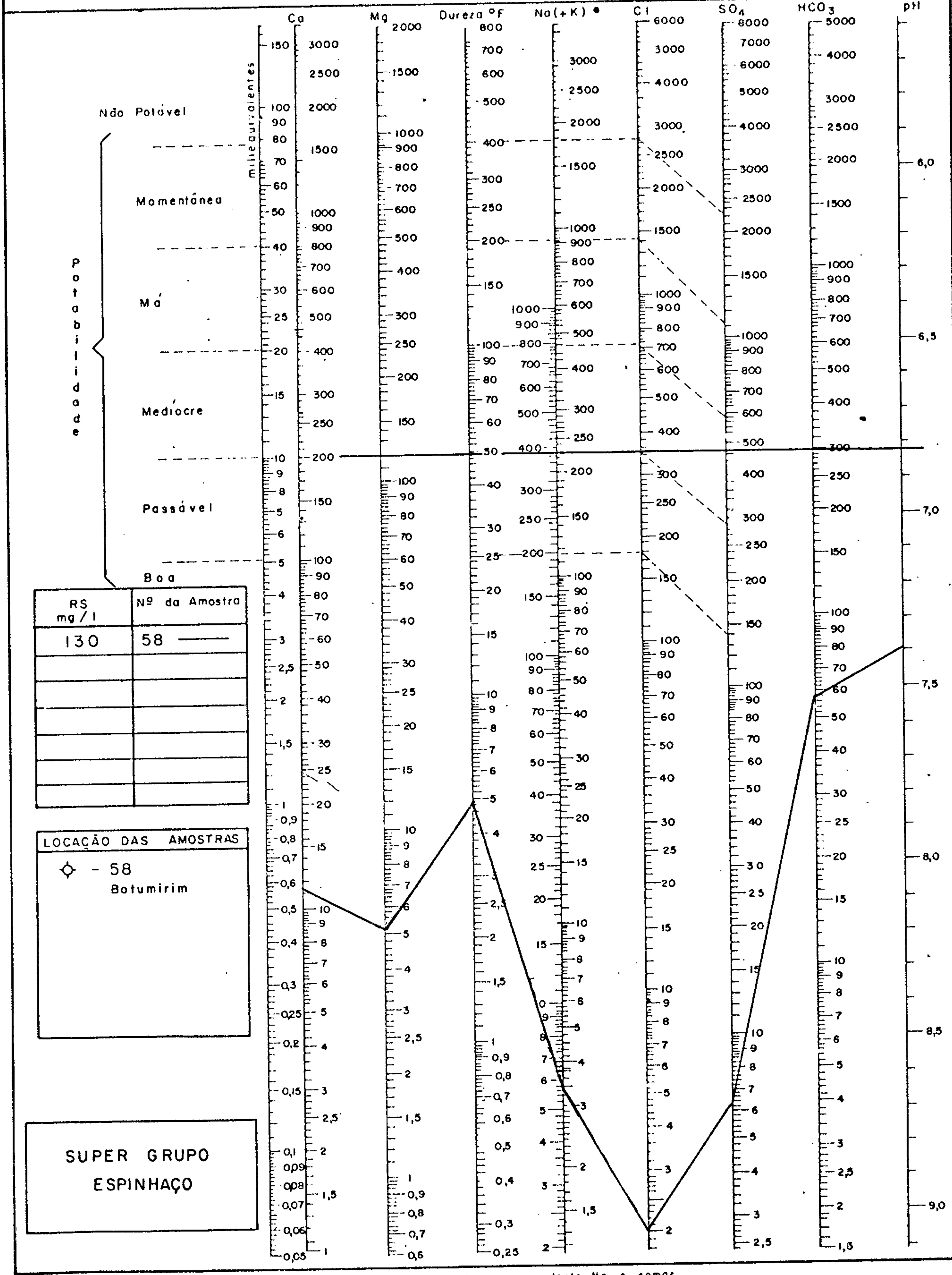


DIAGRAMA TRILINEAR DE PIPER

FIG. 6.8

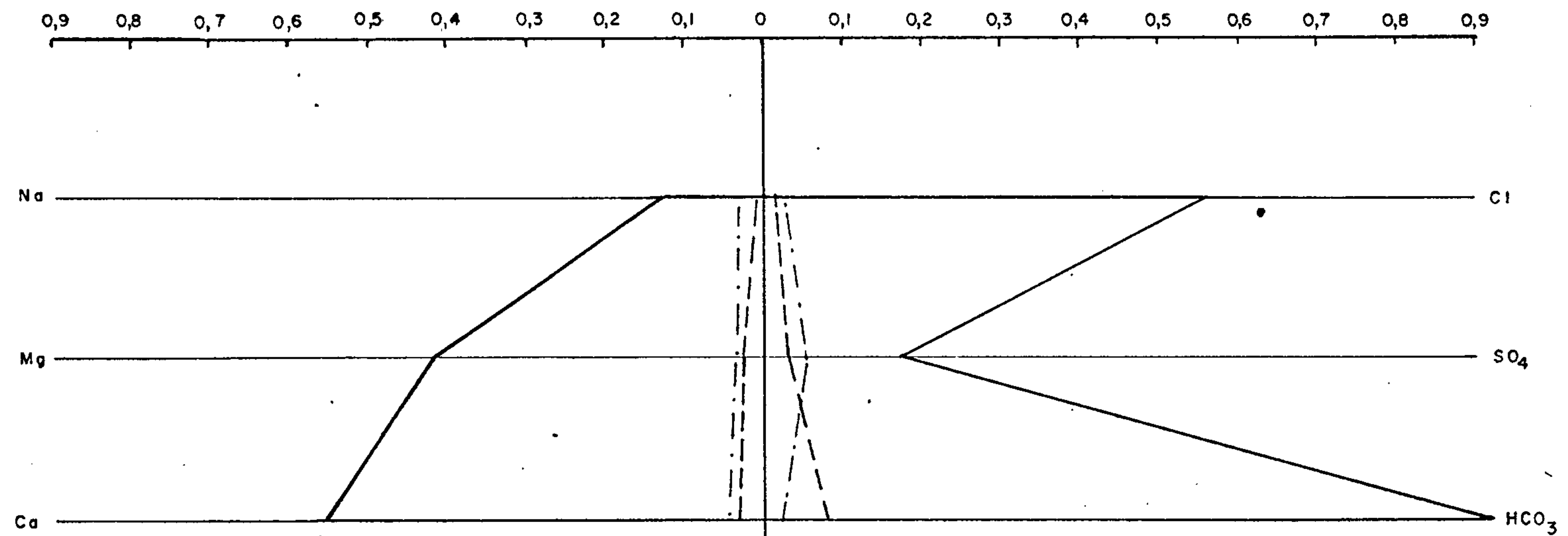
### DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



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

FIG. 6.9.

### DIAGRAMA DE STIFF - CUSTÓDIO



		Nº DA AMOSTRA
—	♂	58
- - -	♂	187
- · - ·	♂	316

LOCAL DA AMOSTRA	Rocha
Botumirim - Botumirim	Quartzito
INhaí - Diamantina	Quartzito
Sítio S. Helena - Graão Mogol	Quartzito

Esc. 1 meq/l = 10 cm

FIG.6.10.

Os tipos químicos abordados estão representados nas figuras 6.9 e 6.10 segundo os diagramas logarítmicos e Stiff-Custódio, respectivamente. Os pontos amostrados foram plotados no diagrama trilinear de Piper conforme figura 6.8.

As águas subterrâneas nos quartzitos, segundo os resultados obtidos nas amostras coletadas não apresentam restrições ao uso para a irrigação. Representam o tipo  $C_{o_1}S_1$  caracterizado por apresentar baixo risco de salinização e fraco risco de aparição de teores nocivos de sódio.

### 6.3 Águas Subterrâneas no Super Grupo S. Francisco

#### 6.3.1 Águas Subterrâneas no Grupo Macaúbas

O conjunto litológico que compõe o Grupo Macaúbas é constituído de rochas de natureza clástica e caracterizadas por inúmeras variações faciológicas, podendo-se, entretanto, distinguir, em algumas áreas, da base para o topo, três unidades descritas a seguir.

- a - Conglomerados com matriz quartzítica passando gradualmente à rochas conglomeráticas, possuindo uma variação faciológica vertical e lateral bem caracterizada;
- b - Diamictitos;
- c - Clásticos finos alternando-se com material pelítico, caracterizados como ritmitos.

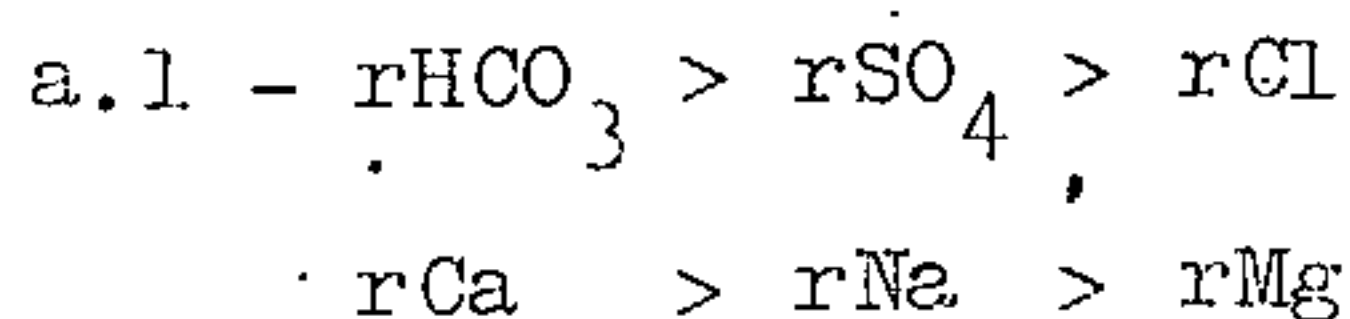
A variação faciológica em transição e a heterogeneidade litológica dificultando, inclusive, uma divisão do Grupo Macaúbas em superfície, não despertam muito interesse hidrogeológico ao presente trabalho. A captação de água por poços tubulares é irrisória e parte deles encon



tram-se abandonados. Foram selecionados 07 poços tubulares dos quais dois perfurados exclusivamente no Grupo Macaúbas e 05 atravessam inicialmente a cobertura do Terciário-Quaternário para, finalmente, atravessar parcialmente o Grupo Macaúbas. Os perfis dos retromencionados poços são incompletos, ausentes de uma descrição litológica mais detalhada. A profundidade varia entre 82 e 120 metros, sendo o nível estático médio da ordem de 23 metros. Os testes de vazão realizados por câçamba não refletem precisamente o comportamento hidrodinâmico do meio aquífero. Dado a precariedade de poços tubulares, não possuindo perfis litológicos e de sondagem, não foi possível se efetuar um teste de bombeamento para se definir as características produtivas do sistema.

De poucas amostras coletadas em poços, 05 foram selecionadas para fins de classificação química e uso da água para o consumo humano e agricultura. Segundo o diagrama de Piper (fig. 6.11), três pertencem ao Grupo das bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas, uma ao grupo das sulfatadas bicarbonatadas magnesianas e a restante ao grupo das cloretadas magnesianas conforme características químicas a seguir:

a - Bicarbonatada Cálcica



Pertence a este grupo uma amostra coletada em poço tubular situado no distrito de Olhos d'Água, no município de Bocaiuva. Trata-se de água mole, possuindo pH igual a 7,3 e baixa salinidade. O  $r\text{Mg}$  é maior que  $r\text{Ca}$  e a soma dos alcalinos é superior ao  $r\text{Cl}$ .



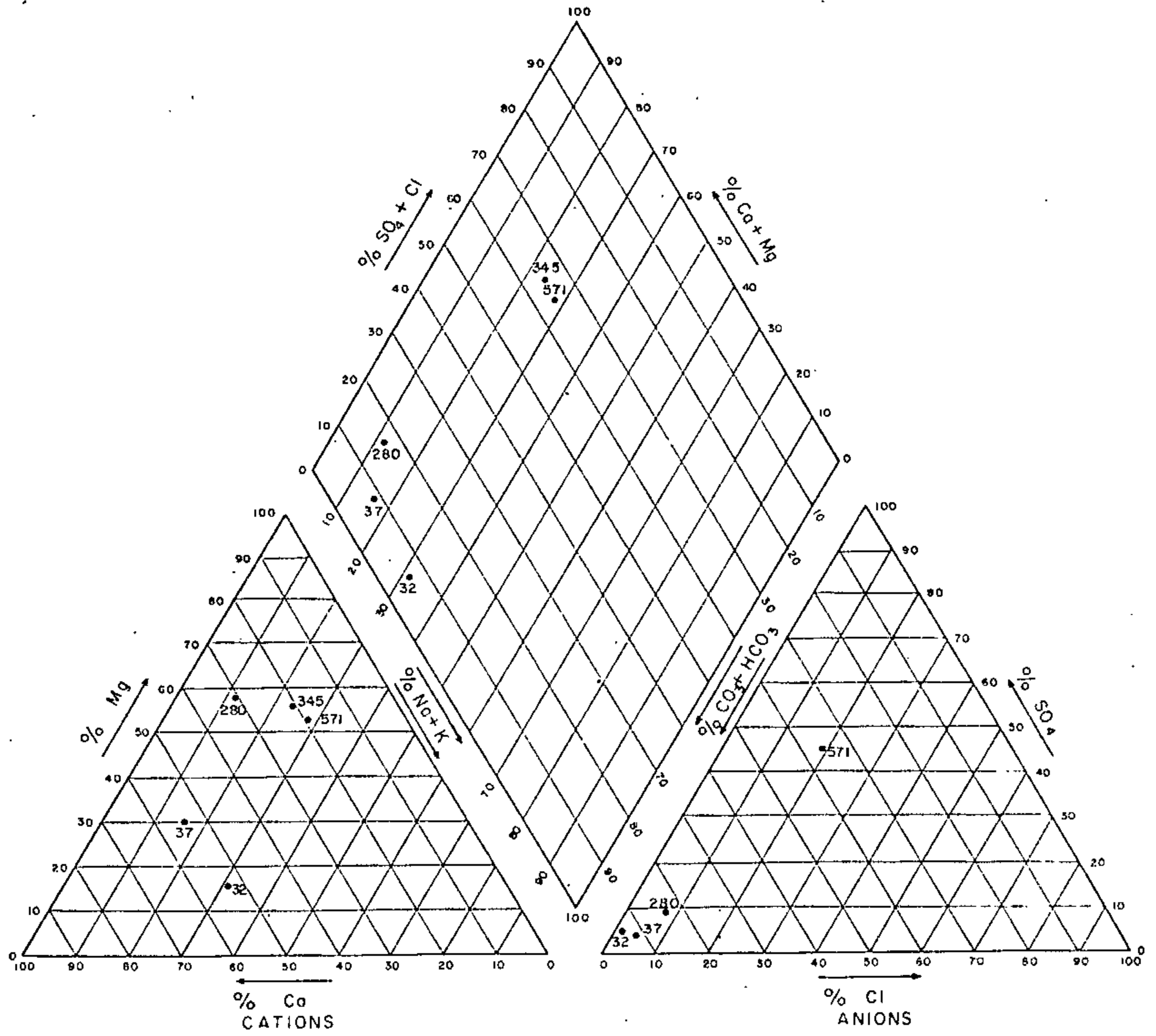
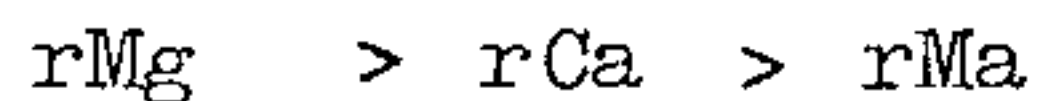
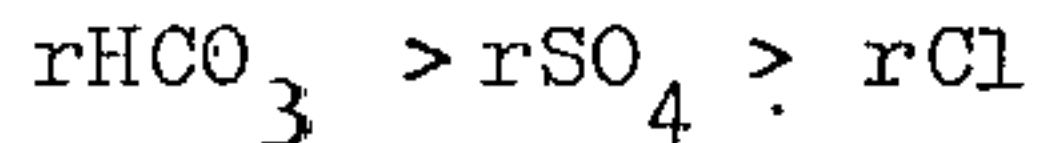


DIAGRAMA TRILINEAR DE PIPER

FIG. 6.11

Representa este tipo químico uma amostra de poço manual situado em Jequitaiá. Possui baixa dureza, ligeira alcalinidade e baixa salinidade. O rMg é inferior ao rCa, e a soma dos alcalinos é maior que o radical cloreto.

b - Bicarbonatada Magnésiana

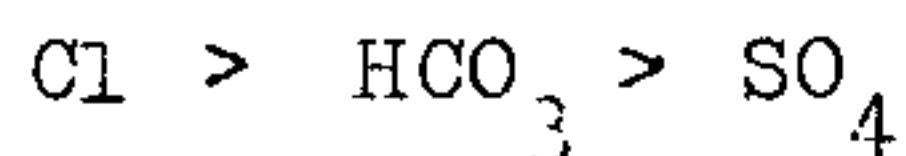


A água coletada em poço tubular situado na fazenda Poções, município de Francisco Sá, representa este grupo. Classifica-se segundo a dureza como muito dura. Possui o resíduo seco com 593 mg/l. Comporta-se como passável quanto a potabilidade em relação ao resíduo seco e alcalino terrosos de acordo com os limites de potabilidade definidos por Schoeller. Apresenta pH igual a 7,9, razão rMg/rCa maior que a unidade e soma dos alcalinos superior ao rCl.

c - Sulfatada-Bicarbonatada Magnésiana

A este grupo corresponde a água captada em Fruta do Leite, no município de Salinas. Trata-se de água muito mole, com pH igual a 7,1 e resíduo seco de 72 mg/l, isto é, de baixa salinidade. A soma dos radicais alcalinos é maior que o radical cloreto e a relação rMg/rCa é maior que a unidade.

d - Cloretada Magnésiana



Representa este grupo a água coletada em poço manual na cidade de Jequitaiá. Corresponde a água mole, pH igual a 5,9 e de baixa salinidade. A soma dos alcalinos é menor que o radical cloreto. O radical magnésio é maior que o radical cálcio.

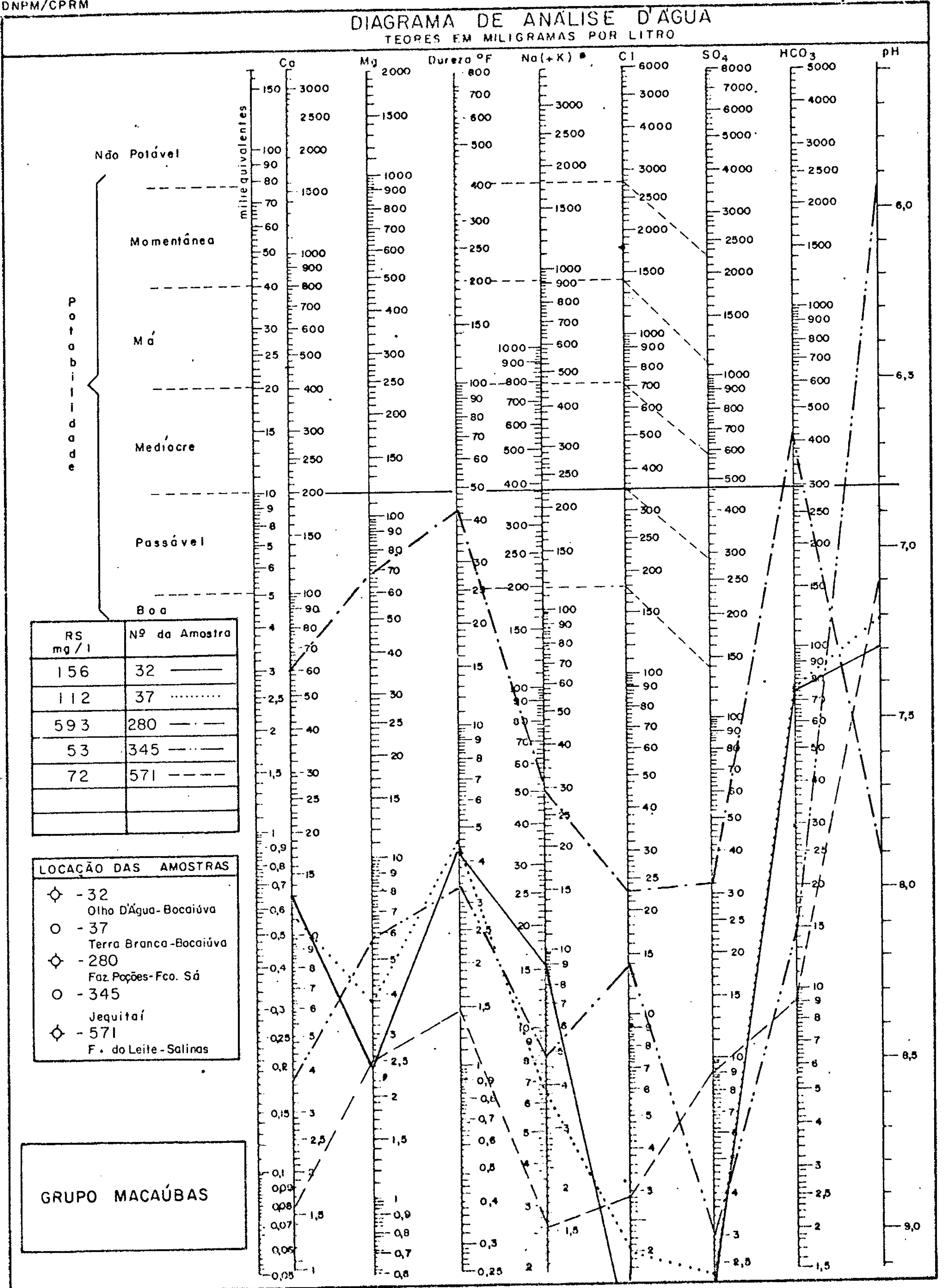
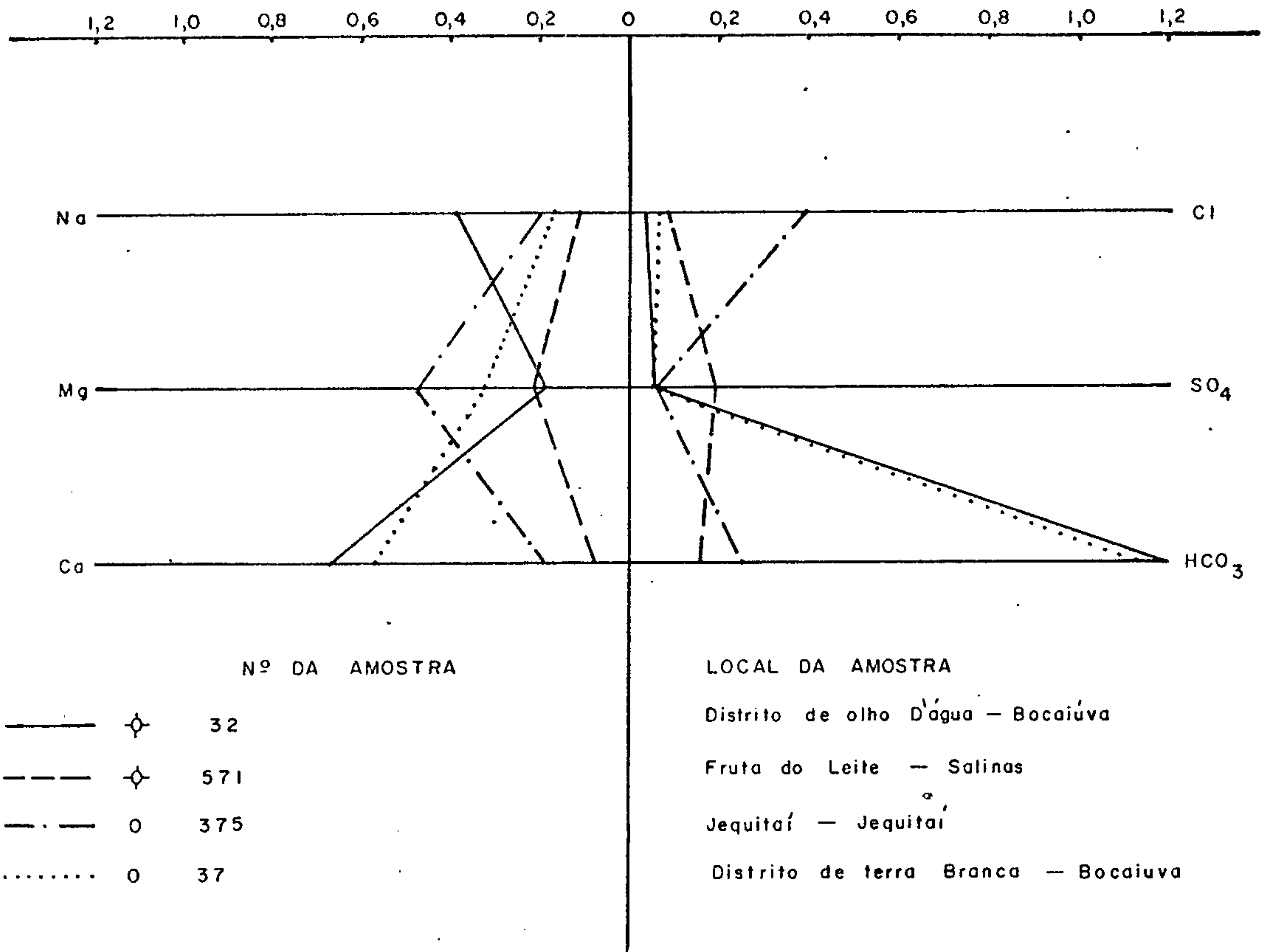


FIG. 6.12.





Esc.: 1meq/l = 5 cm

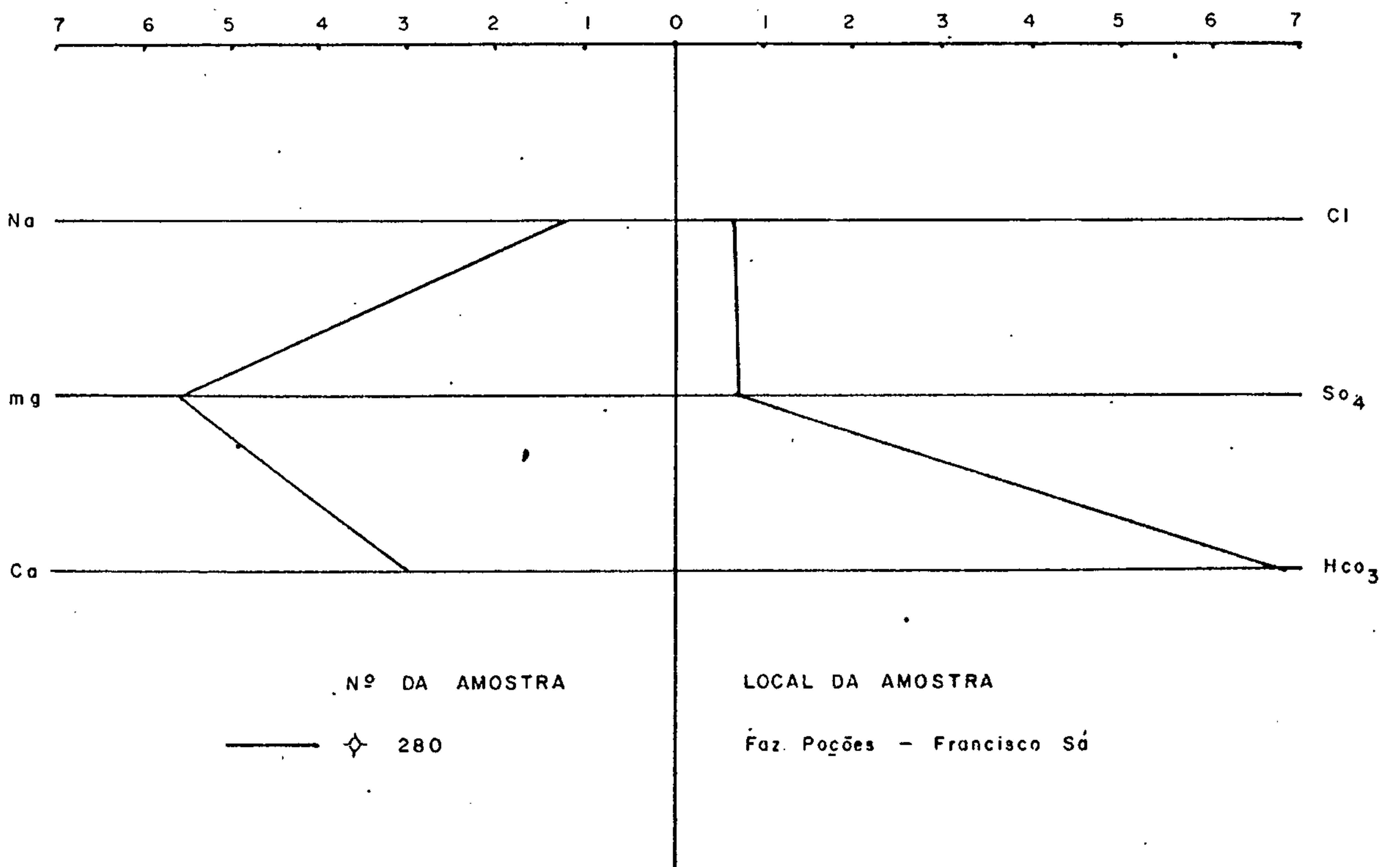


FIG. 6.13.

# CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

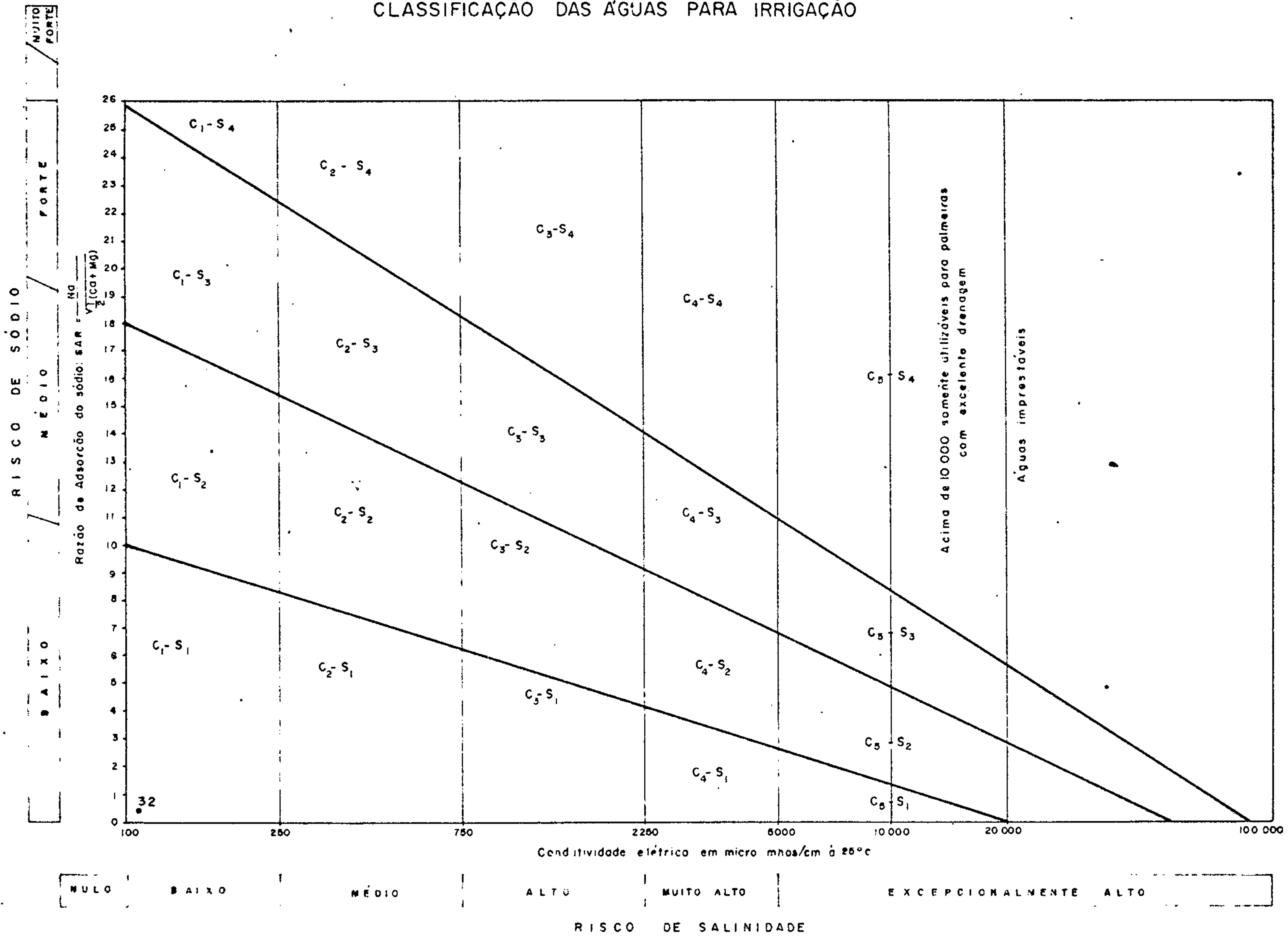


FIG. 6.14.

As amostras analisadas estão representadas quimicamente através dos diagramas logarítmicos de Stiff-Custódio nas figuras 6.12 e 6.13.

Para o uso na irrigação predomina o tipo  $C_0S_1$ , com exceção da amostra número 32 que representa o grupo  $C_1S_1$  sem restrições às atividades agrícolas (fig. 6.14):

Quanto à potabilidade não apresentam as amostras analisadas restrições ao consumo humano, excetuando-se a amostra coletada na fazenda Poções, no município de Francisco Sá, que se comporta como passável quanto ao resíduo seco e dureza, conforme limites de potabilidade de finidos por Schoeller.

#### 6.3.2 Águas Subterrâneas no Grupo Bambui

O Grupo Bambui está representado no âmbito da folha pelas formações Paraopeba e Três Marias, ocupando uma área de 18890 km<sup>2</sup> dos quais apenas 600 km<sup>2</sup> corresponde à formação Três Marias. Apresenta o Grupo Bambui uma sequência de rochas que apresentam primariamente um sistema de juntas de estratificação bastante realçada e, secundariamente, um sistema intensivo e extensivo de fraturas transversais que muitas vezes correlacionam-se ao estilo de dobramento. A capacidade de armazenamento de água acha-se intrinsecamente ligada à conformação estrutural e especialmente à tendência das rochas se deixarem formar condutos ou gretas pelo fenômeno de dissolução cárstica. A esta porosidade denomina-se secundária e predomina na formação Paraopeba, sendo a porosidade primária inerente à formação Três Marias. Conforme cita Custódio (1975) os resultados de porosidade e permeabilidade nas rochas carbonáticas obtidos em laboratório por DAVIS e DE WIEST, estão indicados no quadro nº 6.4.

POROSIDADE E PERMEABILIDADE NAS ROCHAS CARBONÁTICAS

Tipo de Rocha	Porosidade Total (%)	Permeabilidade (m/dia)
Calcário compacto, cristalino sem poros visíveis (Pérmico)	4	Menor que $10^{-4}$
Calcário compacto, cristalino com alguns poros visíveis (Pérmico)	10	$6 \cdot 10^{-3}$
Calcário, Creta (Devoniano)	30	$3 \cdot 10^{-2}$
Calcário Oolítico	32	$2 \cdot 10^{-1}$
Creta (Cretáceo)	29	
Calcário (Cretáceo)	5	
Calcário (Pensilvaniano)	6	
Calcário Grão Fino (Mississip.)	8	$10^{-4}$
Dolomito sacaroidal, porosidade intercrystalina (Ordov.)	12	$2 \cdot 10^{-2}$
Dolomito sacaroidal (Mississip.)	28	$2 \cdot 10^{-1}$
Dolomito (Ordovinciano)	6	$10^{-3}$

Quadro 6.4



### 6.3.2.1 Aquífero Paraopeba

O aquífero Paraopeba comporta-se como livre, do tipo anisotrópico, cuja transmissibilidade varia de ponto a ponto, condicionada pelo estilo de dobramento, presença de juntas, fraturas, litologia e grau de dissolução cársica.

A zona de saturação consumada nos vazios mantém certo paralelismo em relação à superfície do terreno conforme revelam as curvas equipotenciais.

#### 6.3.2.1.1 Alimentação

A recarga do aquífero Paraopeba é efetuada principalmente a partir da infiltração direta das águas pluviais que incidem sobre a sua área de ocorrência. Entretanto, nas zonas onde acha-se recoberto por sedimentos do Cretáceo, Terciário-Quaternário e Quaternário pode ocorrer recarga através de processos de infiltração vertical descendente.

As ardósias calcíferas do Paraopeba, de grande expressão na área estudada, possuem como os calcários permeabilidade condicionada às aberturas provocadas pelos sistemas de juntas, fraturas e diáclases. Diferem, entretanto, do calcário pela menor facilidade de serem solúveis e atacadas pelas águas circulantes, possuindo, portanto, menor volume de vazios.

A dissolução dos calcários propicia a formação de cavidades e canais que podem atingir grandes dimensões formando grutas, cavernas e condutos subterrâneos de grande capacidade de armazenamento.

Na região estudada, a Formação Paraopeba será considerada um único sistema aquífero, representado pelos calcários e ardósias, onde subsistem as condições de um

meio fraturado e cárstico, extremamente irregular e de características anisotrópicas.

Quanto ao aspecto litológico, na formação Paraopeba, quer nas zonas de predominância de ardósias como em áreas de maior ocorrência de calcários, a infiltração direta, a partir das chuvas, é efetivamente fraca, dado a seu caráter de permeabilidade secundária. Do ponto de vista morfológico, a acentuada movimentação de relevo em áreas da formação Paraopeba dificulta e reduz a recarga por infiltração direta das águas de chuva, favorecendo o escoamento superficial. Ressalte-se, ainda, a distribuição irregular das chuvas, concentrando-as em períodos curtos o que acarreta em volumes de realimentação que muitas vezes excedem a capacidade de infiltração, favorecendo o escoamento superficial. Este fato foi constatado em balanço hídrico baseado na Precipitação, Evapotranspiração Potencial e Variação de Reserva de Solo que fora calculado para a região de Montes Claros no primeiro capítulo. Corresponde ao período de excesso de reserva, ou seja, de escoamento, os meses de dezembro a março.

A alimentação da formação Paraopeba ocorre principalmente a partir dos cursos d'água residuais através de conexão da rede de drenagem com as diáclases, fraturas e cavidades de dissolução.

No quadro geral tem-se para o volume de escoamento subterrâneo na formação Paraopeba um valor da ordem de  $V = 1,57 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}$ , conforme cálculos efetuados nos itens 6.3.2.1.3. A taxa média de infiltração corresponde a 0,64%.

#### 6.3.2.1.2 Profundidade das Águas

Foi elaborado um mapa de profundidade das águas

subterrâneas, a partir das medidas do nível estático no período estival.

A profundidade das águas subterrâneas do sistema cárstico caracteriza-se por sua irregularidade, estando controlado, principalmente, pelas condições topográficas e subseqüentemente, pela intensidade da carstificação. Localmente podem ser encontrados níveis sob pressão, embora o sistema seja considerado livre como um todo. Entre as zonas de águas mais superficiais destacam-se aquelas situadas às margens dos rios São Francisco e Verde Grande.

A partir de dados obtidos em 505 poços tubulares existentes na folha, elaborou-se a seguinte distribuição percentual de profundidade do nível estático, conforme indicamos em quadro 6.5 e figura 6.15. Para o nível estático médio será adotado um valor de 19,2 m.

DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DA PROFUNDIDADE DO NÍVEL ESTÁTICO

Profundidade do nível estático	Percentual	Frequência Cumulativa
0 - 10	28,32	28,32
10 - 20	31,48	59,80
20 - 30	21,78	81,58
30 - 40	11,88	93,46
40 - 50	3,76	97,22
> 50	2,77	99,99
TOTAL	99,99	

Quadro 6.5

DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS  
PROFUNDIDADES DO NÍVEL ESTÁTICO

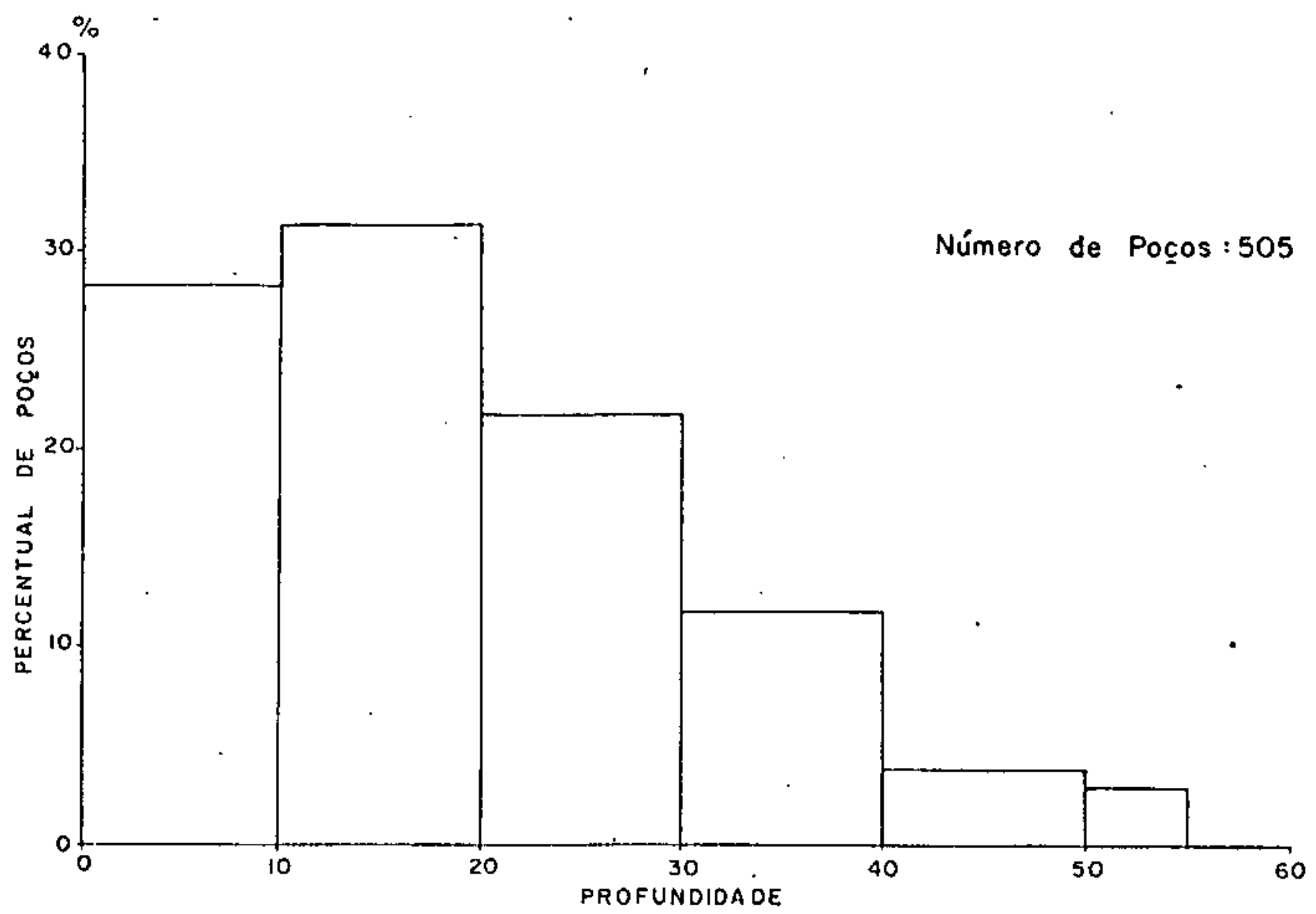


FIG. 6.15



DISTRIBUIÇÃO DAS ENTRADAS D'AGUA EM  
POÇOS TUBULARES PERFURADOS  
NA FORMAÇÃO PARAPEBA

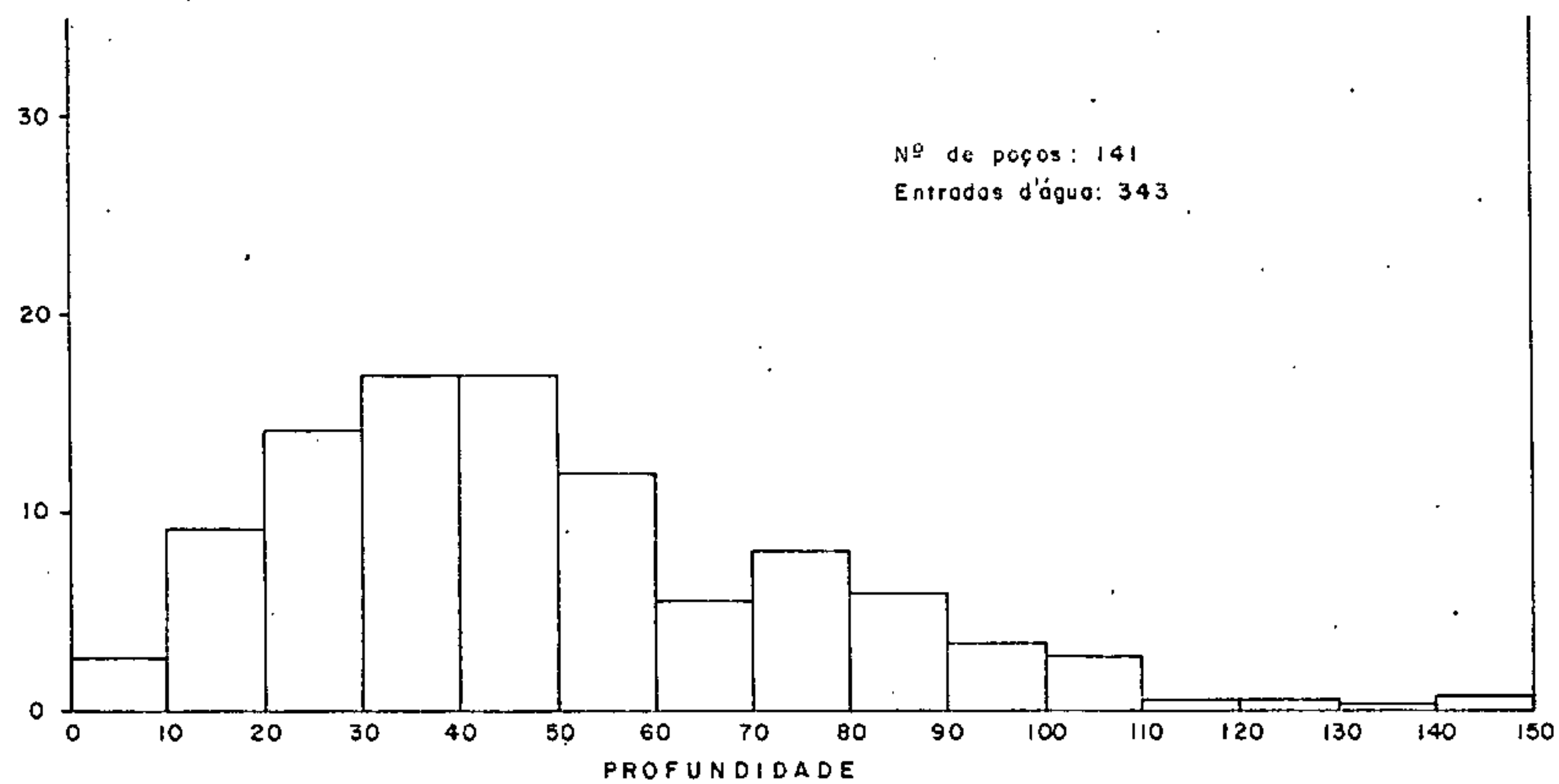
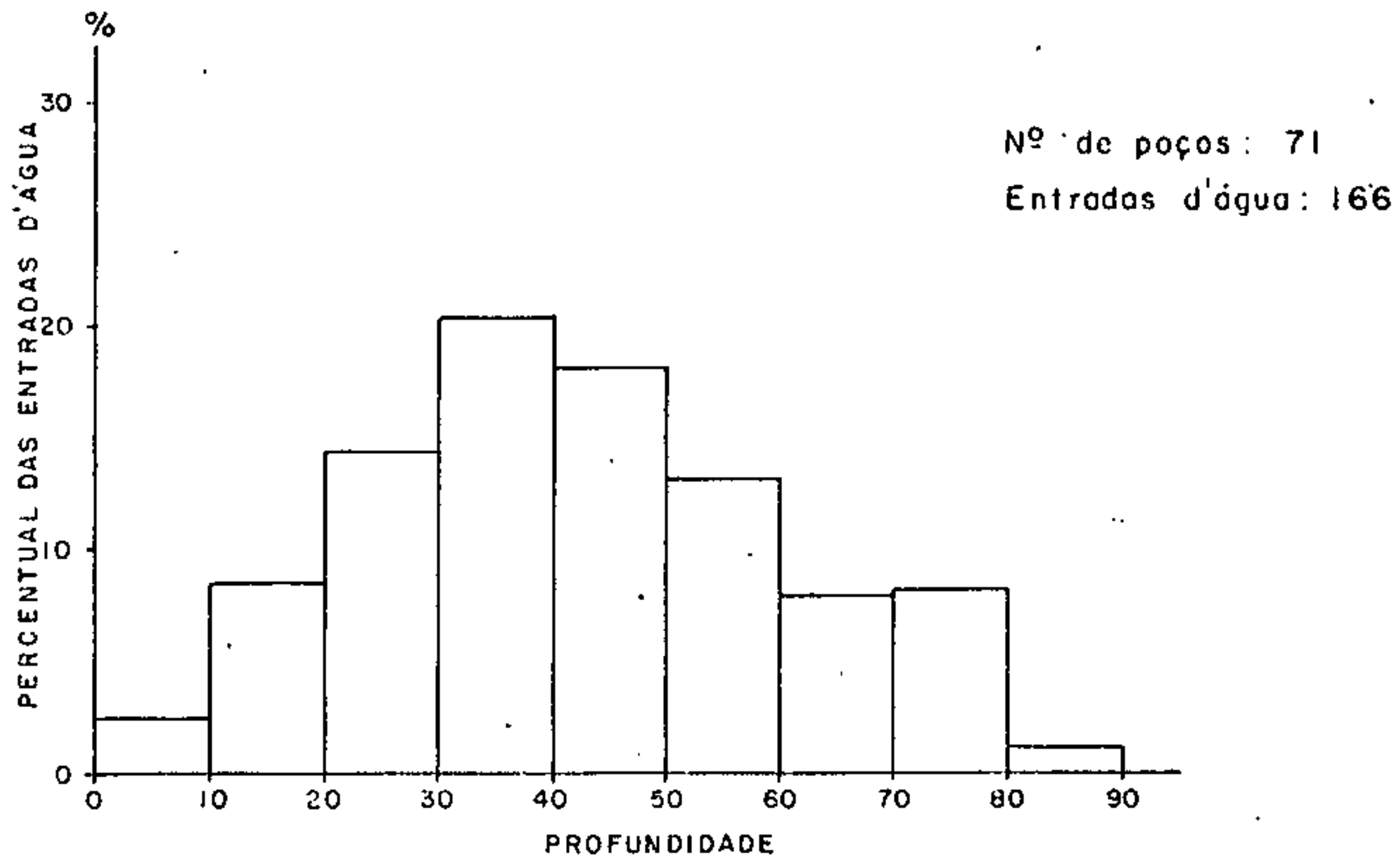


FIG. 6.16

DISTRIBUIÇÃO DAS ENTRADAS D'ÁGUA  
PARA POÇOS COM PROFUNDIDADE ENTRE  
60 E 90 METROS



DISTRIBUIÇÃO DAS ENTRADAS D'ÁGUA  
PARA POÇOS COM PROFUNDIDADE ENTRE  
90 E 120 METROS

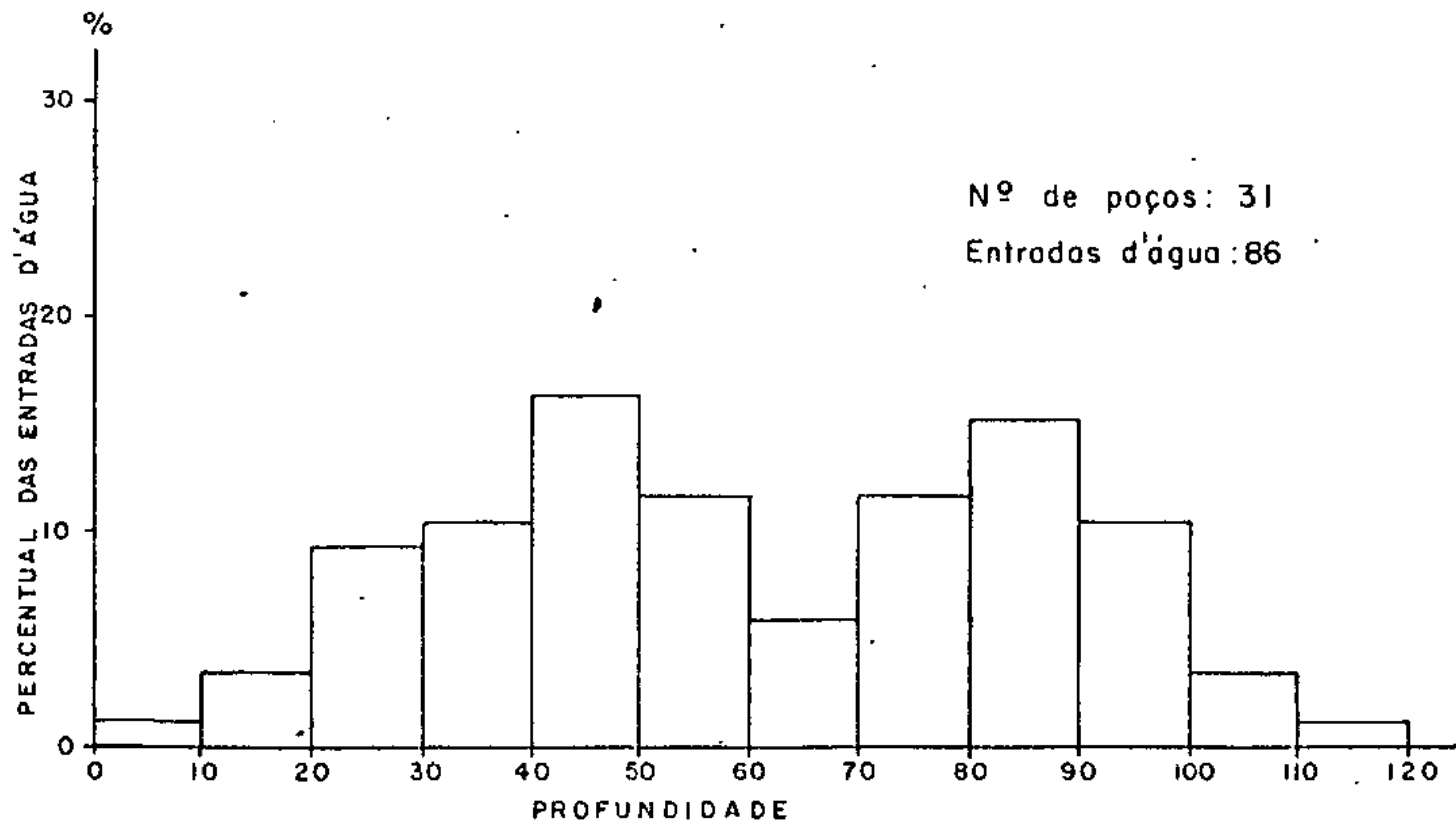
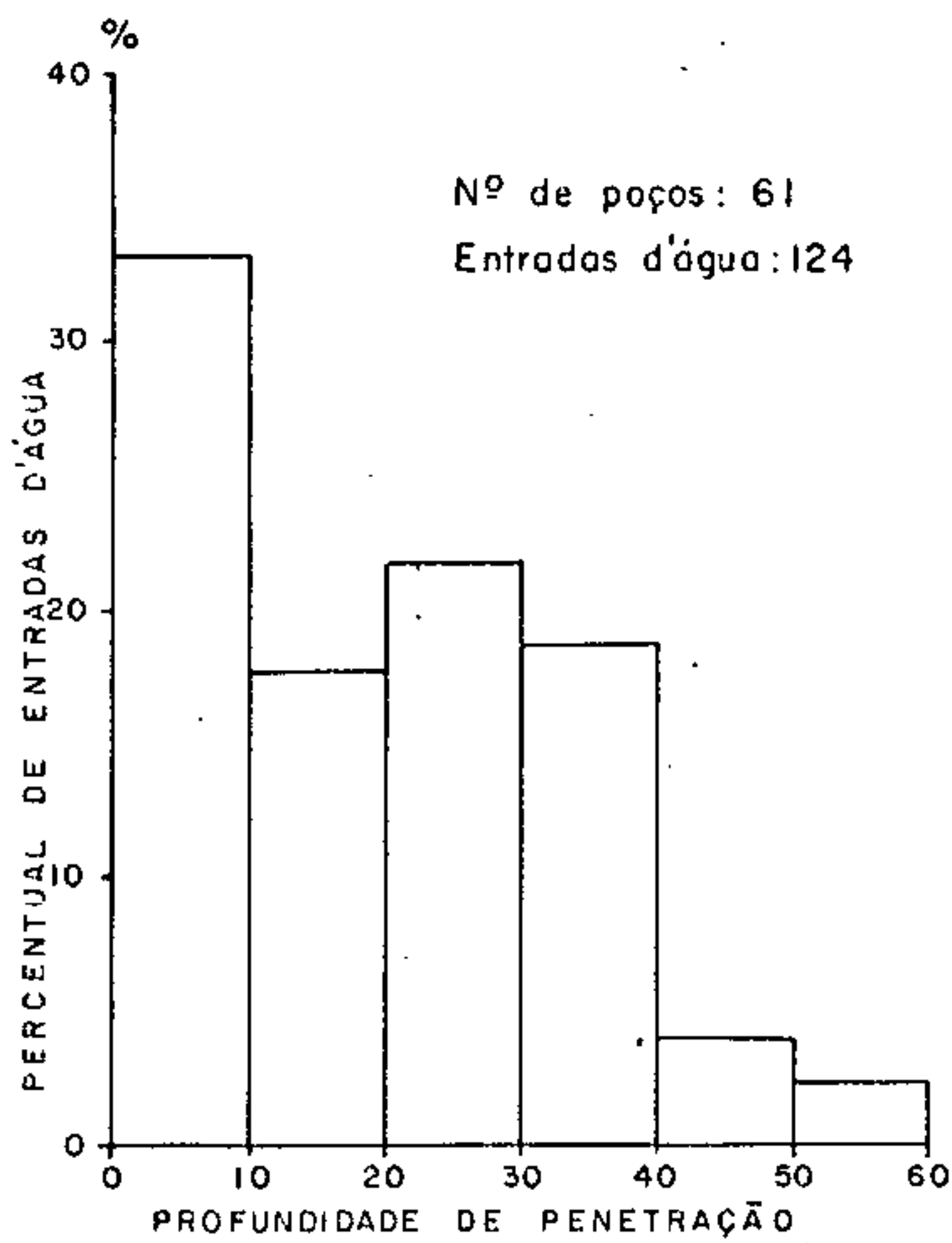
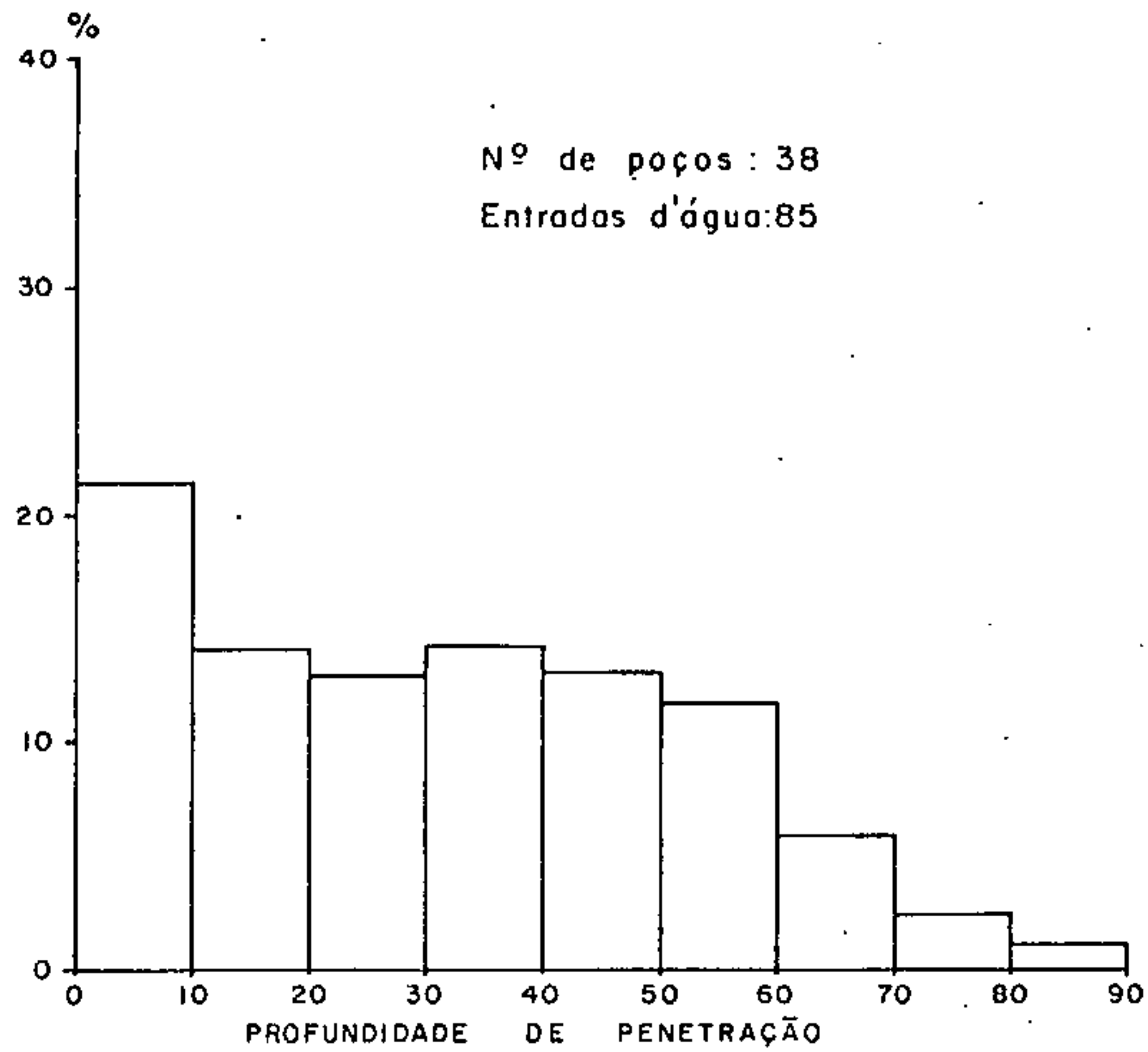


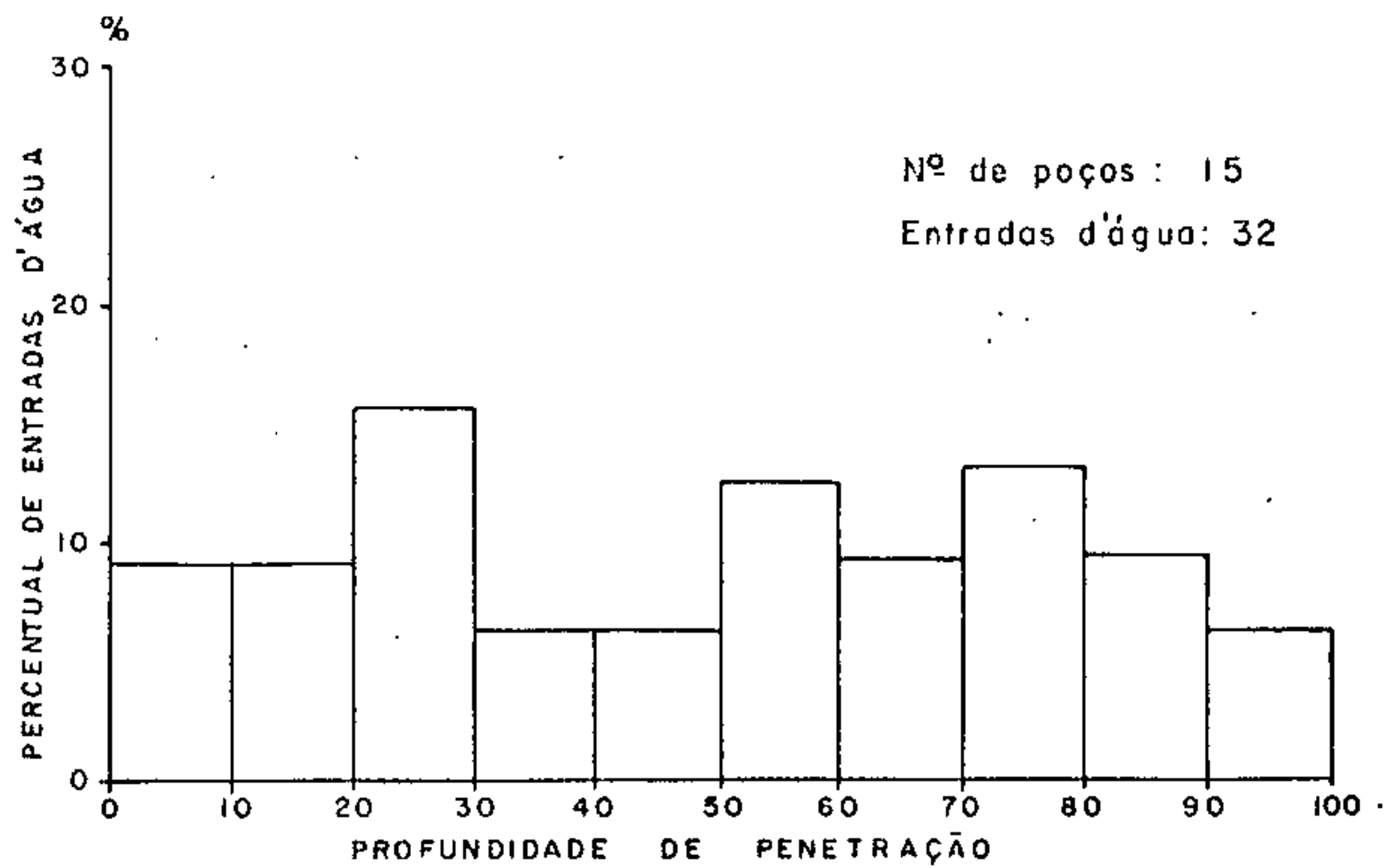
FIG. 6.17.



DISTRIBUIÇÃO DAS ENTRADAS D'ÁGUA A PARTIR DO TOPO EM POÇOS COM PENETRAÇÃO DE 30 A 60M NO CALCÁRIO



DISTRIBUIÇÃO DAS ENTRADAS D'ÁGUA A PARTIR DO TOPO EM POÇOS COM PENETRAÇÃO DE 60 A 90 M NO CALCÁRIO



DISTRIBUIÇÃO DAS ENTRADAS D'ÁGUA A PARTIR DO TOPO EM POÇOS COM PENETRAÇÃO DE 90 A 120 M NO CALCÁRIO

Estudos geofísicos executados pelo IPT, na região de Irecê, em áreas de ocorrência da formação Paraopeba, indicaram que a zona saturada, contendo água, está situada até um máximo de 100 metros de profundidade. Em estatística elaborada a partir de dados de poços tubulares, na folha, conclui-se que as zonas de maior fraturamento, contendo água, situa-se até 110 metros, possuindo as profundidades maiores remotas possibilidades no que tange à existência de fraturas mais abertas. A figura 6.16 representa a distribuição de entradas d'água em poços tubulares selecionados existentes na folha. Esta distribuição, em relação a intervalos de penetração dos poços estão indicadas na figura 6.17. Por outro lado, foi elaborada uma estatística da distribuição das entradas d'água a partir do topo do fácies calcário da formação Paraopeba, considerando-se determinados intervalos para a penetração no próprio calcário, conforme indicamos na figura nº 6.18.

#### 6.3.2.1.3 Escoamento das Águas Subterrâneas

Foi elaborado um mapa piezométrico para o período estival utilizando-se os dados de poços tubulares fontes e cacimbas existentes na folha. O traçado das curvas isopiezométricas possibilita a identificação das principais direções de fluxo das águas subterrâneas, o que auxilia sobre tudo a seleção das áreas mais promissoras.

O comportamento geral das curvas piezométricas indica a influência da drenagem superficial e da topografia na direção do fluxo subterrâneo, sendo as direções preferenciais de escoamento orientadas para os rios São Francisco, Verde Grande, Velhas, Jequitaiá e Pacui. Os



divisores das águas subterrâneas coincidem aproximadamente com os das águas superficiais o que evidencia a influência do relevo no escoamento de águas subterrâneas. O divisor principal passando por Mirabela, São João da Vereda e Vista Alegre separa os fluxos de água subterrâneas para oeste rumo ao rio São Francisco dos fluxos de água subterrânea para leste no sentido do rio Verde Grande. Dois divisores de menores expressões separam as direções do fluxo subterrâneo a sudoeste da folha. O primeiro limita o fluxo das águas subterrâneas para nordeste, rumo ao rio das Velhas e os fluxos para oeste rumo ao rio São Francisco. O segundo separa os fluxos para noroeste e oeste rumo ao rio das Velhas do fluxo de norte-nordeste rumo ao rio Jequitai.

Uma estimativa de vazão de escoamento natural foi realizada a partir da equação de DARCY:

$$Q = TIL$$

Q = Vazão de escoamento ( $m^3/s$ )

T = Transmissibilidade ( $m^2/s$ )

I = Gradiente hidráulico

L = Comprimento da frente de escoamento subterrâneo (m)

Foram consideradas fontes de escoamento ao longo dos rios São Francisco, Velhas, Jequitai e Verde Grande. Para as áreas correspondentes às três primeiras bacias, foi adotado para a transmissibilidade um valor de  $T = 2,86 \times 10^{-4} m^2/s$ , obtido do ensaio de bombeamento realizado em Eng<sup>o</sup> Delabela. No que tange à área do rio Verde Grande, tomou-se para a transmissibilidade um valor médio, de  $T = 1,06 \times 10^{-4} m^2/s$ , oriundo das interpretações de 10 ensaios efetuados nos municípios de Capitão Enéas e Montes

Claros.

Nas bacias dos rios São Francisco, Jequitai e Velhas estimou-se um volume de escoamento anual de  $1,14 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}$ , ao longo de secções de controle, totalizando 240 km de comprimento com gradiente médio de 5 m/km. A vazão calculada corresponde, portanto, a um escoamento de  $4,75 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{ano}$  por quilometro de frente. Na bacia do rio Verde Grande a estimativa realizada para uma fonte de escoamento contínua de 105 km, entre os isopiezométricas 550-600 metros, permitiu estabelecer um volume de escoamento anual de  $4,39 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ , correspondendo a uma vazão natural de  $4,18 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{ano}/\text{km}$ . O escoamento total na folha, nas zonas abrangidas pelas piezométricas delineadas atinge portanto  $1,57 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}$ .

#### 6.3.2.1.4 Descarga Natural e Exutórios

Além da evapotranspiração os principais exutórios do sistema são as fontes e os cursos d'água superficiais nas zonas de conexão hidráulica com o sistema aquífero. Parece não haver perdas consideráveis por filtração tendo em vista a posição estratigráfica dos calcários e a pouca incidência de fraturamentos portadores de água além de 110 metros de profundidade.

A descarga natural ligada à rede de drenagem pode ser avaliada segundo as curvas de recessão (figs. 6.19 e 6.20), no período da estiagem, quando praticamente o escoamento superficial representa a contribuição das águas subterrâneas aplicando-se a fórmula de MAILLET:

$$Q_t = Q_0 e^{-at}$$

CURVA DE RECESSÃO  
 RIO JEQUITAI  
 Nº DA ESTAÇÃO : 42145000 - DNAEE  
 ANO 1971

$\alpha = 1,13 \times 10^{-7}$

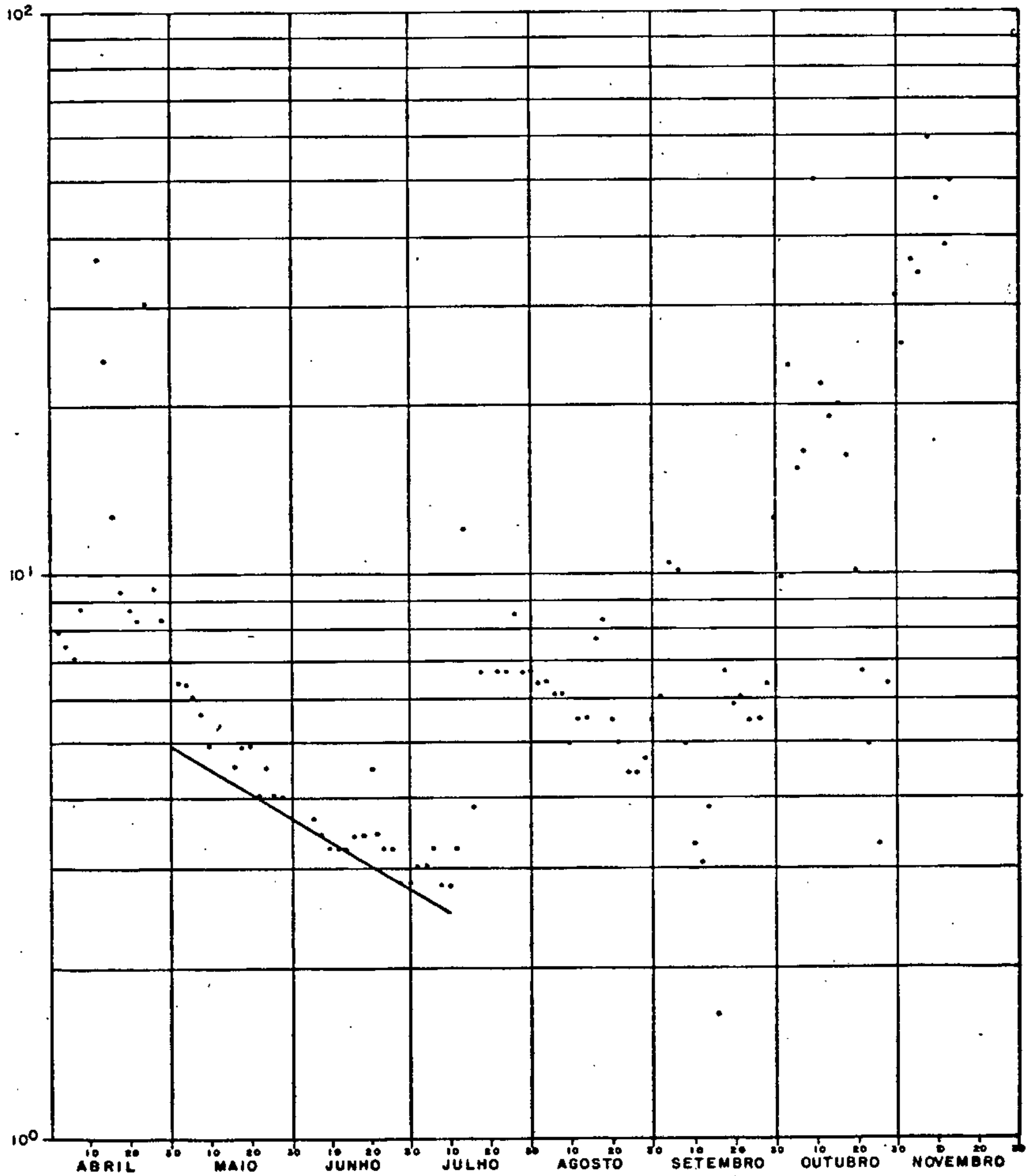


FIG. 6.19.1

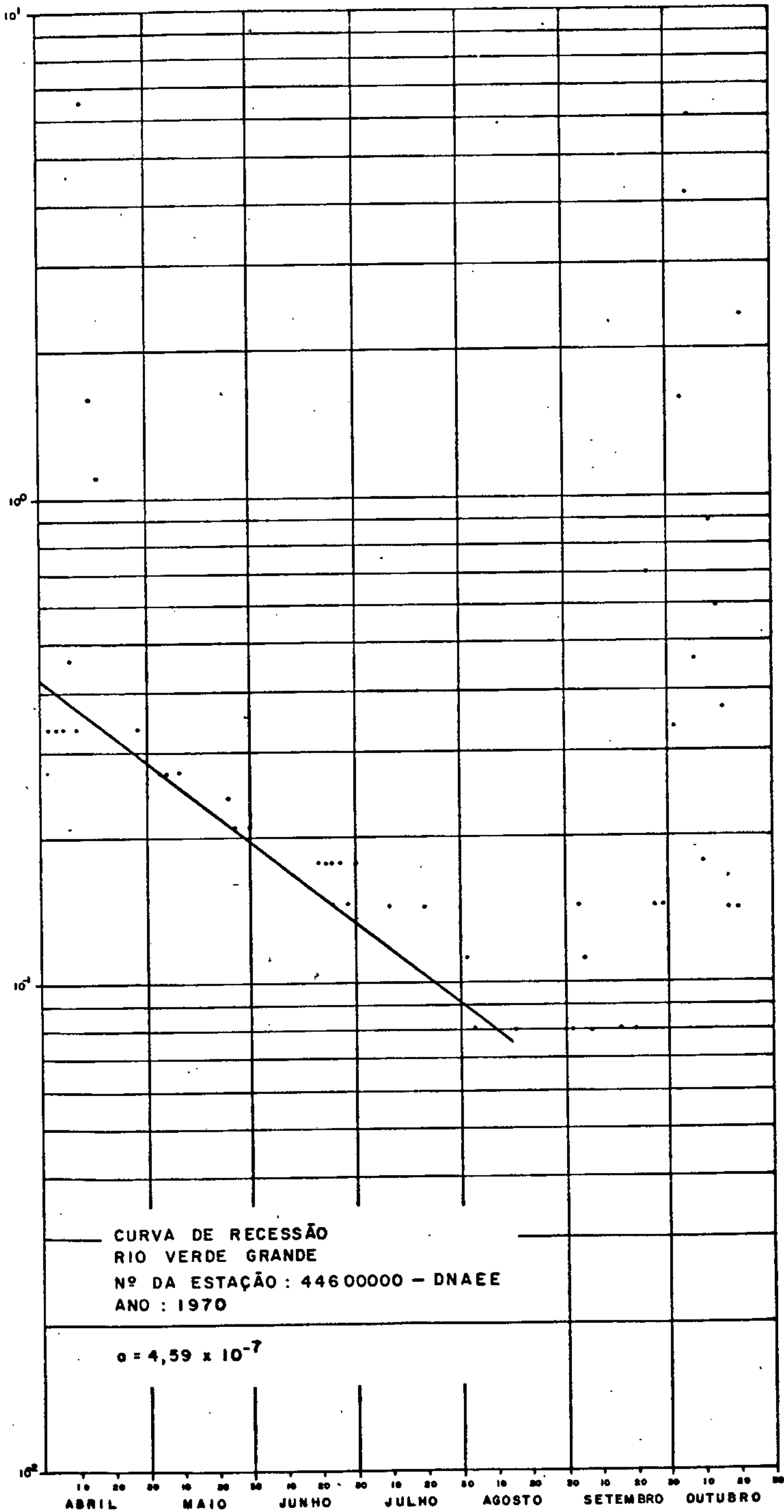


FIG.6.20



$Q_t$  = Descarga em um tempo  $t$   
 $Q_0$  = Descarga inicial da recessão  
 $a$  = Coeficiente de recessão  
 $t$  = Tempo, em dias, que separa as duas descargas.

Para um valor de  $a$  igual a  $4,59 \times 10^{-7}$ , o volume de descarga natural no rio Verde Grande atinge um valor da ordem de  $2,13 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ . Considerando para o rio Jequitai um valor de  $a$  igual a  $1,13 \times 10^{-7}$  obtem-se uma descarga natural de  $1,8 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}$ . Estimando-se em  $2 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}$  a descarga natural de contribuição ao rio São Francisco, no âmbito da folha, obtem-se um total de descarga na área igual a  $4 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}$ .

As fontes e ressurgências representam no âmbito da área estudada, exutórios naturais de grande importância tendo-se inventariado um total de descarga natural igual a  $2,45 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ .

O volume total de descarga nos principais rios e o volume descarregado pelas fontes catalogadas atinge, portanto, um valor da ordem de  $4,24 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}$ .

#### 6.3.2.1.5 Descarga Artificial e Capacidade de Produção dos Poços

As estimativas de descarga por bombeamento não são, em geral, tarefas fáceis de realizar. Os volumes de água utilizados para abastecimento público, indústria e agropecuária não são suficientemente controlados de maneira a fornecer um conhecimento de descargas por bombeamento em determinado tempo. Uma grande parte dos regimes a que es

tão sujeitas às unidades de bombeamento, é irregular . muitas vezes temporários, quando não obedecem em certos casos, a um caráter de bombeamento esporádico.

Durante os trabalhos do inventário hidrogeológico foi efetuado um levantamento das condições de uso dos poços, das vazões de exploração e dos regimes de bombeamento que permitiram estabelecer uma produção média diária a proximada em cada unidade. Para toda a área foi estimada uma descarga artificial da ordem de  $7,15 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ .

A distribuição da vazão específica a partir de dados de 152 poços tubulares conforme quadro nº 6.6 e figura nº 6.21 indica que 71,5% dos poços possuem vazão específica entre 0 e  $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ , 16,4% entre 2 e  $4 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ , 6,4% entre 4 e  $6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  e 3,1% entre 6 e  $8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  sendo a pequena percentagem restante possuidora de vazão específica superior a  $10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ .

#### DISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO ESPECÍFICA EM 152 POÇOS TUBULARES

Vazão Específica ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ )	%	Cumulativa
0 - 2	71,5	71,5
2 - 4	16,4	87,9
4 - 6	6,4	94,3
6 - 8	3,1	97,4
> 8	2,6	100,0
TOTAL	100,0	100,0

Quadro 6.6

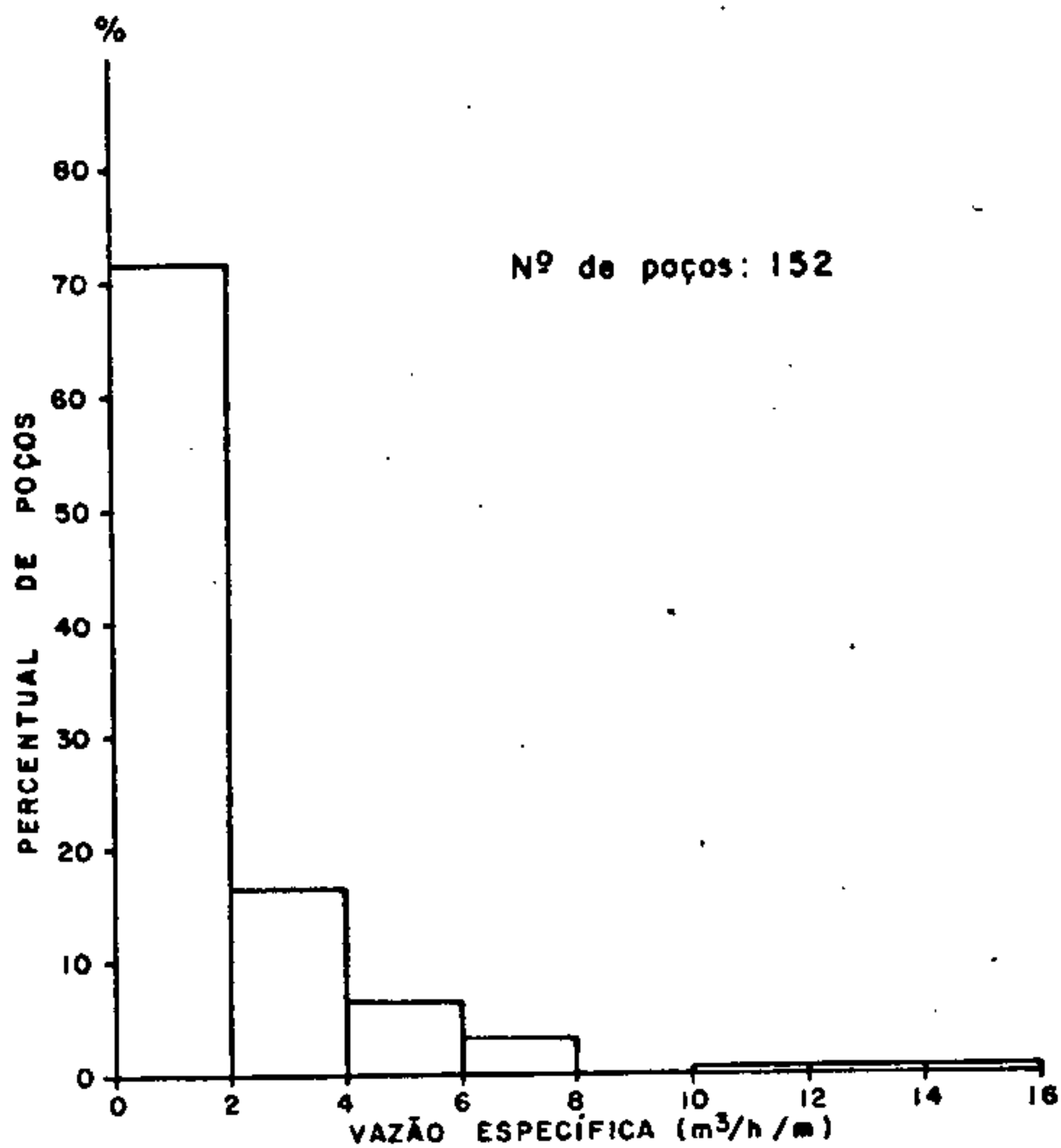
A partir de dados de 152 poços tubulares foram elaboradas as distribuições das vazões específicas para determinados intervalos de profundidade (fig. 6.21). Em 33 poços com profundidades menores do que 60 metros, 57,57% possuem vazão específica entre 0 e 2 m<sup>3</sup>/h/m, 24,24% entre 2 e 4 m<sup>3</sup>/h/m, 15,15% entre 4 e 6 m<sup>3</sup>/h/m e 3,08% com vazão específica maior que 6 m<sup>3</sup>/h/m. Segundo os dados de 64 poços com profundidades situadas no intervalo de 60 a 90 metros, 65,62% possuem uma vazão específica entre 0 e 2 m<sup>3</sup>/h/m, 21,87% entre 2 e 4 m<sup>3</sup>/h/m, 3,12% entre 4 e 6 m<sup>3</sup>/h/m, 6,25% entre 6 e 8 m<sup>3</sup>/h/m e 3,12% com valor maior que 8 m<sup>3</sup>/h/m. Para 43 poços tubulares com profundidades entre 90 e 120 metros 86,4% possuem vazão específica entre 0 e 2 m<sup>3</sup>/h/m, 6,97% entre 2 e 4 m<sup>3</sup>/h/m e 6,97% com vazão específica entre 4 e 6 m<sup>3</sup>/h/m. Finalmente, em 12 poços com profundidades maiores que 120 metros 91,66% apresentam vazão específica de 0 a 2 m<sup>3</sup>/h/m e 8,33% possuem vazão específica entre 6 e 8 m<sup>3</sup>/h/m.

Nos quadros 6.7, 6.8, 6.9 e 6.10 indicam-se as frequências das vazões específicas para diversos intervalos e profundidades em poços tubulares.

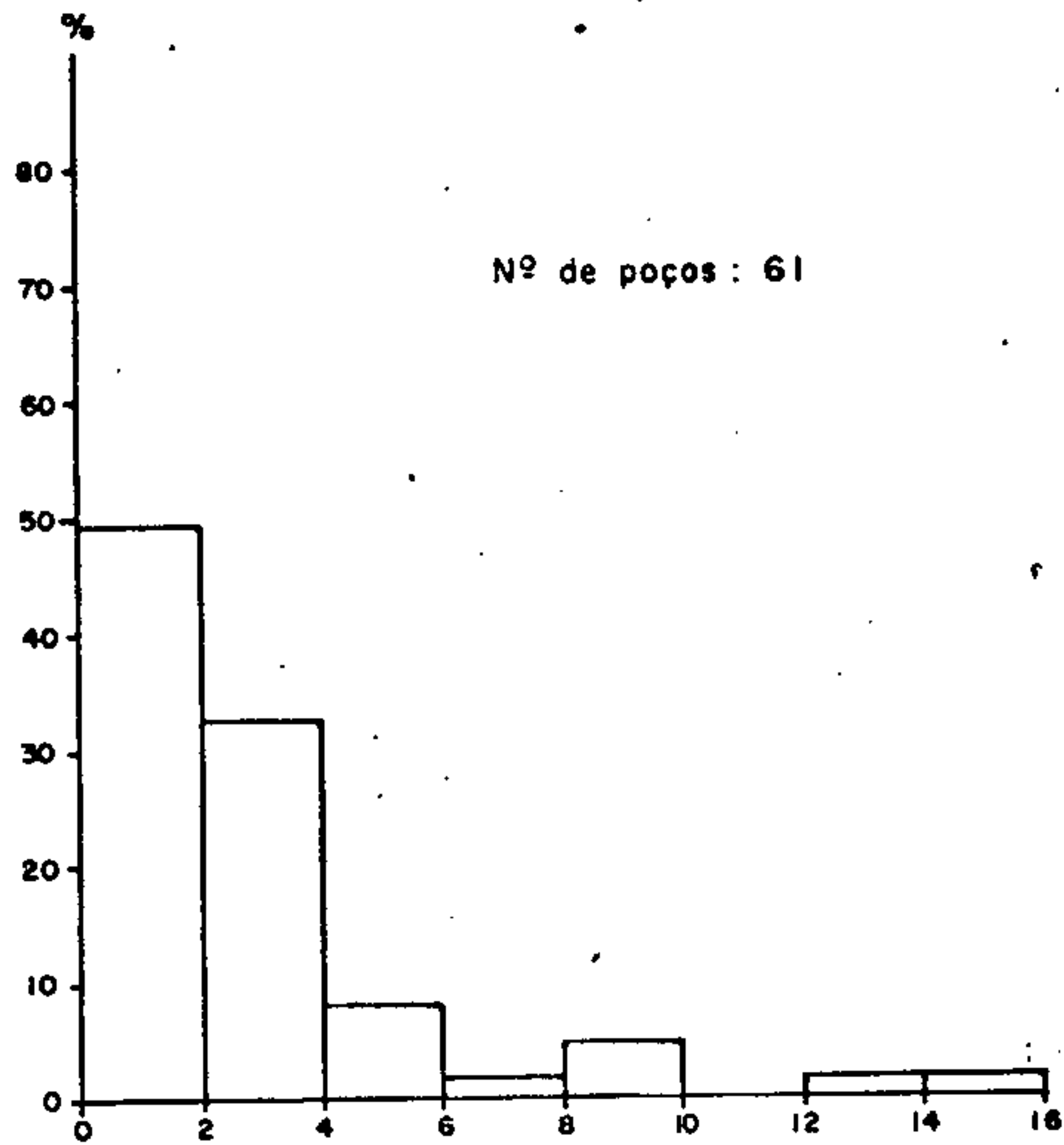
DISTRIBUIÇÃO DAS VAZÕES ESPECÍFICAS EM POÇOS COM PROFUNDIDADES MENORES QUE 60 METROS

Vazão Específica (m <sup>3</sup> /h/m)	Percentual de Poços	Frequência Cumulativa
0 - 2	57,57	57,57
2 - 4	24,24	81,81
4 - 6	15,15	96,96
12 - 14	3,03	99,99
TOTAL	99,99	99,99

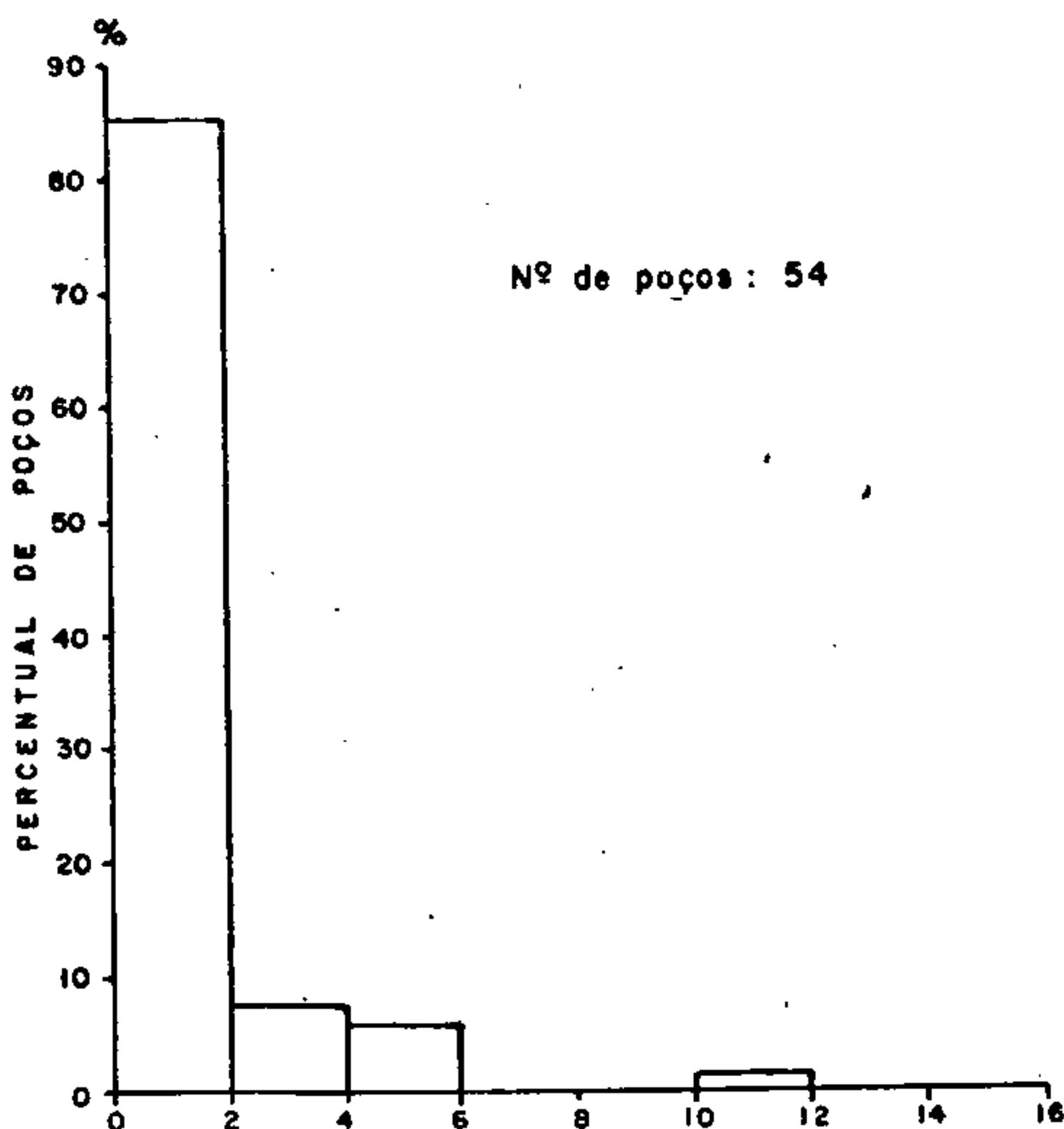
Quadro 6.7



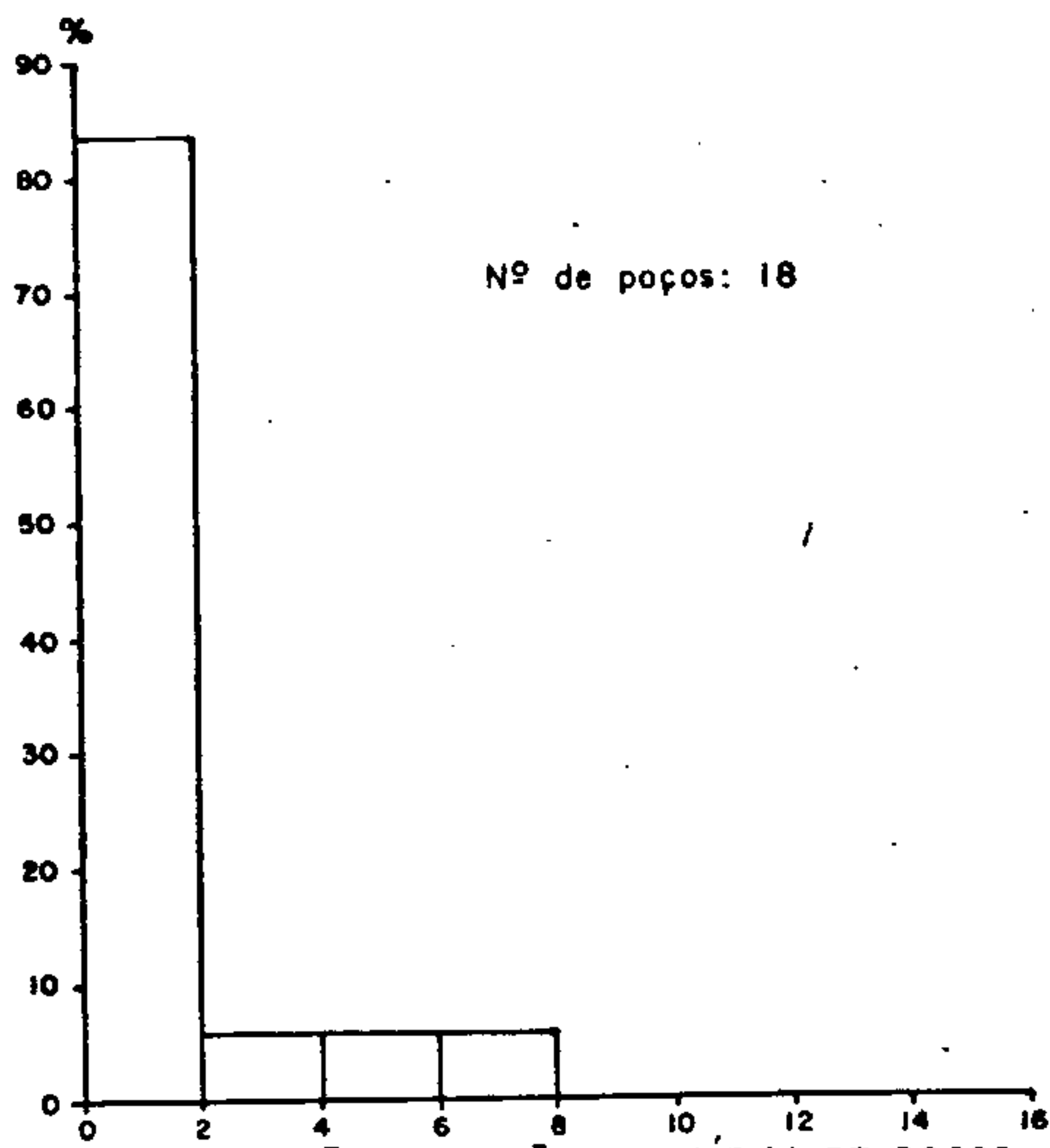
DISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO ESPECÍFICA EM POÇOS TUBULARES



DISTRIBUIÇÃO DAS VAZÕES ESPECÍFICAS DE POÇOS COM PROFUNDIDADES ATÉ 80 M



DISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO ESPECÍFICA DE POÇOS COM PROFUNDIDADES ENTRE 80 E 110 M



DISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO ESPECÍFICA DE POÇOS COM PROFUNDIDADES MAIORES QUE 110 M



DISTRIBUIÇÃO DAS VAZÕES ESPECÍFICAS DE POÇOS COM PROFUNDI  
 DADES ENTRE 60 E 90 METROS

Vazão Específica (m <sup>3</sup> /h/m)	Percentual de Poços	Frequência Cumulativa
0 - 2	65,62	65,62
2 - 4	21,87	87,49
4 - 6	3,12	90,61
6 - 8	6,25	96,86
10 - 12	1,56	98,42
14 - 16	1,56	99,98
T O T A L	99,98	99,98

Quadro 6.8

DISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO ESPECÍFICA DE POÇOS COM PROFUNDIDADES ENTRE 90 E 120 METROS

Vazão Específica (m <sup>3</sup> /h/m)	Percentual de Poços	Frequência Cumulativa
0 - 2	86,04	86,04
2 - 4	6,97	93,01
4 - 6	6,97	99,98
T O T A L	99,98	99,98

Quadro 6.9

DISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO ESPECÍFICA DE POÇOS COM PROFUNDIDADES MAIORES QUE 120 METROS

Vazão Específica (m <sup>3</sup> /h/m)	Percentual de Poços	Frequência Cumulativa
0 - 2	91,66	91,66
6 - 8	8,33	99,99
T O T A L	99,99	99,99

Quadro 6.10

#### 6.3.2.1.6 Características Dimensionais e Hidrodinâmicas

A determinação das reservas de água subterrânea constitui um dos objetivos principais, numa pesquisa hidrogeológica, envolvendo para tal conhecimentos das características hidrodinâmicas e dimensionais dos aquíferos.

Conforme já enfocado anteriormente, o comportamento anisotrópico do sistema Paraopeba restringe as possibilidades de uma determinação de valores, mais representativos. Dentro dos limites inerentes ao meio aquífero em pauta podem ser estabelecidos os seguintes valores:

##### a - Volume da Rocha Saturada

Tratando-se de rochas possuidoras de uma permeabilidade secundária irá depender das características do fraturamento e de carstificação, além do controle topográfico sobre os níveis d'água.

Estudos geofísicos efetuados pelo IPT ( Relatório nº 6530, pg.64 ) indicam que "a zona fraturada contendo água alcança uma profundidade de 100 metros".

BRITO NEVES (1972) se refere à presença de fendas contendo água até a profundidade de 100 metros, ressaltando que entre 80 e 100, metros as fendas apresentam-se regeladas comportando-se como pouco produtoras.

Os gráficos de distribuição das entradas d'água e de vazões específicas para diversas profundidades em poços tubulares já expostos anteriormente, carece confirmar com aproximação estes limites de zona saturada do aquífero.



Na folha 33 os dados permitem admitir a presença de fendas até uma profundidade de 110 metros e um valor de 19,2 m como média de nível estático para 505 poços tubulares inventariados na área. As isópacas médias situam-se em torno de 93,5 m. Estimando-se a partir das curvas de igual profundidade de níveis d'água em 93,5 m a espessura média saturada e, considerando-se que a área de rochas cársticas, incluindo as áreas cobertas por sedimentos recentes, do sistema Paraopeba é da ordem de 32.000 km<sup>2</sup>, obtem-se um volume de rocha saturada igual a:

$$V = 32 \times 10^9 \times 93,5 \text{ m}^3$$

$$V = 2,99 \times 10^{12} \text{ m}^3$$

#### b - Coeficiente de Armazenamento

Foi realizado na área apenas um ensaio de bombeamento com utilização de piezômetro, obtendo-se para  $S$  o valor de  $1,7 \times 10^{-4}$  em teste realizado no poço 103/33, na cidade de Capitão Enéas. Por outro lado, foram aproveitados os resultados de coeficientes de armazenamento obtidos em testes de bombeamento realizados pela OESA (1974), na região de Montes Claros nos poços 492/33 e 493/33 cadastrados pelo presente inventário. A média dos valores de coeficiente de armazenamento corresponde a  $S = 2,3 \times 10^{-2}$ , conforme indicamos em quadro 6.11, adiante.

#### c - Transmissibilidade e Capacidade de Produção dos Poços

A existência de vários testes de bombeamento efetuado pela OESA, Metamig e Copasa, além de outro de longa duração executado pela CPRM na campanha do inventário, possibilitou a determinação da Transmissibilidade cujos va

CARACTERÍSTICAS HIDRODINÂMICAS DO SISTEMA  
PARAOPEBA NAS REGIÕES DE CAPITÃO ENÉAS ,  
ENGENHEIRO DOLABELA, FRANCISCO DUMONT E  
MONTES CLAROS.

Local	Poço Bombeado	Piezô- metro	Transmissibilidade (m <sup>2</sup> /s)			Armazenamento	
			Rebaixamento( )	Recuperação(R)	Residual ( ' )	Rebaixamento	Recuperação(R)
Capitão Enéas	103-33	-	-	-	7,5 x 10 <sup>-6</sup> 1,7 x 10 <sup>-4</sup>	-	-
Capitão Enéas	103-33 103-33	102-33 102-33	1,76 x 10 <sup>-4</sup> 2,02 x 10 <sup>-4</sup>	-	-	1,7 x 10 <sup>-4</sup>	-
Eng. Dolabela	199-B-33	-	2,86 x 10 <sup>-4</sup>	-	-	-	-
Frcº Dumont	210-33	-	-	-	2,1 x 10 <sup>-6</sup>	-	-
Maracanã	490-33	-	2,71 x 10 <sup>-5</sup>	2,68 x 10 <sup>-5</sup>	2,75 x 10 <sup>-5</sup>	-	-
Parque	491-33	-	8,35 x 10 <sup>-5</sup>	8,58 x 10 <sup>-5</sup>	8,51 x 10 <sup>-5</sup>	-	-
Roxo Verde	492-33	492-33-A	9,45 x 10 <sup>-5</sup>	4,02 x 10 <sup>-5</sup>	4,11 x 10 <sup>-5</sup>	4,16 x 10 <sup>-2</sup>	-
Roxo Verde	492-33	492-33-B	9,84 x 10 <sup>-5</sup>	3,51 x 10 <sup>-5</sup>	4,19 x 10 <sup>-5</sup>	5,26 x 10 <sup>-2</sup>	-
S. Expedito	493-33	-	-	4,81 x 10 <sup>-5</sup>	4,99 x 10 <sup>-5</sup>	-	-
S. Expedito	493-33	*	5,32 x 10 <sup>-5</sup>	5,12 x 10 <sup>-5</sup>	-	1,07 x 10 <sup>-4</sup>	-
Faz. S. Geraldo	537-33	-	9,91 x 10 <sup>-5</sup>	1,13 x 10 <sup>-4</sup>	1,14 x 10 <sup>-4</sup>	-	-
Faz. Lagoinha	523-33	-	3,66 x 10 <sup>-4</sup>	3,01 x 10 <sup>-4</sup>	3,31 x 10 <sup>-4</sup>	-	-

Quadro 6.11

(\*) Piezômetro não cadastrado

lores estão resumidos no quadro 6.11.

Os resultados dos testes de aquífero indicam os seguintes valores extremos e médios:

- T mínimo (Francisco Dumont)....  $2,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- T máximo (Eng. Dolabela).....  $3,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- T médio .....  $1,09 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$

As curvas interpretadas dos ensaios de bombeamento estão representadas nos anexos, com respectivos valores de Transmissibilidade.

Nos quadros 6.6. a 6.10 encontram-se indicadas as frequências de vazões específicas relacionadas com determinados intervalos de profundidade dos poços. Estes valores acham-se representados através de gráficos na figura 6.21. O tratamento estatístico revela que as vazões específicas não aumentam em expressão a profundidades maiores que 110 metros. A mesma conclusão pode ser obtida através de resultados estatísticos da distribuição das entradas d'água., conforme tratam as figuras 6.16, 6.17 e 6.18 expostas anteriormente.

#### d - Gradiente Hidráulico

Conforme interpretação do mapa piezométrico obtém-se para o rio Verde Grande um gradiente médio de 7,29 m/km e para o rio São Francisco um valor de gradiente médio igual a 6,4 m/km.

Pela equação de DARCY ( $Q=TI L$ ) admitindo-se que a seção de escoamento (L) permaneça constante, a variação do Gradiente (I) vai refletir a variação do Coeficiente de Transmissibilidade. Portanto, na configuração das linhas piezométricas, as zonas de maior transmissibilidade se si

tuam onde as mesmas se encontram mais afastadas. Tratando-se de um sistema anisotrópico, este raciocínio deve ser encarado com as devidas reservas.

Na bacia do Verde Grande o gradiente possui maiores valores no seu alto curso, principalmente nas regiões de Pires de Albuquerque e Montes Claros. Na bacia do São Francisco a amplitude de variação do gradiente é menor que na bacia do Verde Grande, o mesmo acontecendo com o valor do gradiente médio.

#### 6.3.2.1.7 Disponibilidade de Água Subterrânea

O delineamento piezométrico esboçado nas áreas das bacias dos rios São Francisco e Verde Grande, bem como as características dimensionais e hidrodinâmicas estabelecidas nos itens precedentes, permitem apresentar uma estimativa preliminar das reservas e recursos disponíveis de água subterrânea, existentes no sistema Paraopeba, no âmbito da folha em estudo.

As reservas permanentes correspondem às quantidades de água de saturação armazenadas no aquífero, podendo ser calculadas a partir da fórmula:

$$V = A \cdot e \cdot S$$

A = Área do aquífero (m<sup>2</sup>)

e = Espessura saturada média (m)

S = Coeficiente de armazenamento

Sendo a área de exposição do aquífero, mais sua área coberta por formações recentes, de 32.000 km<sup>2</sup> e, considerando-se os valores definidos no item 6.3.2.1.6 para a espessura saturada média e coeficiente de armazenamento,



obtem-se um volume total acumulado de:

$$V = 6,8 \times 10^{10} \text{ m}^3$$

A vazão de escoamento subterrâneo, pode ser utilizada para o cálculo aproximado da taxa de infiltração no aquífero. Admitindo que o sistema se encontra sob condições de aproximado equilíbrio dinâmico, ou seja, que a quantidade de água que entra nas áreas de recarga é contrabalançada pelas perdas nas áreas de descarga natural, pode-se considerar que a vazão de escoamento natural corresponde à infiltração anual, constituindo tais volumes uma primeira aproximação dos volumes de água subterrânea renováveis e disponíveis.

Os volumes de escoamento subterrâneos, tem origem a partir da infiltração nas áreas de elevadas altitudes, conforme mostra a disposição das linhas de fluxo delineadas no esboço piezométrico.

Sendo o aquífero do tipo livre, estes limites elevados representam aproximadamente as divisórias de água subterrânea. Limitando-se áreas receptoras entre as divisórias de água subterrânea e linhas de fluxo convenientemente selecionadas, pode-se relacionar o escoamento subterrâneo calculado, com a pluviometria média anual sobre esta área, obtendo-se uma estimativa da taxa de infiltração.

Foram consideradas duas áreas representativas , uma na bacia do São Francisco e outra na bacia do rio Verde Grande. A área da bacia do São Francisco ficou limitada pela linha divisória com a bacia do Verde Grande, pela equipotencial entre a piezométrica 600-650 m e por duas linhas de fluxo abrangendo uma frente de escoamento de 105 quilômetros. Na bacia do Verde Grande a área ficou compre.

endida ente seus divisores de água com as bacias circundantes, pela equipotencial entre as isopiezas 550-600 m e por duas linhas de fluxo compreendendo uma seção de escoamento totalizando 147,5 km.

Os resultados dos cálculos efetuados são apresentados a seguir:

Área na Bacia do rio Verde Grande

- Área receptora - 7700 km<sup>2</sup>
- Precipitação média anual - 1082 mm
- Volume total precipitado -  $8,4 \times 10^8$  m<sup>3</sup>/ano
- Volume de escoamento -  $4,4 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano
- Relação escoamento/pluviometria - 0,52%

Área na Bacia do rio São Francisco

- Área receptora - 4549 km
- Precipitação média anual - 950 mm
- Volume total precipitado -  $4,3 \times 10^8$  m<sup>3</sup>/ano
- Volume de escoamento -  $3,3 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano
- Relação escoamento/pluviometria - 0,76%

A taxa de infiltração de 0,76% corresponde a um valor bastante similar aos encontrados pela empresa Organização e Engenharia S/A na área de Montes Claros (0,98%), e na região de Irecê (0,6%) onde também ocorrem condições hidrogeológicas semelhantes às das áreas em pauta.

Vale salientar, que parte do volume de escoamento subterrâneo provem da infiltração direta a partir das águas pluviais e das de superfície, e parte provem dos processos de filtração vertical das áreas recobertas pelos sedimentos mais recentes que capeiam nas zonas de altitudes mais elevadas. Assim sendo, os valores calculados devem ser

considerados como equivalentes à infiltração de 0,52% na área do rio Verde Grande e 0,7% na área da bacia do São Francisco.

Para efeitos meramente indicativos, extrapolando-se o valor médio das taxas de infiltração encontradas (0,64%), para toda a área de ocorrência da formação Paraopeba, no âmbito da folha, pode-se determinar uma ordem de grandeza dos volumes infiltrados anualmente na área, que corresponderiam, numa primeira aproximação, aos recursos disponíveis. Sendo de 32.000 km<sup>2</sup> a zona do sistema Paraopeba sujeita à infiltrações, para uma pluviometria média anual de 1.100 mm, e uma taxa média de infiltração de 0,64% chega-se a um volume de infiltração de 225,3 Hm<sup>3</sup>/ano.

#### 6.3.2.1.8 Qualidade das Águas Subterrâneas

É a formação Paraopeba a que possui maior número de poços e a que mais desperta interesse hidrogeológico no âmbito da folha.

O estudo hidroquímico teve como objetivo primordial determinar a adequação das águas para o consumo humano, pecuária e agricultura.

O estudo foi realizado com base em 29 análises químicas sendo que para alguns itens 07 análises não serão consideradas tendo em vista apresentarem erros acima do permitido pelas normas técnicas. Primeiramente, foram trabalhados todos os dados disponíveis e catalogados em formulários, onde constam: os principais íons expressos nas unidades mg/l e meq/l; percentagem de cada íon em relação à soma total dos cátions ou à soma total dos ânions; valores de razão de adsorção de sódio (SAR); razões iônicas, erro detectado e permitido; classificação das águas para irriga

ção e para o consumo humano.

A ausência de dados ou a irregular distribuição de pontos amostrados impossibilitaram a elaboração de mapas hidroquímicos.

### 6.3.2.1.8.1 Características Químicas das Águas Subterrâneas

#### a - Dureza

As águas procedentes da formação Paraopeba apresentam em maior parte alta dureza, com uma média de 31,4<sup>o</sup>F. Das amostras analisadas 72,73% são muito duras ; 9,01% algo duras; 13,64% moles e 4,54% muito moles, conforme quadro 6.12 a seguir

#### DUREZA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA FORMAÇÃO PARAOPEBA

Dureza (°F)	Número de Análises	Classificação	%	Frequência Cumulativa
0- 7	1	M/Mole	4,54	4,54
7-12	3	Mole	13,64	18,18
12-20	2	A/Dura	9,09	27,27
>20	17	M/Dura	72,73	100,00
TOTAL	23		100,00	-

Quadro 6.12

#### b - pH

Predomina no sistema cárstico águas básicas. Os resultados obtidos indicam que 90,9% possuem pH situado entre 7 e 8,4; 4,54% entre 6 e 7 e 4,54% entre 5 e 6.



c - Resíduo Seco

Na formação Paraopeba o valor médio obtido de resíduo seco é 347 mg/l. No quadro 6.13, a seguir, indica-se a distribuição percentual do resíduo seco.

SALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA FORMAÇÃO PARAOPEBA

Resíduo Seco	Número de Análises	%	Frequência Cumulativa
0 - 500	23	79,32	79,32
500 - 1000	5	17,24	96,56
1000 - 1500	1	3,44	100,00
TOTAL	29	100,00	

Quadro 6.13

d - Condutividade Elétrica

A condutividade, um dos parâmetros usados na classificação das águas para a irrigação, apresenta nos dados de análises químicas um valor médio igual a 574,27 micromho/cm, um mínimo de 33,33 e um máximo de 1515,1 micromho/cm. Uma amostra de poço amazonas é que apresenta o menor valor.

e - Razões Iônicas

Segundo os resultados estatísticos das análises químicas 81,82% dos pontos amostrados possuem a razão  $\frac{Na + K}{Cl}$  superior a 1 e 18,18% apresenta um excesso de cloro em relação aos alcalinos.

A razão Mg/Ca tem valor menor que a unidade, em maior parte das amostras. Apenas dois resultados de análises apresentaram o rMg maior que o rCa. Ressalte-se que

estes últimos resultados pertencem à análises que foram desprezadas devido a erros superiores ao permitido pelas normas técnicas.

Finalmente, a razão  $SO_4/Cl$  possui 59,09% com valores inferiores a 1 e 40,91% apresentam  $rSO_4$  maior que  $rCl$ .

As características químicas dos pontos amostrados estão indicadas no quadro 6.14.

#### 6.3.2.1.8.2 Fácies Químicas

Predominam na Formação Paraopeba águas do tipo bicarbonatada cálcica com 77,27%, seguida do tipo bicarbonatada cálcio-magnésiana com 9,09% e os tipos bicarbonatada sódio-cálcica, bicarbonatada sódica, sulfatada cálcio-sódica possuindo cada uma 4,54%. A distribuição da frequência dos diversos tipos químicos de água acha-se sumarizada no quadro 6.15, a seguir.

#### TIPOS QUÍMICOS DE ÁGUA.

T I P O	%	Frequência Cumulativa
Bicarbonatada Cálcica	77,27	77,27
Bicarbonatada Cálcio-Magnésiana	9,09	83,36
Bicarbonatada Sódio-Cálcica	4,54	90,50
Bicarbonatada Sódica	4,54	95,44
Sulfatada Cálcio-Sódica	4,54	99,98
T O T A L	99,98	—

Quadro 6.15

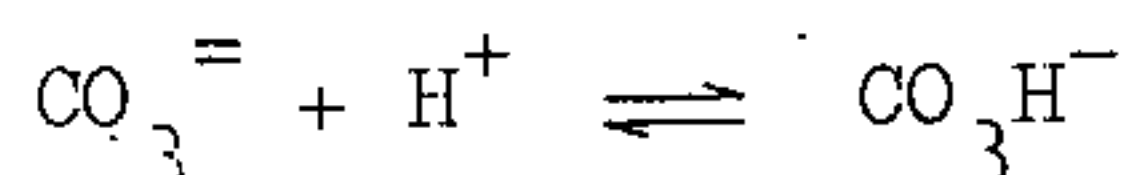
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS  
NA FORMAÇÃO PARAÓPEBA

Nº da Amostra	Classificação Química	Relação Anionica	Relação Mg/Ca l	Relação SO <sub>4</sub> /Cl l	Relação Na+K/Cl l	Resíduo Seco	Dureza	pH
24-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl	<	>	>	206	32	7,4
50-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl	<	>	<	58	2	5,4
54-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl	<	>	>	342	55	7,9
125-33*	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl	<	>	>	1040	73	7,6
202-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl	<	>	>	539	50	7,2
206-33*	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl	<	>	>	264	48	8,3
212-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl	<	>	>	366	26	8,4
352-33*	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl	<	>	>	270	46	8,2
396-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl	<	>	>	427	35	8,0
111-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>	<	<	>	281	27	7,6
118-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>	<	<	<	558	28,4	7,9
176-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>	<	<	>	232	15	7,5
198-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>	<	<	>	308	55	7,9
291-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>	<	<	<	841	57	8,1
321-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>	<	<	>	127	8,6	6,9
511-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>	<	<	>	451	37	8,1
526-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>	<	<	>	318	24	8,4
528-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>	<	<	>	347	22	8,2
530-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>	<	<	>	28	18	8,4
532-33	Bicarbonatada Cálcica	HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>	<	<	<	215	20	7,5
407-33	Bicarb. Cálcio-Magnésiana	HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>	<	<	>	168	11	7,8
612-33	Bicarb. Cálcio-Magnésiana	HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl	<	>	>	427	29	8,1
119-33	Bicarb. Sódio-Cálcica	HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>	<	<	>	554	41	8,3
228-33*	Bicarb. Sódio-Cálcica	HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl	<	>	>	45	38	8,3
395-33	Bicarbonatada Sódica	HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl	>	<	>	196	7,3	8,1
77-33*	Bicarbonatada Magnésiana	HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>	<	<	>	92	9,2	7,1
218-33	Bicarb. Sulf. Cálcio Sódica	HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl	<	>	>	1140	72	8,0
542-33*	Sulfatada Cálcica	SO <sub>4</sub> > HCO <sub>3</sub> > Cl	<	<	>	189	7,3	7,2
349-33*	Clor. Sulf. Magnésio-Sódica	Cl > SO <sub>4</sub> > HCO <sub>3</sub>	>	<	<	377	80	8,1

Quadro 6.14

(\*) Amostras com erros irremediáveis

O carbonato de cálcio em forma de calcita é pouco solúvel em água pura e segundo alguns autores a sua solubilidade situa-se em torno de 14 ppm de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  ou 5,6 ppm de  $\text{Ca}^{++}$  a  $23^\circ\text{C}$ . O  $\text{CO}_3$  na hidrólise comporta-se do seguinte modo:



Os carbonatos que se dissociam na água e aportam  $\text{H}^+$ , deslocam o equilíbrio para a direita, diminuindo a concentração de  $\text{CO}_3^{=}$ , aumentando a solubilidade da calcita. O  $\text{CO}_2$  torna-se fator importante na geoquímica dos Karsts. As águas com um elevado teor de  $\text{CO}_2$  têm a propriedade de dissolver mais intensamente o  $\text{CO}_3\text{Ca}$ .

Os pontos representativos amostrados estão apresentados nos diagramas de PIPER-HILL-LANGELIER, logarítmo de SCHOELLER-BERKALOFF e STIFF-CUSTÓDIO nas figuras de nºs 6.22 a 6.28.

#### 6.3.2.1.8.3 Qualidade da Água para o Consumo Humano e Pecuário.

A experiência tem demonstrado que uma melhoria na qualidade do suprimento público de água é seguida por uma melhoria na saúde pública.

Para uma primeira indicação da qualidade da água para o consumo humano foi utilizada a classificação de H.SCHOELLER (1955) que se baseia em parâmetros físicos e químicos. Das análises de laboratório 18,18% são consideradas como medíocres, onde esse total apresenta restrições, no que diz respeito aos íons cálcio e magnésio, uma amostra apresenta restrições quanto ao resíduo seco e ou



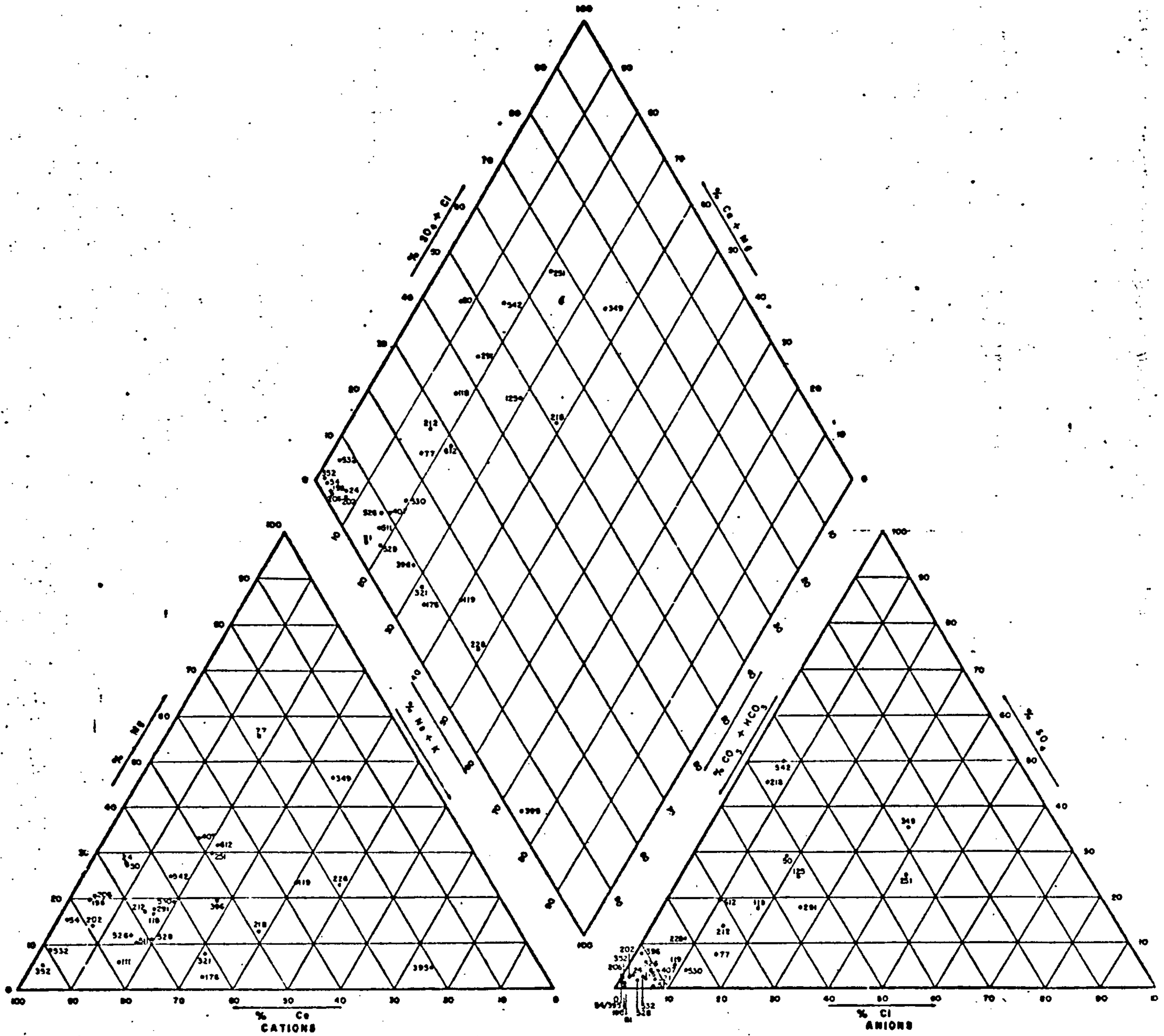
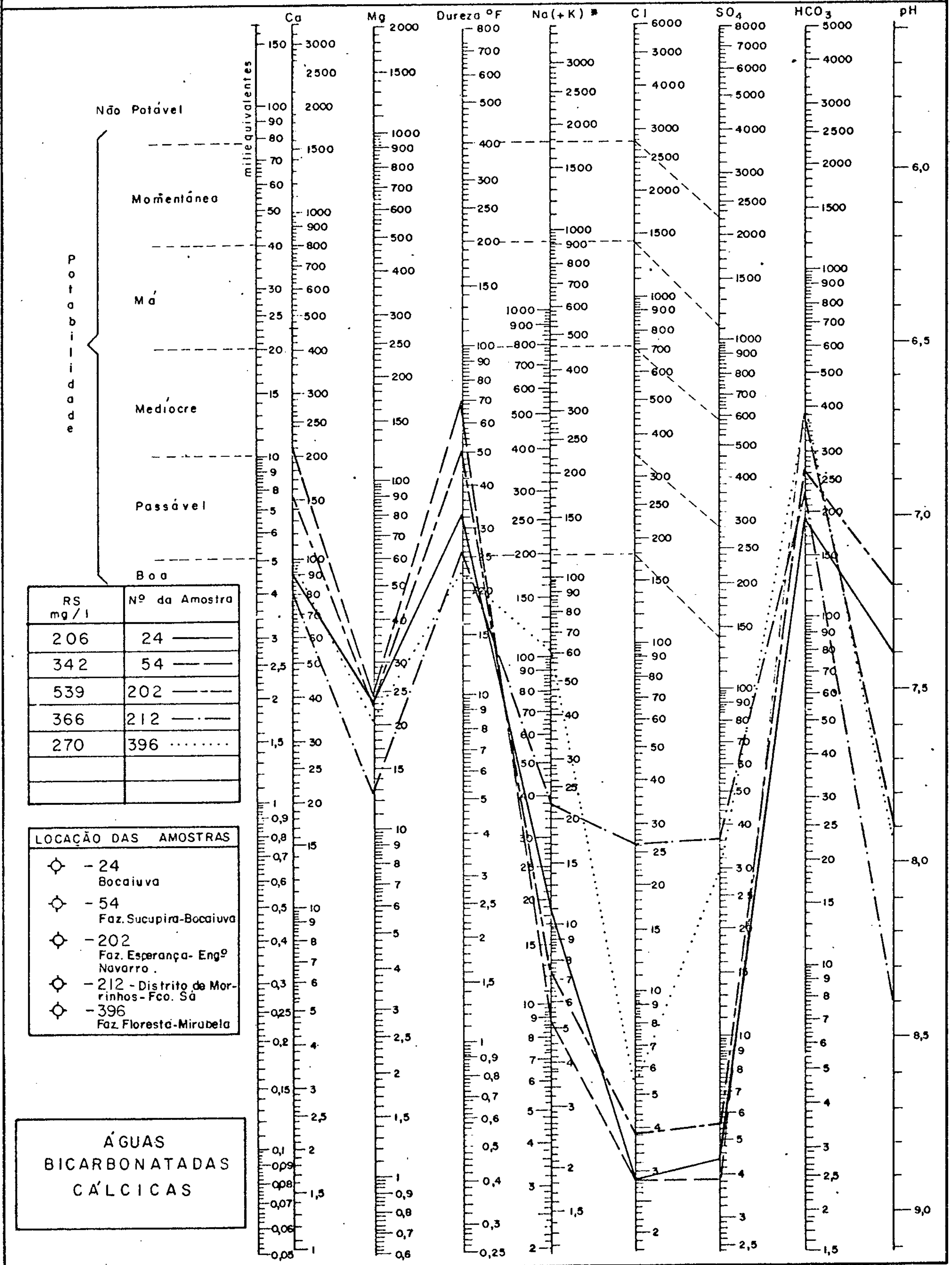


DIAGRAMA TRILINEAR DE PIPER

FIG. 6.22.

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA  
TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



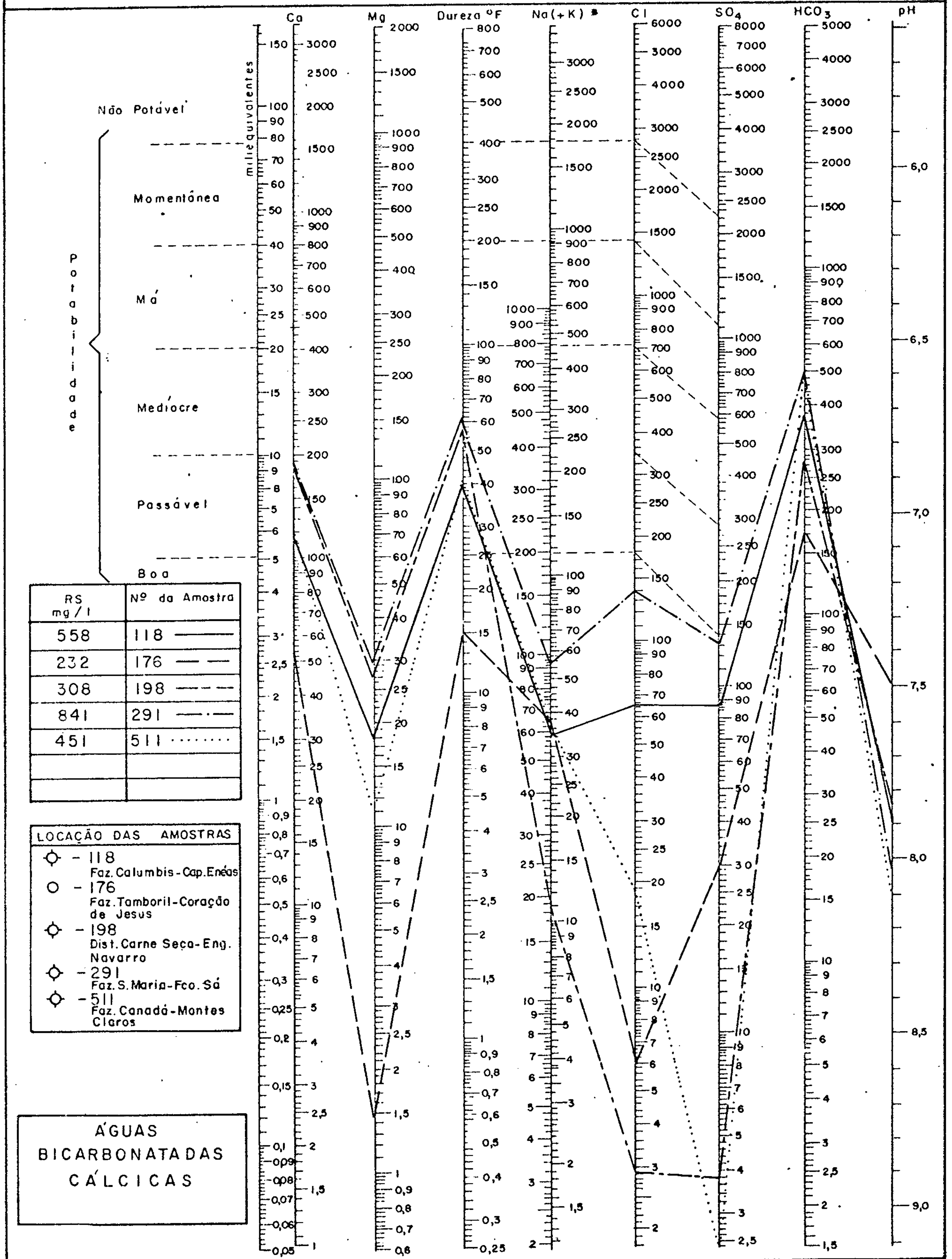
\* Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

FIG.623



### DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA

TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



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

FIG. 6.24

### DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO

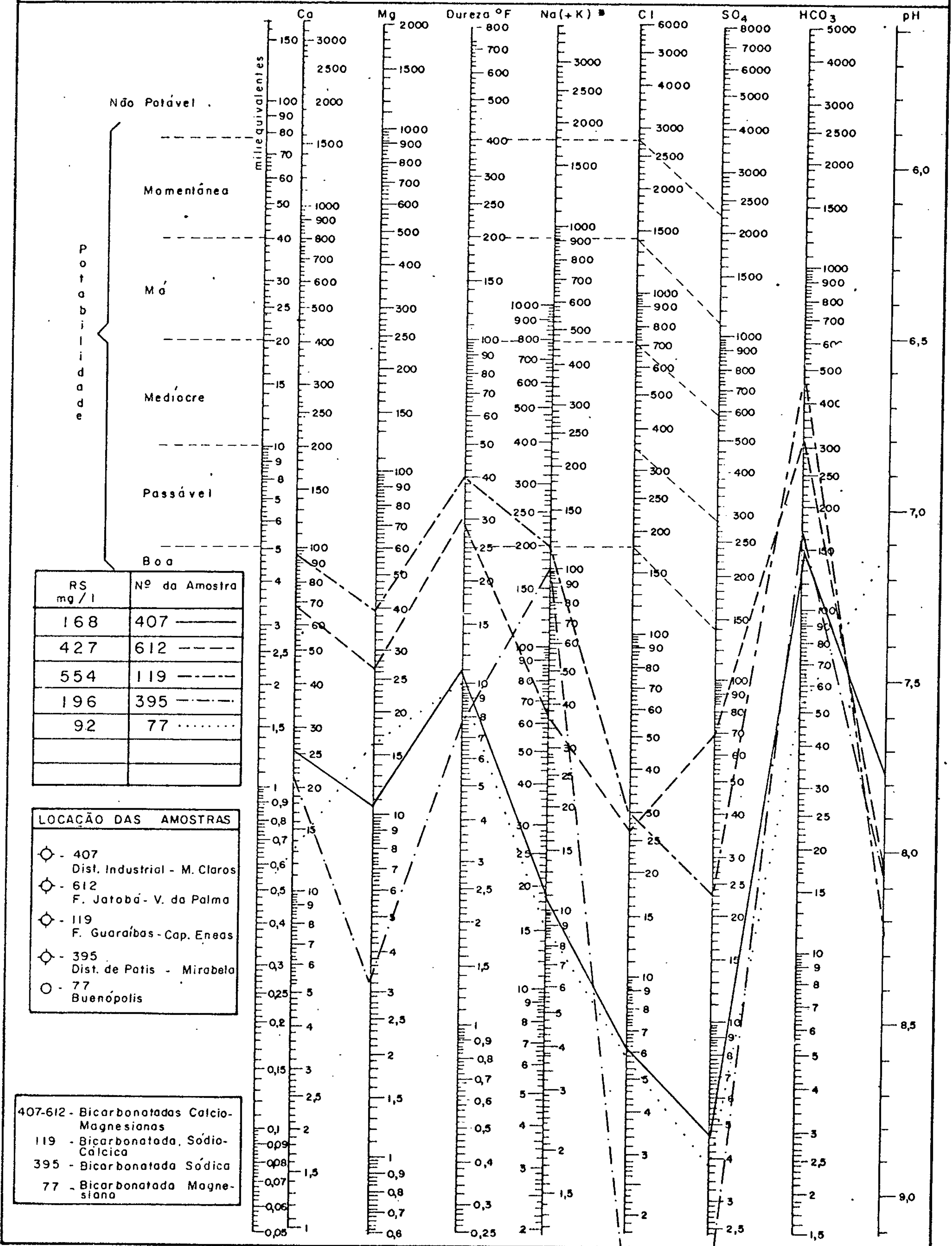
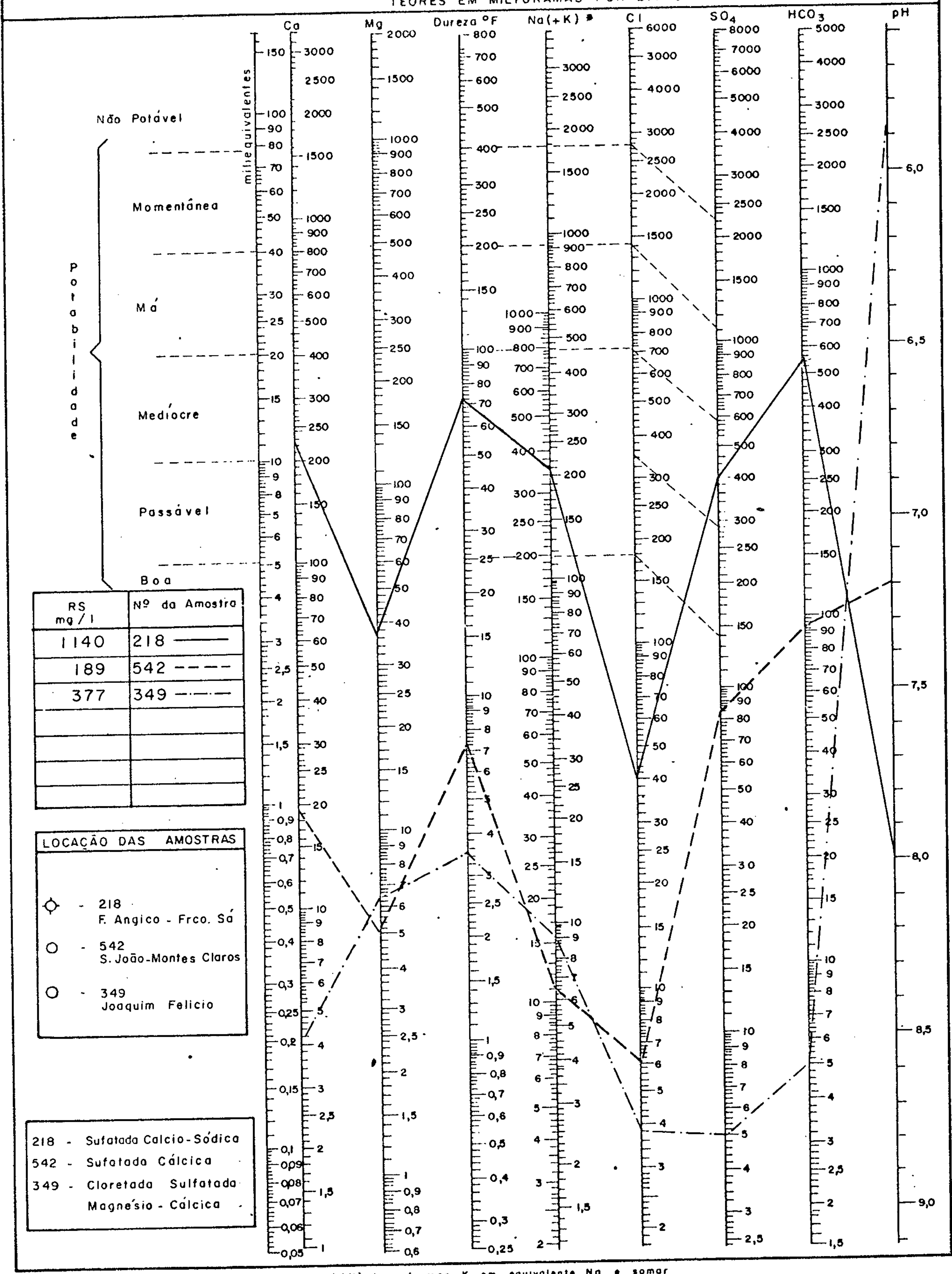


FIG. 6.25



### DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA

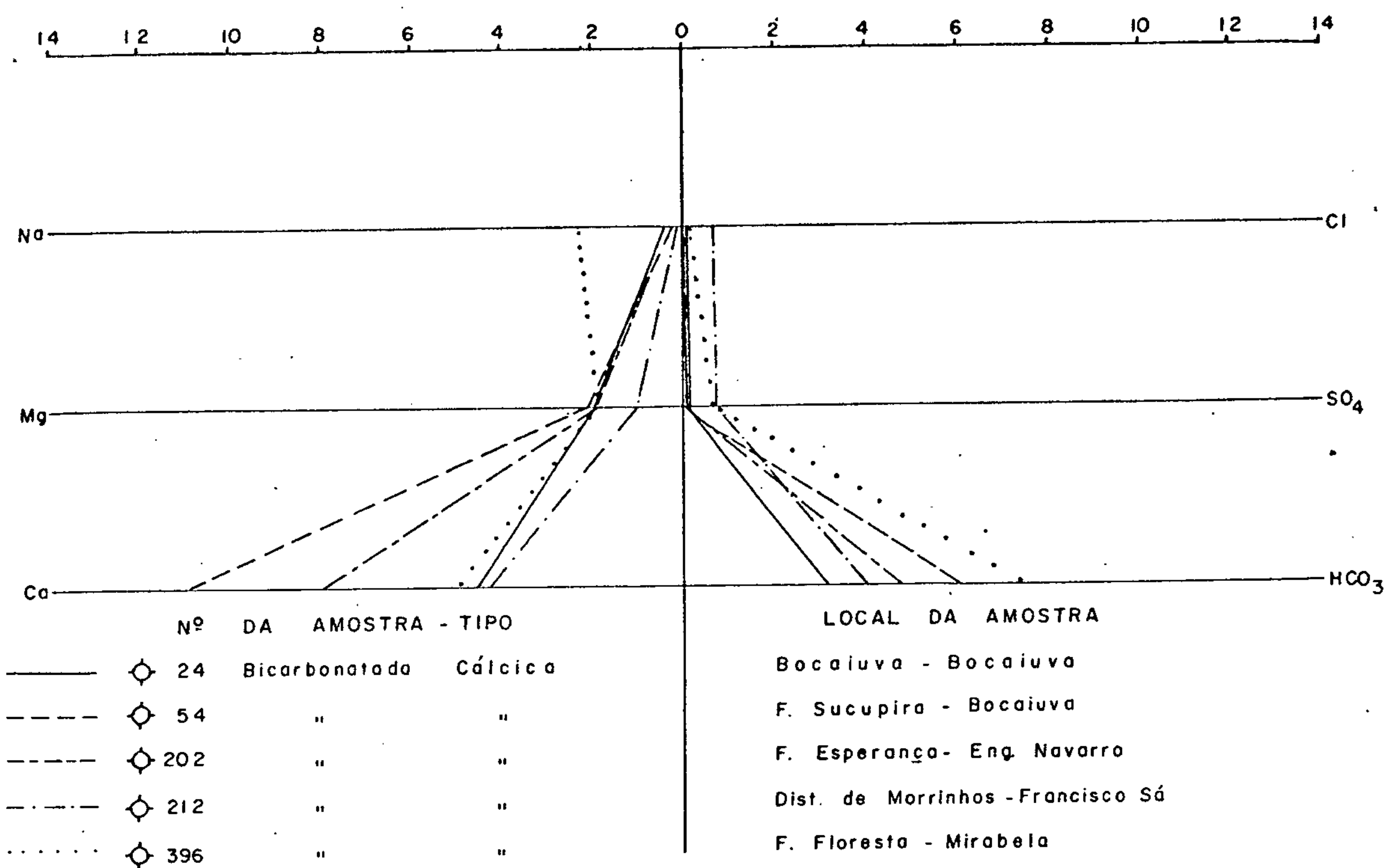
TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



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

FIG. 6.26

## DIAGRAMA DE STIFF-CUSTÓDIO



## DIAGRAMA DE STIFF-CUSTÓDIO

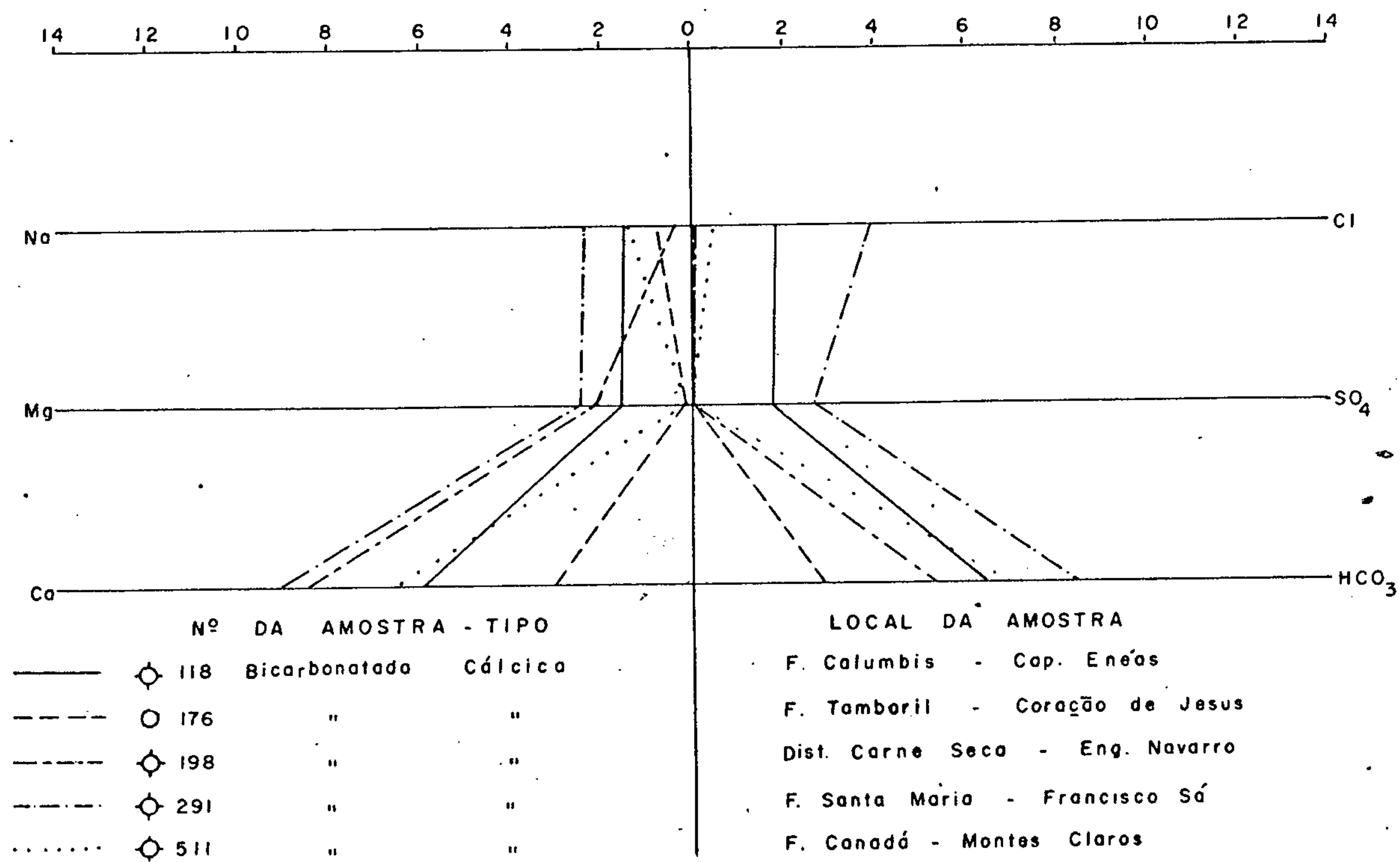


FIG. 627

# DIAGRAMA DE STIFF - CUSTÓDIO

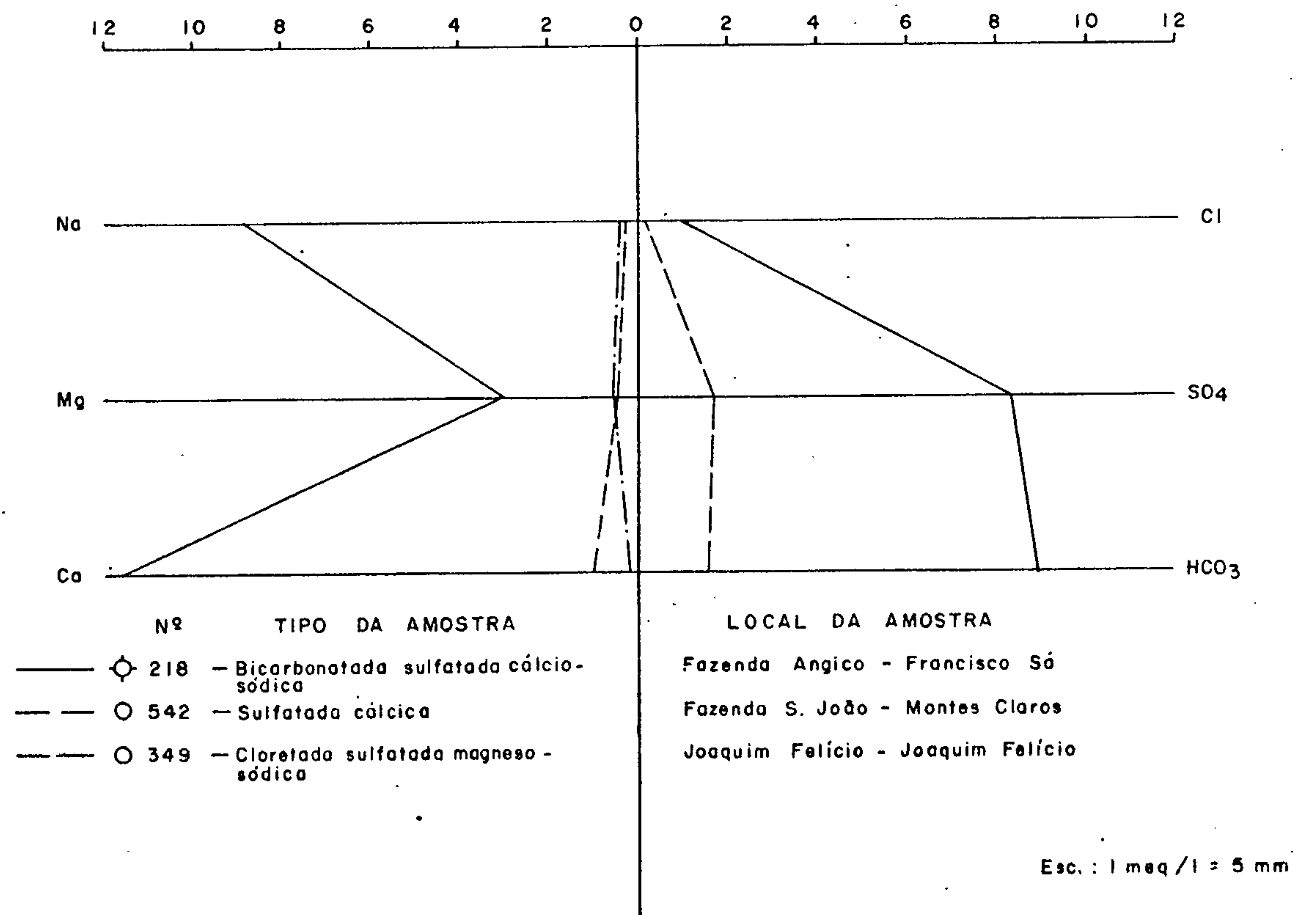
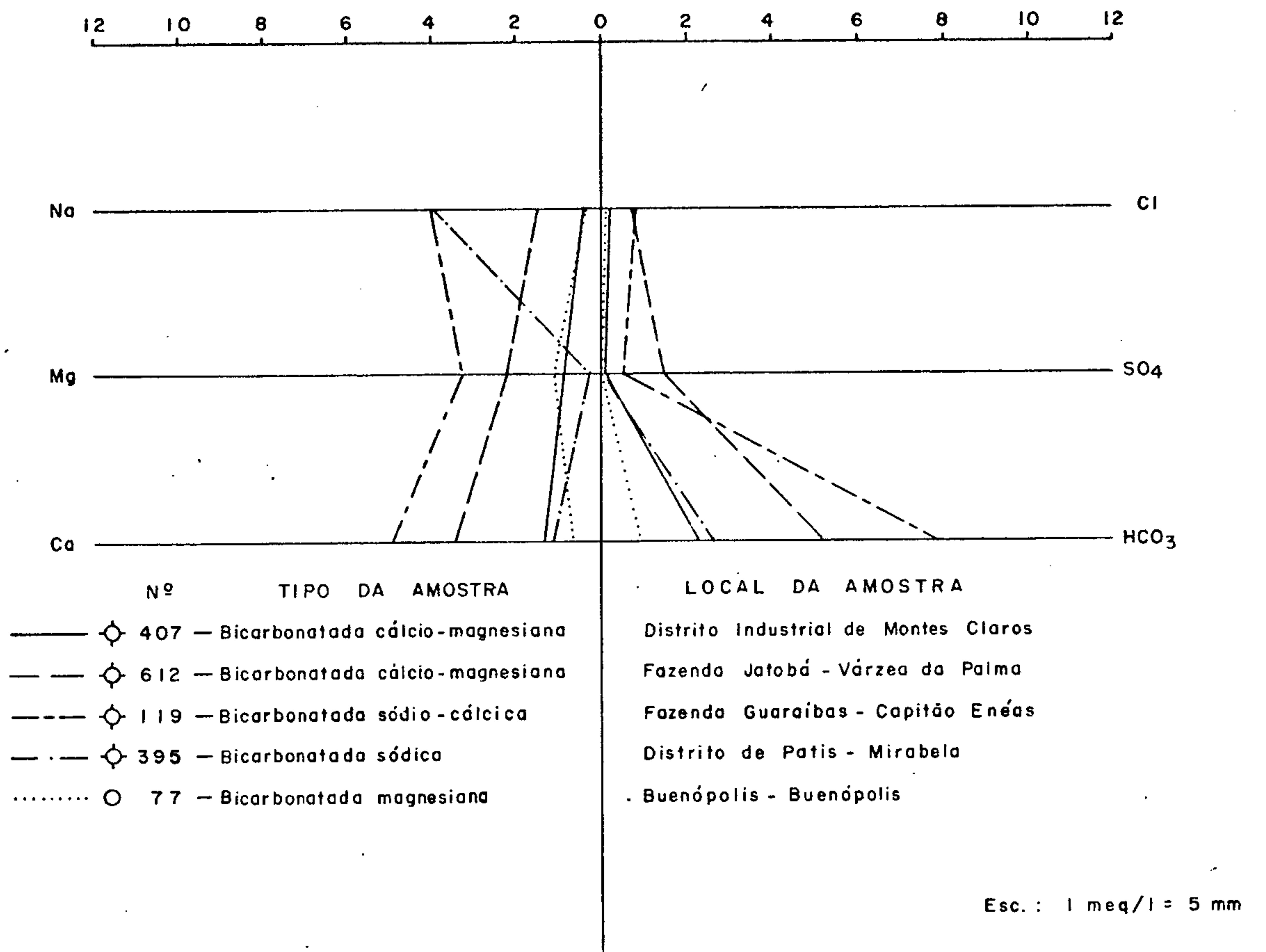


FIG. 6.28

tra ao teor de sulfatos ; um percentual de 43,48% apresenta-se como passável no que concerne aos valores de magnésio e cálcio, resíduo seco e sódio; finalmente, 38,34% das amostras d'água são boas para o consumo humano.

Os resultados encontrados nas análises estão indicados no quadro 6.16, e as amostras que apresentam algumas restrições ao consumo humano estão indicadas no quadro 6.17.

#### POTABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Discriminação	Percentual das Amostras	Frequências Cumulativas
Boa	38,34	38,34
Passável	43,48	81,82
Medíocre	18,18	100,00
Má	-	
Momentânea	-	

Quadro 6.16

#### SITUAÇÃO DE AMOSTRAS QUE APRESENTAM ALGUMAS RESTRIÇÕES AO CONSUMO HUMANO SEGUNDO OS LIMITES DE POTABILIDADE DE SCHOELLER

	POTABILIDADE PERMANENTE	
	Passável	Medíocre
Resíduo Seco	291-118-202	218
Na	218	
Mg/12+Ca/20	212-111-511-119-24-396-202	291-218-54-198
Dureza (G.H.)	212-111-511-119-24-396-202	291-218-54-198
SO <sub>4</sub>	-	24

Quadro 6.17



Os limites de potabilidade das águas segundo H.SCHOELLER (1955) acham-se indicados no quadro 6.3. Para o uso na pecuária, as águas não apresentam restrições. As amostras analisadas não indicaram valores de sólidos dissolvidos maiores que os mostrados em quadro adiante, considerados como limites superiores permitidos para a pecuária.

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

#### 6.3.2.1.8.4 Qualidade da Água para a Irrigação

Para a utilização da água na irrigação, vários outros fatores influem. Para uma primeira indicação de qualidade da água, foi usada a classificação que se baseia na condutividade elétrica e na razão de adsorção de sódio (SAR). Este método é utilizado pelo Laboratório de Salinidade do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

De 22 amostras selecionadas 68,18% pertencem à classe  $C_2S_1$ , 18,18% se enquadram na classe  $C_3S_1$ , 9,09% na  $C_1S_1$  e 4,54% na classe  $C_0S_1$ . Os resultados obtidos estão indicados no quadro 6.19 e plotados na fig. 6.29.

Para a classe  $C_2S_1$ , dominante no âmbito da folha, sugere-se que as águas desse tipo podem ser utilizadas se houver uma lixiviação moderada do solo. Quanto ao sódio, podem ser usadas em quase todos os solos com fraco risco de aparição de teores nocivos susceptíveis de troca.

As águas correspondentes à classe  $C_3S_1$ , podem ser usadas em solos bem drenados. Devem ser tomadas precauções contra a salinidade e apenas as plantas de boa tolerância salina devem ser cultivadas. Quanto ao sódio as águas podem ser usadas em quase todos os solos com fraco risco de teores nocivos susceptíveis de troca.

A classe  $C_1S_1$  representa as águas que podem ser empregadas para irrigar a maioria das culturas em grande parte dos solos, com pequeno risco de salinização do solo, salvo se a permeabilidade deste for extremamente fraca. No que concerne ao sódio, possuem estas águas fraco risco de aparição de teores nocivos susceptíveis de troca.

As águas pertencentes à classe  $C_0S_1$  podem ser utilizadas sem restrições para a irrigação. Podem ser solicitadas para todos os tipos de solos com fraco risco de teores nocivos de sódio susceptíveis de troca.

#### CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

Classe	Percentual das Amostras	Frequência Cumulativa
$C_0S_1$	4,54	4,54
$C_1S_1$	9,09	13,63
$C_2S_1$	68,18	81,81
$C_3S_1$	18,18	99,99
TOTAL	99,99	—

Quadro 6.18

#### 6.3.2.2 Aquífero Três Marias

A posição estratigráfica do aquífero Três Marias entre as aluviões e o aquífero Paraopeba possibilita, possivelmente, uma interconexão hidráulica entre este e o primeiro, nas áreas marginais do rio São Francisco e rio das Velhas. Estudos mais específicos seriam necessários para melhores esclarecimentos sobre o comportamento dos citados aquíferos em conjunto visando a determinação de possíveis infiltrações verticais nos sistemas bem como da influência dos volumes de descargas do rio São Francisco nas reservas dos citados aquíferos. Geralmente, os poços tubulares existentes atravessam totalmente as aluviões e a formação Três Marias para penetrar parcialmente na formação Paraopeba que resulta em grandes dificuldades para os estudos hidrogeológicos visando a determinação das características dimensionais e hidrodinâmicas dos aquíferos, bem como o comportamento de cada um em relação aos outros sistemas.

A área relativamente pouco extensa da formação Três Marias, aliada a pouca disponibilidade de dados, impossibilita maiores detalhes no que concerne às condições de circulação e descarga, além da abordagem de outros parâmetros de avaliação hidrogeológica.

O aquífero Três Marias, possuindo uma litologia predominante de arcósios e siltitos, apresenta uma porosidade primária que, em relação ao sistema Paraopeba, o favorece no que tange aos processos de recarga a partir da pluvimetria sobre as áreas de ocorrência. Assim, a alimentação do sistema, do tipo livre, ocorre principalmente através da infiltração direta das águas de chuva, podendo sub

quentemente parte da recarga ser devida a processos de filtração vertical, proveniente dos coluviões ou sedimentos Terciários-Quaternários.

#### 6.4 Águas Subterrâneas no Cretáceo

A formação Urucuia, no âmbito da folha, não apresenta condições para se constituir em um bom aquífero. A sua pequena espessura, e conformação geomorfológica, apresentando um relevo de testemunhos e chapadas em níveis topográficos superiores ao do Grupo Bambui (F. Paraopeba), tornam-se fatores limitantes para um melhor comportamento dessa formação com aquífero. Em regra geral, as águas provenientes da infiltração direta das chuvas, após rápido percurso, retornam à superfície em grande parte através de fontes.

#### 6.5 Águas Subterrâneas no Terciário-Quaternário

As coberturas indiferenciadas do Terciário-Quaternário distribuem-se de modo descontínuo por toda a folha em posição sobreposta às rochas do Pré-Espinhaço, Super Grupo Espinhaço e Super Grupo São Francisco.

A sua disposição geográfica em chapadas sobre os remanescentes mais elevados de antigas superfícies de erosão (Ciclo Sul Americano) não favorecem boas condições aquíferas para estas coberturas. As águas de infiltração, provenientes das chuvas retornam à superfície em grande parte através dos exutórios naturais. Por outro lado, a inexistência de um poço tubular com penetração exclusivamente nessas coberturas impossibilitaram a realização de um



ensaio de bombeamento para determinar seus parâmetros hidrodinâmicos.

## 6.6 Águas Subterrâneas no Quaternário

### 6.6.1 Coberturas Indiferenciadas do Pleistoceno/Holoceno

Estes sedimentos originados pelo retrabalhamento das coberturas antigas foram redistribuídos pelos terraços e planícies de expansão da drenagem mais recente (Ciclo Velhas) ocupando as encostas mais suaves sob a forma de colúvios. Têm importância puramente local e ocorrem em áreas descontínuas a oeste e canto sudoeste da folha em posição sobreposta às formações Três Marias e Paraopeba nas planícies dos rios São Francisco, Paracatu e Velhas.

### 6.6.2 Aluviões

Os depósitos aluvionares do rio São Francisco são os que apresentam maior expressão na folha. Estes sedimentos se situam em posição superior aos psamitos arcosianos e siltitos da formação Três Marias ou formação Paraopeba. Devido à sua situação geomorfológica, as condições de recarga e circulação, sujeitas sobretudo a influências das variações de descargas no rio São Francisco.

Apresentam, tudo indica, condições aquíferas favoráveis, embora se saiba que o seu aproveitamento seja restrito às margens do rio. Estudos específicos poderão ser efectuados posteriormente desde que se disponha de rede de observação piezométrica mais densa, além de poços com pe

netração até a base desses sedimentos, em condições de se rem bombeados para que sejam determinados os parâmetros hi dráulicos do sistema. Geralmente, as unidades de captação ultrapassam a espessura da aluvião e penetram por algumas dezenas de metros nas formações sotopostas como pode ser observado em perfis de sondagem em poços perfurados em Pi rapora e Ubaí.

## 7. CONCLUSÕES

O estudo realizado permitiu alcançar resultados satisfatórios para um melhor conhecimento hidrogeológico da área e que podem ser resumidos nos seguintes aspectos :

a - Os sistemas Pré-Espinhaço, Super Grupo Espinhaço, Grupo Macaúbas, Cretáceo e Coberturas do Terciário-Quaternário, se comportam segundo a divisão do potencial dos recursos de água subterrânea como fraco a muito fraco.

As rochas do Pré-Espinhaço e Super Grupo Espinhaço sendo possuidoras principalmente de uma porosidade secundária, a alimentação e escoamento das águas depende da existência de uma conformação estrutural favorável onde sistema de fraturas conectadas possibilitam condições de armazenar água. No sistema Pré-Espinhaço a profundidades maiores que 80 metros as fraturas passam a se apresentar regeladas não propiciando boas condições de circulação das águas. Os poços nos gnaisses apresentaram valores de capacidade específica situados entre os valores de  $5,8 \times 10^{-5}$  e  $1,3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s/m}$  enquanto que os xistos indicaram uma variação entre  $2,8 \times 10^{-6}$  e  $1,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s/m}$ . As águas do Pré-Espinhaço são predominantemente bicarbonatadas, ocorrendo os grupos químicos bicarbonatada-sódica e sódio magnésiana, cálcica, cálcio-sódica magneso-sódica e magneso - cálcica. O resíduo seco varia de 22 a 1180 mg/l.

No Super Grupo Espinhaço dado a ausência de um maior número de poços tornou-se impossível elaborar estatisticamente os dados de produtividade nos tipos litológicos existentes.

A capacidade específica determinada em Botumi

rim apresentou valor baixo da ordem de  $8,1 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s/m}$ . Uma única amostra captada em poço tubular pertence ao grupo das bicarbonatadas cálcicas, com baixa salinidade.

Na formação Urucuia e coberturas do Terciário - Quaternário, devido às suas conformações geomorfológicas, em forma de chapadas, ocupando níveis superiores ao nível geral de aplanamento, e suas formas irregulares em superfície oferecem condições aquíferas muito limitadas e de interesse puramente local, quando as condições topográficas e espessuras permitirem captações adequadas. Grande parte das águas que se infiltram retorna à superfície através de exutórios, representados principalmente pelas fontes disseminadas nos sopés das encostas.

b - O sistema cárstico representado pela formação Paraopeba (Grupo Bambuí) apresenta-se como um aquífero de potencial médio a fraco. A partir dos 13 ensaios de bombeamento disponíveis foi possível calcular uma média de transmissibilidade no valor de  $1,09 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ . O mínimo foi obtido em Francisco Dumont ( $2,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ) e o máximo em Lagoinha ( $3,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ). Apenas em 4 testes de aquífero foi possível determinar valores de Coeficiente de Armazenamento, cuja média foi de  $2,3 \times 10^{-2}$ .

Os cálculos de volumes de águas de escoamento subterrâneo foram realizados separadamente para a bacia do rio São Francisco e bacia do rio Verde Grande. As reservas permanentes calculadas foram da ordem de  $6,8 \times 10^{10} \text{ m}^3$ , sendo que os recursos correspondentes aos volumes infiltrados anualmente foram estimados em  $2,2 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{ano}$ .

Segundo os pontos amostrados, predominam no sistema Paraopeba as águas bicarbonatadas cálcicas, com



77,2%, seguidas das bicarbonatadas cálcio-magnesianas, com 9,1% e bicarbonatadas sódio-cálcicas, bicarbonatadas - sódica e sulfatada-cálcio-sódica possuindo, cada desses grupos, 4,5%.

O valor médio do resíduo seco é de 347 mg/l, possuindo 79,3% dos pontos amostrados resíduo entre 0 e 500 mg/l, 17,2% entre 500 e 1000 mg/l e 3,4% possuindo resíduo seco entre 1000 e 1500 mg/l. Um percentual de 81,8% das análises apresenta-se como boa a passável, segundo as normas de potabilidade definidas por SCHOELLER, enquanto que 18,1% comportam-se como medíocres. No que concerne à aplicação das águas do aquífero Paraopeba à irrigação, 63,18% das amostras enquadram-se na classe  $C_3S_1$ , 9,1% correspondem à classe  $C_1S_1$  e 4,5% à classe  $C_0S_1$ .

c - O aquífero Três Marias comporta-se como um sistema de potencial elevado a médio, em função das condições de aquífero livre existente e da litologia predominante de arcósios. A sua posição estratigráfica entre as aluviões e o aquífero Paraopeba possibilita provavelmente uma interconexão hidráulica entre os três sistemas nas áreas marginais do rio São Francisco e o rio das Velhas. Estudos, a nível de maior detalhe, seriam necessários para melhores esclarecimentos sobre o comportamento dos citados aquíferos em conjunto, bem como da interrelação entre o regime de descarga do rio São Francisco com as condições de fluxos nestes sistemas. Geralmente, os poços tubulares existentes atravessam as aluviões e/ou formação Três Marias e penetram parcialmente no sistema cárstico, F. Paraopeba, o que resulta em maiores dificuldades em caracterizar os parâmetros hidrogeológicos desses aquíferos separadamente.

Por outro lado, as aluviões dos rios São Fran-  
cisco e dos baixos cursos dos rios das Velhas e Jequitai  
se comportam como aquíferos de potencial muito elevado a  
elevado, devido às condições favoráveis de armazenamento  
desses sedimentos, no que tange à litologia predominante-  
mente arenosa e aos níveis d'água pouco profundos.

8. BIBLIOGRAFIA

- ÁGUAS subterrâneas e poços tubulares. Curitiba, UFPr, 1969.  
392 p.
- RABBIT, M.E. et alii - Abastecimento de água. São Paulo, Edgard Blücher, s. d. 592 p.
- BECKER, Bertha K. Aplicação de índices climáticos ao Nordeste do Brasil - Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 39 (4) : 3 - 22, out/dez. 1968.
- BOGOMOLOV, G. - Hidrogeologie et notions de géologie d'ingénieur. Moscou, Editions de La Paix, s. d. 260 p.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - Inventário das estações fluviométricas. Brasília, 1976, 192 p.
- BRASIL. Ministério do Interior. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - Estudo de pré-viabilidade; vale do Fidalgo, Teresina - Pi; relatório final. Teresina, 1973 (Relatório inédito OESA/Tecnosolo/OTI/EPTISA).
- BRASIL. Ministério do Interior. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Estudos de reconhecimento e estudos hidrogeológicos para aproveitamento integrado; região central da Bahia. Recife, 1974 (Relatório inédito, SUDENE/CONESP).
- BRASIL. Ministério do Interior. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - Observações pluviométricas no Nordeste do Brasil. Fortaleza, 1969, 2 v.
- 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.
- BRASIL. Secretaria de Planejamento da Presidência da Repú  
blica. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Es  
tatística - Anuário estatístico do Brasil. Rio de Ja  
neiro, 1975. v. 36.
- BUCKMANN, C. Harry - Natureza e propriedade dos solos. Tra  
dução Antonio B. N. Figueiredo Filho. Rio de Janeiro ,  
Freitas Bastos, 1964. 554 p.
- COBRA, R. Q. - Ecologia da área da Sudene ao sul do parale  
lo 16°, Minas Gerais. Recife, s. ed. 1970. 25 p. ( Rela  
tório inédito da SUDENE).
- CRUZ, W. Barbosa da & FRANÇA, Hélio P. M. - Inventário hi  
drogeológico básico do Nordeste; folha 14 - Jaguaribe -  
SO. Recife, SUDENE, 1971. 222 p. (BRASIL. SUDENE. Divi  
são de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 31).
- CRUZ, W. Barbosa da & MELO, Francisco A. F. de - Estudo  
geoquímico preliminar das águas subterrâneas do Nordes  
te. Recife, SUDENE, 1974. 125 p. (BRASIL. SUDENE. Divi  
são de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 19).
- CUSTÓDIO, E & LLAMAS, Manuel R. - Hidrologia subterrânea .  
Barcelona, Omega, 1976. 2 v.
- DAKER, Alberto - A água na agricultura; irrigação e drena  
gem. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1970. v. 3.
- DIAGNÓSTICO hidrogeológico de Montes Claros. Minas Gerais;  
relatório final. Belo Horizonte, s. ed, 1974. (Relató  
rio inédito COPASA/OESA) 2. v.
- ELEMENTOS de hidrogeologia prática. Recife, SUDENE, 1967 .



372 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de hidrogeologia, série hidrogeologia, 13).

ESTUDO de avaliação qualitativa e quantitativa dos Recursos hidrológicos da área da Jaíba, M. G. Belo Horizonte s. ed, 1975. (Relatório inédito FJP/RURALMINAS) 130 p.

FIGUEIREDO, Antonio - Abastecimento de águas das cidades. Recife, UFPe, 1968. 146 p.

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

GARCEZ, L. Nogueira - Hidrologia. S. Paulo, Edgard Blücher, 1967. 248 p.

GUIMARÃES, Maria Rita da S. & DUARTE, Aluizio C. ed. - Geografia do Brasil; grande Região Leste. Rio de Janeiro, IBGE, 1965. v.5, série A.

HEM, J. D.-Study and interpretation of the chemical characteristic of natural water - Geological Survey Water Supplly Paper, 1473 : 3 - 21, 1959.

KEREKES, José - Reconhecimento e estudos preliminares na bacia do Urucuia. Rio de Janeiro, s. ed, 1957. (Relatório inédito CODEVASF) 40 p.

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

- Inventário hidrogeológico básico do Nordeste; folha 19 - Aracaju-NO. Recife, SUDENE, 1971. 242 p. (BRA

- SIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 33).
- Inventário hidrogeológico básico do Nordeste; folha 9 - Jaguaribe-NO. Recife, SUDENE, 1971. 178 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 72).
- LOGAN, J. - The interpretation of chemical analyses of water. Recife, s. ed, 1965. (Relatório inédito USAID). 96 p.
- MANOEL Filho, João - Inventário hidrogeológico básico do Nordeste; folha 10 - Jaguaribe-NE. Recife, SUDENE, 1971. 343 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 30).
- Reconhecimento hidrogeológico da planície aluvial do Apodi-RN. Recife, SUDENE, 1973. 83 p. (BRASIL. SUDENE Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 42):
- MENEZES Filho, Nelson R. et alii - Projeto Três Marias ; relatório de progresso. Belo Horizonte, s.ed, 1976. (Relatório inédito DNPM/CPRM).
- NASCIMENTO, Paulo A. B. de - Inventário hidrogeológico básico do Nordeste; folha 29 - Bahia-NE. Recife, SUDENE, 1971. 194 p. (BRASIL. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 35).
- PORTELA, Antonio Carlos P. & FERRARI, Pedro Gervásio - Projeto Jequitinhonha; relatório de progresso. Belo Horizonte, s. ed, 1976. (Relatório inédito DNPM/CPRM).
- ROUBAUX, A - "Propriétés physiques et chimiques des eaux souterraines dans les pays arides". In: COLLOQUE D'ANKARA SUR L'HIDROLOGIE DE LA ZONE ARIDE, Ankara, 1952,

- Actes du ... Paris, UNESCO, 1953, p. 17 - 23.
- SCHOELLER, H - Les eaux souterraines. Paris. Masson, 1962  
611 p.
- SIQUEIRA, Luis - Contribuição da geologia à pesquisa de água subterrânea no Cristalino. Recife, s. ed, 1963. (Relatório inédito da SUDENE) 51 p.
- WALTON, Willian C.- Groundwater resource evaluation. New York, McGraw-Hill, 1970. 664 p.
- YASSUDA, E. R. et alii - Poços profundos; manual técnico ; subsídio para aplicação de normas. São Paulo, Edgard Blucher, 1965. 180 p.