

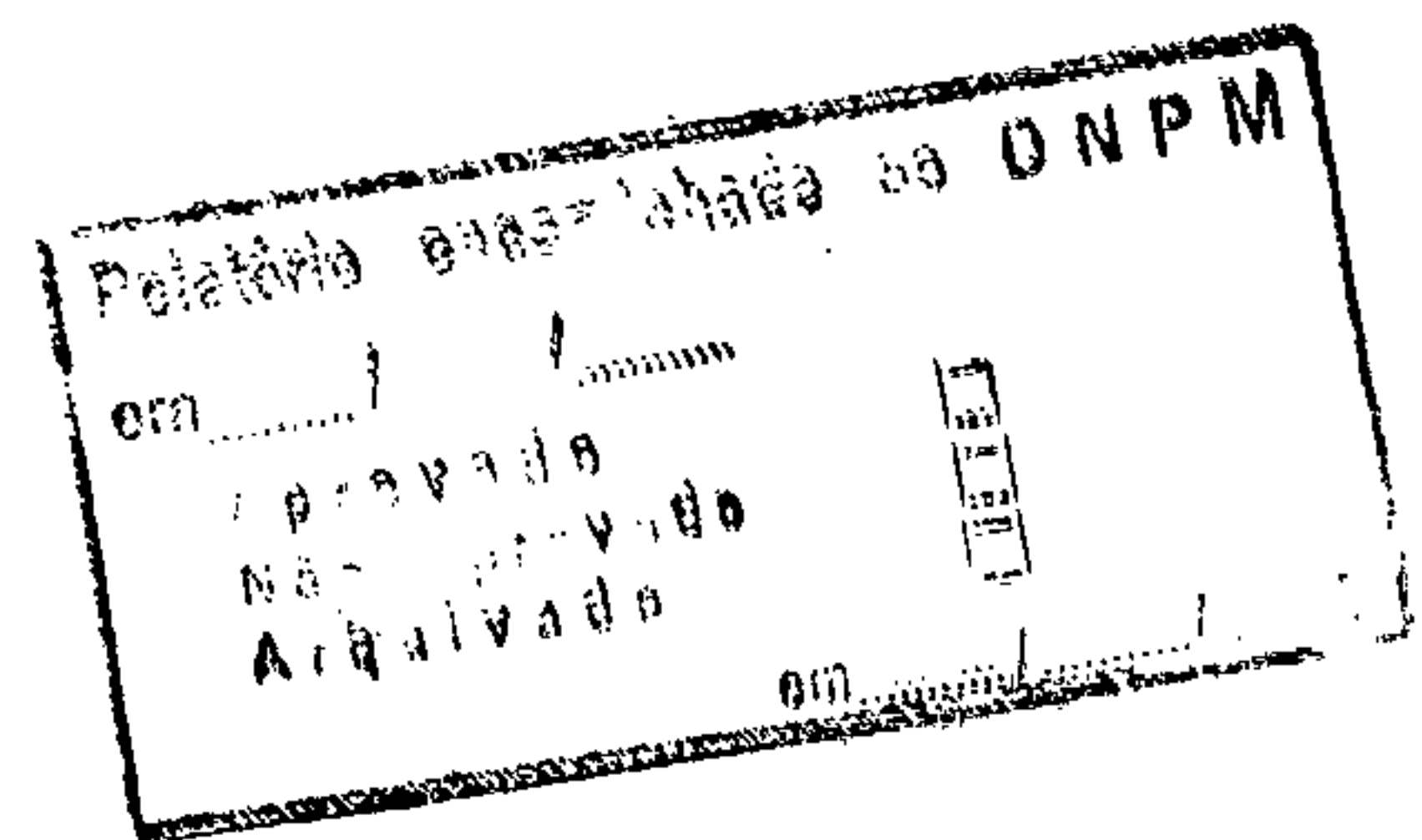


**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS**

**PROJETO ARAPOEMA  
RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA  
MUNICÍPIO DE ARAPOEMA  
ESTADO DE GOIÁS**

**VOLUME I**

**TEXTO**



**DIRETORIA DA ÁREA DE PESQUISA - DAP  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE GOIÂNIA**

**ED** I. 96 SUREMI  
CPRM SEDOTE

ARQUIVO TÉCNICO

Relatório n.º 554-S

N.º de Volumes: 6 v. 1

PHL-011446

Relatório encaminhado ao DNPM

em

Arquivo

Nº de Arquivos

Arquivado em



**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS**

**PROJETO ARAPOEMA**  
**RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA**

**ÍNDICE DOS VOLUMES**

**VOLUME I - TEXTO**

**VOLUME II - MAPAS**

**VOLUME III - MAPAS**

**VOLUME IV - MAPAS**

**VOLUME V - APÊNDICE**

**VOLUME VI - APÊNDICE**

**DIRETORIA DA ÁREA DE PESQUISA - DAP**  
**SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE GOIÂNIA**

## APRESENTAÇÃO

Em cumprimento ao que estabelecem as exigências formuladas no Art. 26 do Regulamento do Código de Mineração, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, de posse dos alvarás de prorrogação de pesquisa de nºs 1688, publicado no D.O.U. em 05/01/76 e 624, publicado no D.O.U. em 28/06/76, respectivamente, para os pedidos de pesquisa de nºs 808.867 e 808.868, e de posse do alvará de autorização de pesquisa de nº 1074 publicado no D.O.U em 24/09/74 para o pedido de pesquisa de nº 822.302, vem submeter à apreciação do Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, o relatório final de pesquisa de níquel e cobre, referente às três áreas outorgadas a esta companhia, no município de Arapoema, Comarca de Araguaina, Estado de Goiás.

O presente relatório abrange os trabalhos efetuados, bem como os resultados e conclusões obtidos durante a pesquisa.

Os trabalhos de campo estiveram a cargo dos geólogos ARMANDO TERUO TAKAHASHI (Chefe do Projeto) e NASSRI BITTAR, e do engenheiro de minas MARCOS NUNES MARQUES.

A execução dos trabalhos de sondagem esteve a cargo dos geólogos EDUARDO CAVALCANTI CAMPOS (Chefe da Seção de Sondagem - SECSON) e IDAIR ALVES BRANDÃO e do Engenheiro de minas TOMAZ EDSON DE VASCONCELOS; os trabalhos de geofísica foram executados pelos geólogos WALTER OHOFUGI (Chefe da Seção de Geofísica - SECFIS), ANTÔNIO EULÁLIO FILHO e VALDEMAR JOSÉ DE ALMEIDA; e os trabalhos de geoquímica foram executados pelos geólogos JOSÉ CARLOS RODRIGUES DE MELLO e CIPRIANO CAVALCANTE DE OLIVEIRA.

A orientação do projeto foi realizada pelo geólogo ANTÔNIO GOMES DE ARAÚJO (Chefe da Divisão de Pesquisas Próprias-DIVPEP).

As análises quantitativas estiveram a cargo do Laboratório de Mineralogia-LAMIN, CPRM-Rio de Janeiro, sob a responsabilidade da geóloga GIUSEPPINA G. DE ARAÚJO e as análises semi-quantitativas foram executadas pelos químicos do Laboratório da SUREG-GO: VAZ PEREIRA DA COSTA, AILTON GUMERATO e GILBERTO SANTANA, sob a responsabilidade do químico EDUARDO SILVA DE ALMEIDA (Chefe da Seção de Laboratório SECLAB).

As análises petrográficas estiveram a cargo das geólogas STELAMARIS DE OLIVEIRA PINHEIRO (Chefe do Laboratório de Petrografia-LAPET), MARIÂNGELA GRAVATÁ FRAGOMENI e do Geólogo HUMBERTO TERRAZA SALAS.

A coordenação técnica do projeto foi realizada pelo geólogo CARLOS OITI BERBERT (Chefe da Coordenação de Recursos Minerais-COREMI), sendo Superintendente o geólogo LUIZ ANTÔNIO GRAVATÁ GALVÃO.

A supervisão técnica do projeto esteve a cargo do Departamento de Pesquisas Próprias da Superintendência de Recursos Minerais, sendo responsável técnico o engenheiro de minas e civil JOÃO BATISTA DE VASCONCELOS DIAS, Diretor da Área de Pesquisa da empresa.

## RESUMO

As áreas do Projeto Arapoema situam-se às margens do rio Araguaia, no Município de Arapoema, no norte do Estado de Goiás. Localizadas na Depressão Periférica do sul do Pará, a região é caracterizada pelo clima Aw de Köppen, com uma rede hidrográfica pertencendo à bacia Amazônica. A floresta é densa, a pecuária primitiva e a lavoura de médio porte.

Compreende rochas ultrabásicas (serpentinizadas) intrudidas nas rochas do Grupo Tocantins (filitos, xistos, etc). Diques de diabásio com cobre nativo cortam a intrusiva e a encaixante.

Os trabalhos de prospecção (poços) constataram a existência de um solo laterítico pouco espesso, onde as análises raramente ultrapassam os valores de 0,80% de Ni, 0,55% de Cr e 0,15% de Co.

A prospecção por geoquímica consistiu primeiramente de caminhamentos geoquímicos (perfis irregulares), nas áreas de domínio do maciço, mas com resultados poucos animadores. Posteriormente, a amostragem geoquímica utilizando-se de uma malha regular foi realizada na área do Campestre da Buritirana, onde foram detectadas anomalias pouco significativas, e em uma área de ocorrência de blocos de piroxenito impregnados com malaquita, de modo que conduziu a detecção de possíveis corpos sulfetados que pudessem ter-lhe dado origem, com resultados praticamente nulos. Aventou-se então a possibilidade dessa malaquita se originar da combinação do Cu nativo dos diabásios com o CO<sub>2</sub> da rocha carbonatada em condições ideais de Fh e pH.

Os métodos geofísicos empregados (magnetometria, VLF e polarização induzida) revelaram anomalias significativas, que foram testadas através de sondagem, mas as quantidades de sulfetos nos testemunhos, não foram suficientes para justificá-las, sendo então provocadas possivelmente por magnetita.

Portanto, baseado nos trabalhos efetuados, chegou-se à conclusão de que no local, não existe nenhuma concentração das substâncias minerais abordadas neste relatório, que tenha interesse econômico.

S U M Á R I O

VOLUME I

1.	<u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
1.1.	<u>Histórico</u> .....	1
1.2.	<u>Reconhecimento da Área</u> .....	2
1.3.	<u>Situação Legal</u> .....	3
2.	<u>ASPECTOS GEOGRÁFICOS</u> .....	6
2.1.	<u>Localização e Vias de Acesso</u> .....	6
2.2.	<u>Geomorfologia</u> .....	7
2.3.	<u>Clima</u> .....	8
2.4.	<u>Hidrografia</u> .....	8
2.5.	<u>Vegetação</u> .....	9
2.6.	<u>Infra-Estrutura Sócio-Econômica</u> .....	9
3.	<u>GEOLOGIA REGIONAL</u> .....	11
3.1.	<u>Introdução</u> .....	11
3.2.	<u>Estratigrafia</u> .....	12
3.2.1.	Complexo Xingu .....	12
3.2.2.	Grupo Araxá .....	12
3.2.3.	Grupo Tocantins .....	12
3.2.4.	Formação Pimenteiras .....	13
3.2.5.	Formação Longá .....	13
3.2.6.	Formação Piauí .....	14
3.2.7.	Formação Pedra de Fogo .....	14
3.2.8.	Formação Sambaíba .....	14
3.2.9.	Formação Orozimbo .....	15
3.2.10.	Aluviões .....	15



4.	<u>GEOLOGIA LOCAL</u> .....	16
4.1.	<u>Morro do Rio Jenipapo e Campestre da Buritirana</u> .....	16
4.1.1.	Aspectos Gerais .....	16
4.1.2.	Rochas Encaixantes - Grupo Tocantins e ou Araxá .....	17
4.1.3.	Maciço Básico/Ultrabásico .....	18
4.1.3.1.	Rochas Serpentiníticas ....	18
4.1.3.2.	Rochas Sílico-Carbonatadas .....	19
4.1.3.3.	Rochas Talcificadas .....	20
4.1.4.	Rochas de Cobertura .....	20
4.1.4.1.	Lateritas e Silexitos ....	20
4.1.5.	Intrusivas Básicas .....	21
4.1.6.	Aluviões Recentes (Qha) .....	22
4.2.	<u>Morro do Avião</u> .....	22
4.2.1.	Aspectos Gerais .....	22
4.2.2.	Rochas Encaixantes-Grupo Tocantins ..	22
4.2.3.	Maciço Básico/Ultrabásico .....	23
4.2.3.1.	Rochas Serpentiníticas ....	23
4.2.4.	Rochas de Cobertura .....	23
4.2.5.	Aluviões Pleistocênicas .....	24
5.	<u>GEOLOGIA ESTRUTURAL</u> .....	25
5.1.	<u>Morro do Rio Jenipapo e Campestre da Buritirana</u> .....	25
5.2.	<u>Morro do Avião</u> .....	25

6.	<u>TRABALHOS DE PESQUISA</u> .....	26
6.1.	<u>Trabalhos de Topografia</u> .....	26
6.2.	<u>Poços de Exploração</u> .....	27
6.3.	<u>Amostragem</u> .....	27
6.4.	<u>Sondagem</u> .....	28
6.5.	<u>Geoquímica</u> .....	29
6.5.1.	Caminhamento Geoquímico .....	29
6.5.1.1.	Introdução .....	29
6.5.1.2.	Amostragem .....	30
6.5.1.3.	Análises .....	30
6.5.1.4.	Tratamento dos Dados .....	31
6.5.1.5.	Considerações Gerais .....	32
6.5.1.6.	Comportamento dos Elementos	33
6.5.1.7.	Área do Morro do Rio Jenipa po .....	33
6.5.1.7.1.	Introdução .....	33
6.5.1.7.2.	Níquel (Ni) .....	33
6.5.1.7.3.	Cobre (Cu) .....	35
6.5.1.8.	Áreas do Morro do Avião ...	36
6.5.1.8.1.	Introdução .....	36
6.5.1.8.2.	Níquel (Ni) .....	37
6.5.1.8.3.	Cobre (Cu) .....	38
6.5.1.8.4.	Ferro (Fe) e Manganês (Mn)	40
6.5.2.	Prospecção Geoquímica .....	41
6.5.2.1.	Generalidades .....	41
6.5.2.2.	Amostragem .....	42
6.5.2.2.1.	Área do Campestre da Buri tirana .....	42

6.5.2.2.2.	Área I - Morro do Rio Je nipapo .....	43
6.5.2.3.	Preparação e Análise das Amostras .....	44
6.5.2.3.1.	Área do Campestre da Buri tirana .....	44
6.5.2.3.2.	Área I - Morro do Rio Je nipapo .....	45
6.5.2.4.	Critérios para Interpreta ção .....	46
6.5.2.5.	Área do Campestre da Buriti rana .....	48
6.5.2.5.1.	Introdução .....	48
6.5.2.5.2.	Descrição da Área .....	48
6.5.2.5.2.1.	Solos .....	48
6.5.2.5.3.	Apresentação dos Resulta dos .....	50
6.5.2.5.3.1.	Generalidades .....	50
6.5.2.5.3.2.	Estimativas do Limiar e "Background" Local ....	50
6.5.2.5.3.3.	Avaliação do Contraste Geoquímico .....	57
6.5.2.5.3.4.	Avaliação da Variância Analítica e de Amostra gem .....	58
6.5.2.5.4.	Interpretação .....	61
6.5.2.5.4.1.	Histogramas e Curvas de Frequências Acumuladas.	61

6.5.2.5.4.2.	Mapas e Perfís Geoquímicos .....	63
6.5.2.5.5.	Conclusões e Recomendações .....	66
6.5.2.6.	Área I - Morro do Rio Jenipapo .....	68
6.5.2.6.1.	Introdução .....	68
6.5.2.6.2.	Descrição da Área .....	69
6.5.2.6.2.1.	Solos .....	69
6.5.2.6.2.2.	Ocorrência Mineral ....	70
6.5.2.6.3.	Apresentação dos Resultados .....	73
6.5.2.6.3.1.	Generalidades .....	73
6.5.2.6.3.2.	Estimativa do Limiar e "Background" Local ..	74
6.5.2.6.4.	Interpretação .....	79
6.5.2.6.4.1.	Histogramas e Curvas de Frequência Acumulada	79
6.5.2.6.4.2.	Mapas e Perfís Geoquímicos .....	83
6.5.2.6.4.3.	Seção Vertical da Trincheira .....	85
6.5.2.6.5.	Conclusões e Recomendações .....	86
6.6.	<u>Prospecção Geofísica</u> .....	88
6.6.1.	Introdução .....	88
6.6.2.	Trabalhos de Reconhecimento .....	89

6.6.2.1.	Considerações dos Resulta <u>dos</u> .....	90
6.6.2.1.1.	Magnetometria .....	90
6.6.2.1.2.	Polarização Induzida (I.P.) .....	91
6.6.3.	Trabalhos de Detalhe .....	94
6.6.3.1.	Área de Detalhe I .....	95
6.6.3.2.	Área de Detalhe II .....	97
6.6.4.	Conclusões .....	100
7.	<u>INVESTIMENTOS</u> .....	101
7.1.	<u>Morro do Rio Jenipapo</u> .....	101
7.2.	<u>Morro do Avião</u> .....	102
7.3.	<u>Campestre da Buritirana</u> .....	103
8.	<u>CONCLUSÕES</u> .....	104
8.1.	<u>Níquel</u> .....	104
8.2.	<u>Cobre</u> .....	105
8.3.	<u>Cromo e Cobalto</u> .....	106
9.	<u>BIBLIOGRAFIA</u> .....	107
10.	<u>ILUSTRAÇÕES</u>	

VOLUME II

ANEXOS

- Anexo I-II - Planta de Detalhe e de Situação - Morro do Rio Jenipapo.
- Anexo III-IV - Planta de Detalhe e de Situação - Morro do Avião.
- Anexo V-VI - Planta de Detalhe e de Situação - Campestre da Buritirana.
- Anexo VII - Mapa Geológico - Morro do Rio Jenipapo.
- Anexo VIII - Mapa Geológico - Campestre da Buritirana.
- Anexo IX - Mapa de Caminhamento - Morro do Rio Jenipapo.
- Anexo X - Mapa Geológico - Morro do Avião.
- Anexo XI - Mapa de Abertura de Picadas - Morro do Rio Jenipapo.
- Anexo XII - Mapa de Abertura de Picadas e Localização de Poços - Campestre da Buritirana.
- Anexo XIII - Mapa de Abertura de Picadas e Localização de Poços - Morro do Avião.

VOLUME III

- Anexo XIV - Mapa de Localização de Poços, Furos de Sonda e Trincheira - Morro do Rio Jenipapo.
- Anexo XV - Mapa de Caminhamento Geoquímico - Morro do Rio Jenipapo.

- Anexo XVI - Mapa de Caminhamento Geoquímico e Geológico - Morro do Avião.
- Anexo XVII - Mapa de Isoteores dos Caminhamentos Geoquímicos - (Níquel) - Morro do Rio Jenipapo.
- Anexo XVIII - Mapa de Isoteores dos Caminhamentos Geoquímicos - (Cobre) - Morro do Rio Jenipapo.
- Anexo XIX - Mapa de Curvas de Isoteores de Geoquímica - (Níquel) - Morro do Avião.
- Anexo XX - Mapa de Curvas de Isoteores de Geoquímica - (Ferro) - Morro do Avião.
- Anexo XXI - Mapa de Curvas de Isoteores de Geoquímica - (Manganês) - Morro do Avião.
- Anexo XXII - Mapa de Amostragem Geoquímica - Campestre da Buritirana.
- Anexo XXIII - Mapa de Amostragem Geoquímica - Área I - Morro do Rio Jenipapo.
- Anexo XXIV - Mapa de Isopletas de Cobre - Campestre da Buritirana.

VOLUME IV

- Anexo XXV - Mapa de Isopletas de Níquel - Campestre da Buritirana.
- Anexo XXVI - Mapa de Isopletas de Cromo - Campestre da Buritirana.
- Anexo XXVII - Mapa de Isopletas de Cobalto - Campestre da Buritirana.

- Anexo XXVIII - Mapa de Isopletas de Cobre - Área I - Morro do Rio Jenipapo.
- Anexo XXIX - Mapa de Isopletas de Níquel - Área I - Morro do Rio Jenipapo.
- Anexo XXX - Mapa de Isopletas de Cobalto - Área I - Morro do Rio Jenipapo.
- Anexo XXXI - Mapa de Controle dos Trabalhos de Geofísica - Morro do Rio Jenipapo.
- Anexo XXXII - Mapa de Controle dos Trabalhos de Geofísica - Campestre da Buritirana.
- Anexo XXXIII - Mapa Magnetométrico - Curvas Isogâmicas do Campo Vertical - Morro do Rio Jenipapo.
- Anexo XXXIV - Mapa Magnetométrico - Curvas Isogâmicas do Campo Vertical - Campestre da Buritirana.
- Anexo XXXV - Mapa de Interpretação Magnética - Morro do Rio Jenipapo.
- Anexo XXXVI - Mapa de Interpretação Magnética - Campestre da Buritirana.
- Anexo XXXVII - Mapa Magnetométrico - Curvas Isogâmicas do Campo Vertical - Morro do Rio Jenipapo - Área I.
- Anexo XXXVIII - Síntese do Relatório de Pesquisa - Morro do Rio Jenipapo.
- Anexo XXXIX - Síntese do Relatório de Pesquisa - Morro do Avião.
- Anexo XL - Síntese do Relatório de Pesquisa - Campestre da Buritirana.



VOLUME V

APÊNDICES

- A - Boletins de Descrição de Sondagem.
- B - Boletins de Descrição de Poços - Morro do Rio Jenipapo.
- C - Boletins de Descrição de Poços - Morro do Avião.
- D - Boletins de Descrição de Poços - Campestre da Buritirana.
- E - Resultados de Análises de Sondagem.

VOLUME VI

- F - Resultados de Análises de Poços - Morro do Rio Jenipapo.
- G - Resultados de Análises de Poços - Morro do Avião.
- H - Resultados de Análises de Poços - Campestre da Buritirana.
- I - Caminhamentos Geoquímicos - Resultados de Análise do Morro do Rio Jenipapo.
- J - Caminhamentos Geoquímicos - Resultados de Análise do Morro do Avião.
- L - Resultados de Análises de Prospecção Geoquímica - Área I - Morro do Rio Jenipapo.
- M - Resultados de Análises de Prospecção Geoquímica - Campestre da Buritirana.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Histórico

Os requerimentos de autorização para pesquisa mineral nas áreas do Morro do Rio Jenipapo e Morro do Avião, na região de Arapoema, Estado de Goiás, foram condicionados aos reconhecimentos geológicos efetuados na área pela "Equipe Especial em Prospeção Mineral" da CPRM, composta pelo geólogo WALTER OHOFUGI e pelo engenheiro de minas MARCOS NUNES MARQUES, sob a coordenação do geólogo CARLOS OITIBERT, no ano de 1972. Posteriormente, quando do início da fase de pesquisa propriamente dita, foi requerida mais uma área denominada Campestre da Buritirana.

Os trabalhos geológicos de caráter regional existente "geologia Estratigráfica, Estrutural e Econômica do Projeto Araguaia", BARBOSA et alii (1966); "Carvão Mineral na Bacia do Tocantins-Araguaia" - BARBOSA e GOMES (1957). "Mapa Metalogenético do Brasil" de SUZINSKI, (1973) que delimita a faixa serpentínica N-S do Estado de Goiás, passando por Xambioá; "Relatório Geológico Preliminar da Área do Morro do Rio Jenipapo", BERBERT et alii (1974); "Estudo de Viabilidade de Pesquisa nas Áreas do Projeto Arapoema" SANTOS e OHOFUGI (1973), a disponibilidade de fotografias aéreas por parte do DNPM-6º Distrito Centro-Oeste, e o mapa planimétrico do Projeto Araguaia em escala de 1:100.000, vieram facilitar o melhor controle da localização.

As campanhas de reconhecimento aéreo foram executadas visando estabelecer diretrizes para o reconhecimento terrestre. As dificuldades de acesso na época e a densa ve

getação impuseram a necessidade de sobrevôos, principalmente no Morro do Rio Jenipapo, já que o Morro do Avião situa-se próximo ao povoado de Pau D'Arco, margem direita do rio Araguaia, dispondo de um campo de pouso para aviões de pequeno porte.

## 1.2. Reconhecimento da Área

O reconhecimento terrestre da área foi feito pelos geólogos WALTER OHOFUGI, MANOEL HENRIQUE FERREIRA NETO e pelo engenheiro de minas MARCOS NUNES MARQUES. Neste reconhecimento foi verificado um complexo litológico no Morro do Rio Jenipapo, representado por um maciço ultrabásico serpentizado, às vezes com cobertura laterítica e rochas silicificadas, com associações de rochas carbonáticas e presença de diques básicos mineralizados com cobre nativo.

No Morro do Avião foi observado um núcleo serpentinitico, de aproximadamente 150 m de raio, entrecortado por veios reticulares de crisotila e com concentrações locais de ilmeno-magnetita. Na ocasião foram coletadas amostras de superfície para análises geoquímicas.

Os trabalhos de pesquisa ficaram condicionados, no ano de 1972, à favorabilidade das condições climáticas reinantes na região (período de chuvas intensas) e à abertura da estrada municipal que liga Arapoema-Pau D'Arco, seccionando as áreas requeridas para pesquisa.

No início de 1973, com os trabalhos de campo sob a responsabilidade do geólogo JUAREZ FONTANA DOS SANTOS

(Chefe do Projeto na ocasião) e do engenheiro de minas MAR  
COS NUNES MARQUES, foram feitos dois perfís geoquímicos e  
geofísicos (magnetometria e cintilometria) seccionando as  
elevações principais do Morro do Rio Jenipapo.

Em paralelo, eram tomadas providências neces  
sárias e legais para fixação da CPRM na área, com propostas  
de acordo com os proprietários das terras ali localizadas,  
e que seriam homologadas pelo Sr. Juiz de Direito da Comar  
ca de Araguaína.

Foi estabelecida uma programação geoquímica  
de reconhecimento, utilizando-se como meio de locomoção na  
área, além de jeep, barcos e animais.

As campanhas de reconhecimento até então rea  
lizadas tinham como objetivo coletar o maior número possí  
vel de dados, de modo a fornecer subsídios a uma avaliação  
das necessidades futuras da pesquisa.

Tais campanhas foram executadas pelos geólo  
gos JOSÉ CARLOS RODRIGUES DE MELLO, CARLOS OITI BERBERT, AN  
TÔNIO GOMES DE ARAÚJO, NELSON CHABAN e pelo engenheiro de  
minas MARCOS NUNES MARQUES.

### 1.3. Situação Legal

Os pedidos de pesquisa abrangem três áreas,  
sendo duas de 5.000 hectares cada uma, nos lugares denomina  
dos Morro do Rio Jenipapo (Anexos I e II) e Morro do Avião  
(Anexos III e IV) e outra com 2.071,11 hectares, adjacente  
à área do Morro do Rio Jenipapo denominada Campestre da Bu

ritirana (Anexos V e VI). A área do Morro do Rio Jenipapo mede 6.250 metros x 8.000 metros, sendo o maior lado orientado na direção N-S. A área do Morro do Avião mede 10.000 metros x 5.000 metros, com a dimensão maior orientada na direção N-S. A área do Campestre da Buritirana é delimitada por um polígono irregular com os seguintes lados e rumos: 3.250 metros, oeste (W); 5.000 metros norte (N); 4.062 metros, leste (E); 5.494 metros, sul (S); 812 metros, oeste (W) e 494 metros, norte (N). No quadro abaixo estão as referências em questão:

ÁREA	ALVARÁ	DATA D.O.U.	DNPM	PEDIDO
1	232	12/03/73	808.867	Níquel
2	233	12/03/73	808.868	Níquel
3	1074	24/09/74	822.302	Cobre

Findo o prazo de dois anos e tendo a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM cumprido as exigências dispostas no ítem II do Artigo 25 do Regulamento do Código de Mineração, o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM concedeu o prazo de prorrogação de pesquisa

para duas áreas, conforme demonstram as referências no quadro abaixo:

ÁREA	ALVARÁ	DATA	DNPM	ALVARÁ DE PRORROGAÇÃO	DATA
1	232	12/03/73	808.867	1.688	05/01/76
2	233	12/03/73	808.868	624	28/06/76

## 2. ASPECTOS GEOGRÁFICOS

### 2.1. Localização e Vias de Acesso

As áreas de pesquisa do Projeto Arapoema situam-se no município de Arapoema, no norte do Estado de Goiás entre os meridianos  $49^{\circ}06'$  e  $49^{\circ}21'$  de longitude oeste de Greenwich e os paralelos  $07^{\circ}30'$  e  $07^{\circ}37'$  da latitude sul, aproximadamente, tendo a cidade de Arapoema a leste, o povoado de Pau D'Arco (situado na margem direita do Rio Araguaia) a oeste, o ribeirão Andorinha ao norte e o rio Jenipapo ao sul (Figura 01).

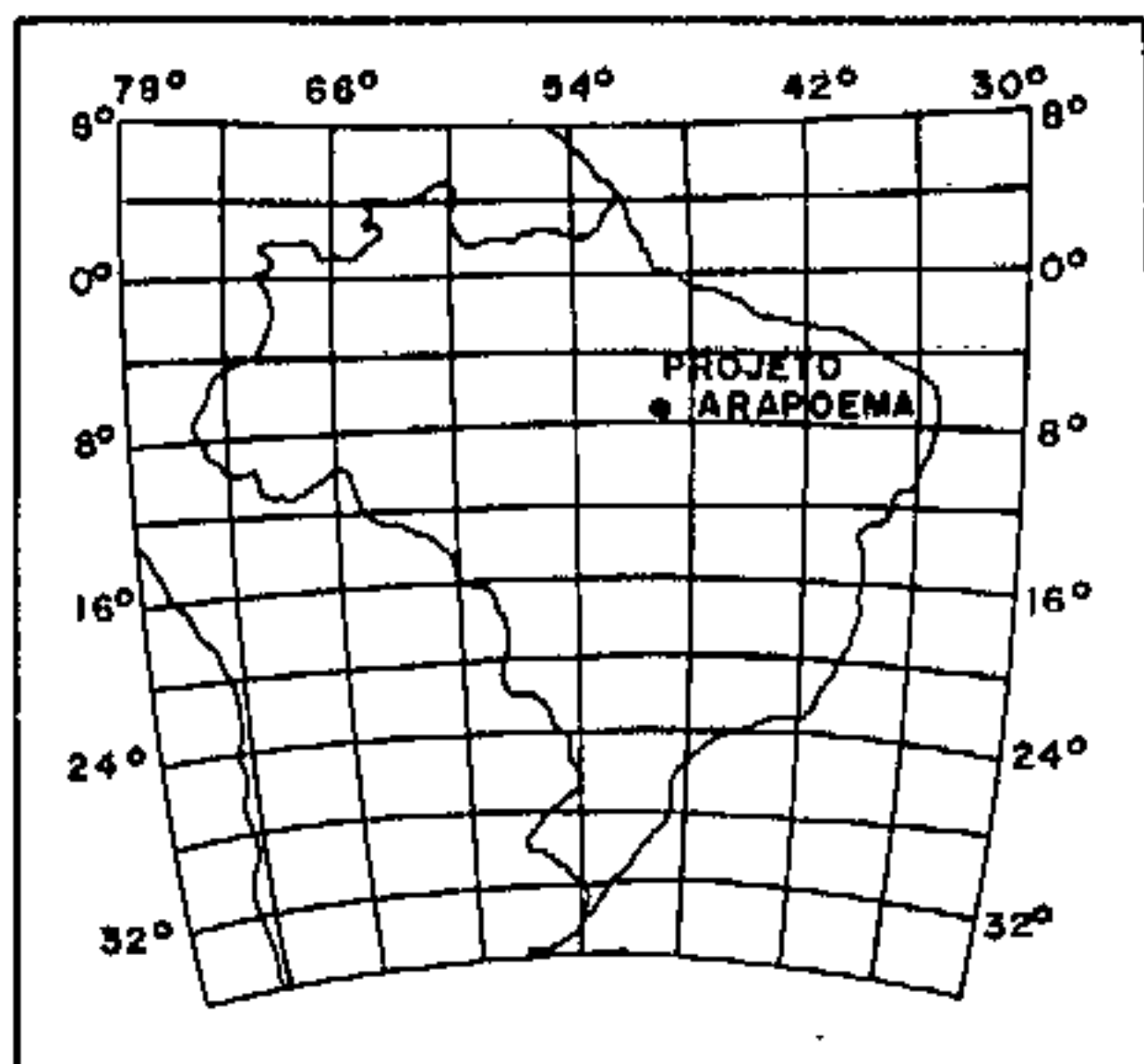
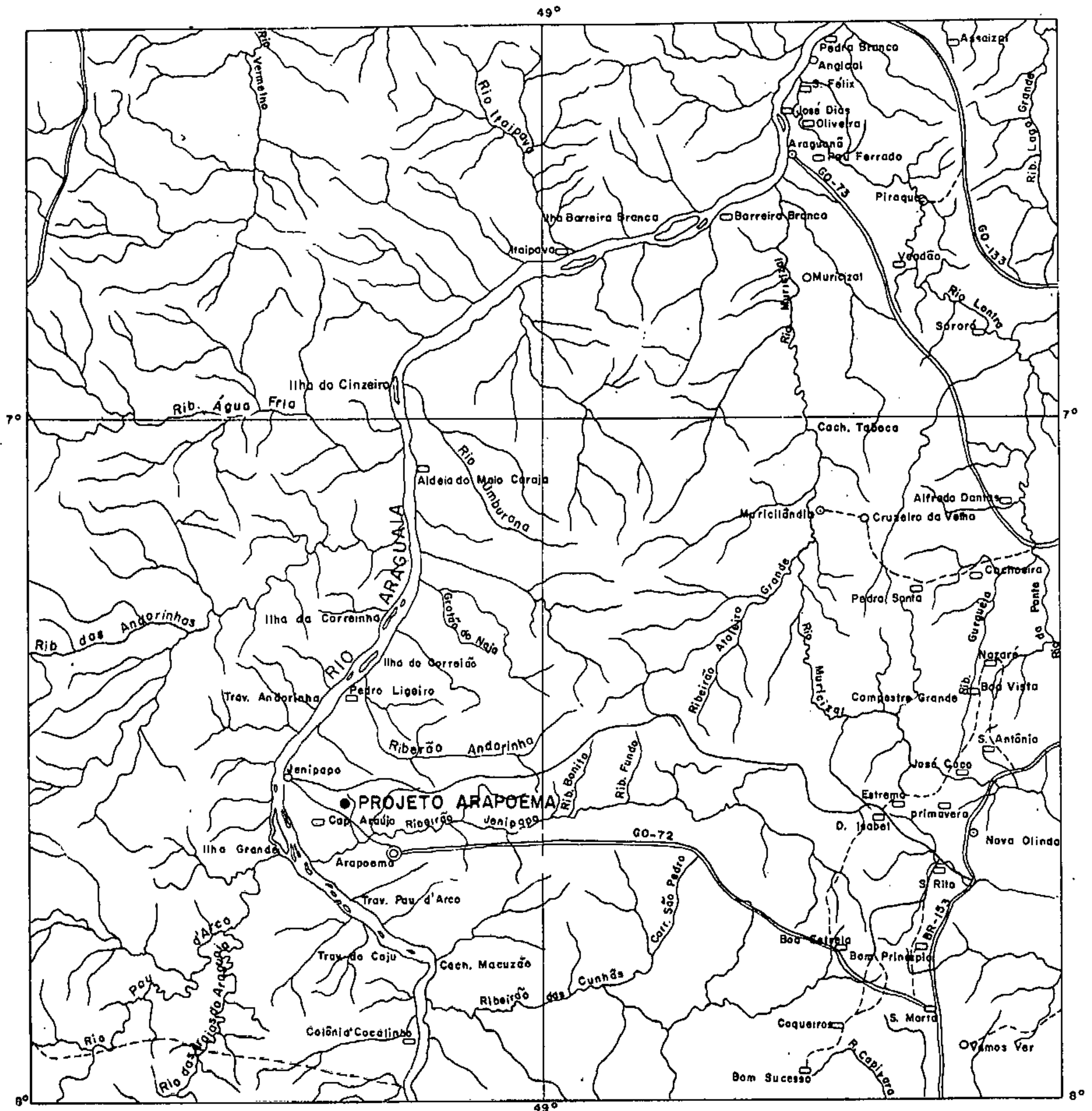
O acesso a partir de Goiânia, capital do Estado, às áreas de pesquisa, é feito através da BR-153 (Belém-Brasília) e Go-283 nos seguintes percursos:

Goiânia-entrada para Arapoema (BR-153)-1077 km  
Entroncamento BR-153/GO-283 - entrada para acampamento - 101 km  
Entroncamento (GO-283) - Acampamento - 15 km

De Goiânia à entrada de Arapoema, pela BR-153 se faz por estrada totalmente asfaltada e daí até a entrada para o acampamento se faz pela estrada estadual GO-283, trafegável o ano inteiro.

O acesso as áreas do Morro do Rio Jenipapo e Campestre da Buritirana à partir da estrada estadual GO-283 é feito por uma estrada atualmente encascalhada construída pela CPRM, com o auxílio de um trator FIAT AD-7B. O acesso à área do Morro do Avião é feito a partir de Pau D'Arco por estrada carroçável num percurso de 6 km.

Nas áreas do Morro do Rio Jenipapo e Campestre da Buritirana foram abertos cerca de 9 km de estradas vicinais





**Companhia de Pesquisa de Recursos de Minerais-CPRM**  
 Diretoria da Área de Pesquisa - DAP  
 Superintendência Regional de Goiânia - SUREG-GO  
**PROJETO ARAPOEMA**  
**MAPA DE LOCALIZAÇÃO**

Figura	Escala	Fonte
01	1: 1 000 000	IBGE - Carta do Brasil ao Milionésimo



nais e recuperados cerca de 22 km de estradas municipais, que dão acesso a estas duas áreas.

## 2.2. Geomorfologia

A área do Projeto Arapoema situa-se dentro de uma unidade classificada como Depressão Periférica do sul do Pará (Projeto Radam, 1974).

O relevo da região é caracterizado por pequenas elevações, constituídas por rochas pré-cambrianas, quando refletidas por elementos estruturais. Os acidentes geográficos mais salientes são representados pela Serra das Andorinhas, Serra do Mira e serras do Estrondo e das Cordilheiras. Estas duas últimas constituem a linha geral de "divortium aquarum" entre a Bacia do Rio Araguaia e a do Tocantins.

Conforme o Projeto Radam, alguns trechos mais elevados destas serras são testemunhos de uma pediplanação terciária que reelaborou um pediplano cretácico, sendo provável que elas se relacionem parcialmente com sequências areníticas pouco metamorfizadas do pré-Cambriano médio ou superior.

No divisor Tocantins-Araguaia encontra-se uma faixa de terrenos moderadamente montanhosos e constituídos predominantemente de micaxistos. Morros mais altos de quartzitos são encontrados em alguns lugares como Xambioá, Lontra etc. Esta faixa não sofreu a pediplanação pliocênica e está sendo dissecada por afluentes do Tocantins e do Araguaia, nos seus altos cursos. Ali é possível alcançar-se cotas da ordem de 550 m, ao mesmo tempo que os vales próximos alçam a 350 metros (BARBOSA et alii, 1966).

### 2.3. Clima

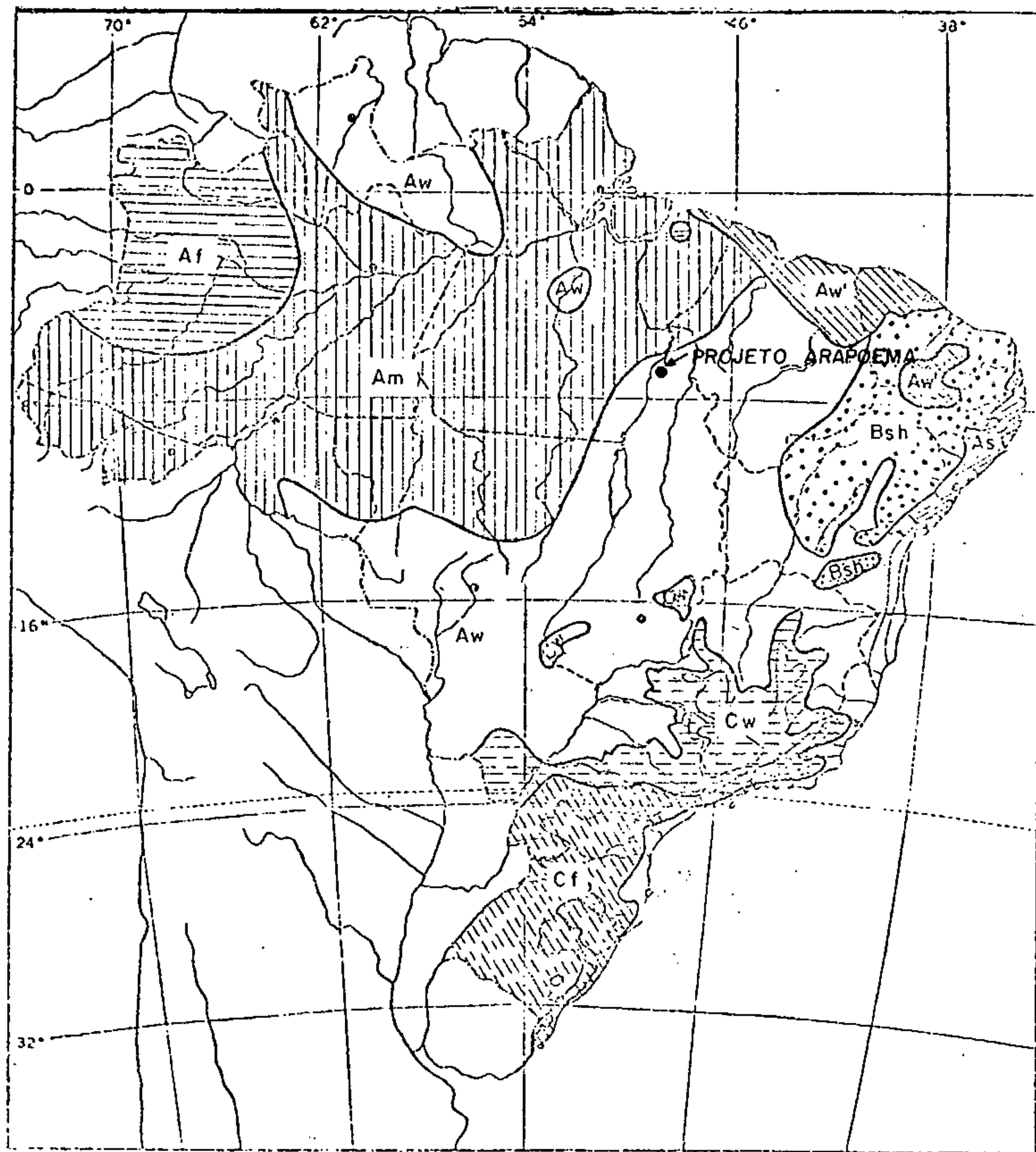
O clima regional é do tipo Aw de Köppen, com duas estações distintas, típicas de um clima tropical caracterizado por um período seco no inverno (dias relativamente curtos) e um período úmido bem acentuado e nitidamente marcado por chuvas torrenciais no verão (dias longos). As diferenças meteorológicas marcantes explicam a ampliação da área ocupada pelas florestas, impondo assim um aumento de precipitação.

Durante o período seco, o mês mais frio apresenta temperaturas superiores a 20°C, sendo a estação quente praticamente contínua e pequena a amplitude térmica (Figura 02).

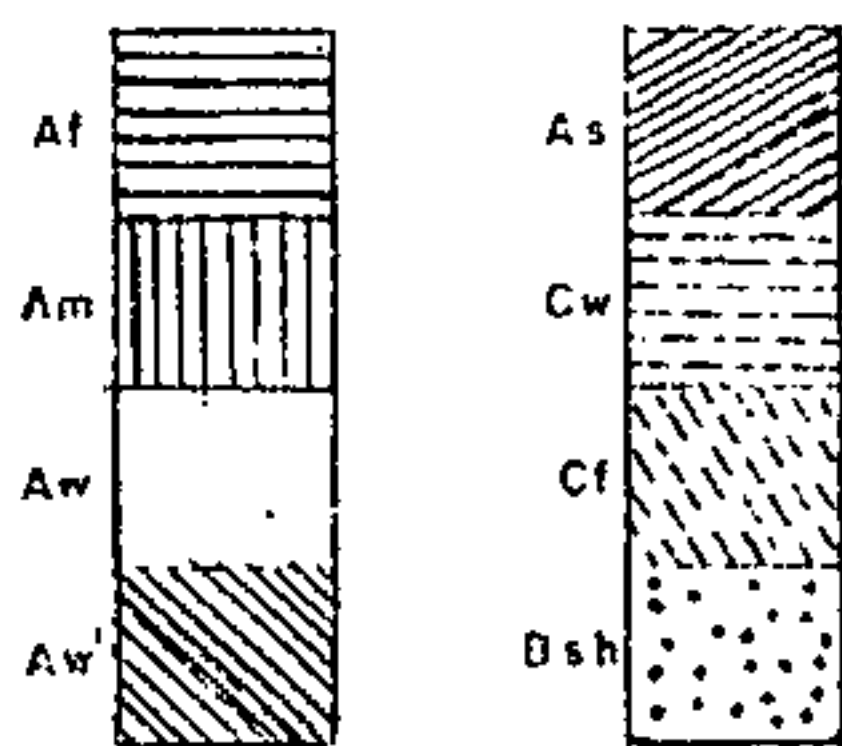
### 2.4. Hidrografia

Regionalmente o sistema hidrográfico pertence à Bacia Amazônica, comandado pelos rios Araguaia e Tocantins e seus principais tributários.

Localmente, a drenagem é comandada pelo rio Jenipapo e seus afluentes, tanto na área do Morro do Rio Jenipapo Campestre da Buritina, bem como na do Morro do Avião com áreas de inundações atingindo 200 m em média. O seu padrão é dendrítico, originando inúmeros braços abandonados, denominados localmente de "lagos" (Figura 03).



CONVENÇÕES



Companhia de Pesquisa de Recursos de Minerais - CPRM

Diretoria da Área de Pesquisa - DAP

Superintendência Regional de Goiânia - SUREG - GO

PROJETO ARAPOEMA

TIPOS DE CLIMA  
(segundo Köppen)

Figura	Escala	Fonte
02	0 200 400 Km	Atlas Nacional do Brasil-1966



BACIAS SECUNDÁRIAS

I Bacias do Amapá

II Bacias do Nordeste

III Bacias de Leste

IV Bacias de Sudeste



 Companhia de Pesquisa de Recursos de Minerais - CPRM  
 Diretoria da Área de Pesquisa - DAP  
 Superintendência Regional de Goiânia - SUREG - GO  
**PROJETO ARAPOEMA**  
**RÊDE DE DRENAGEM E BACIAS FLUVIAIS**

Figura	Escala	Fonte
03	1:25 000 000	Brazil, o Terra do Homem - Vol. 1

## 2.5. Vegetação

Regionalmente o Projeto Radam separa dois ecossistemas de acordo com as características florísticas: o ecossistema situado ao norte, na margem esquerda do Rio Araguaia, e o ecossistema situado ao sul, entre os rios Tocantins e Araguaia.

O primeiro caracteriza-se por morrotes onde concentram-se as castanheiras nas imediações de Marabá, nos largos aplainados das proximidades de Xambioá, e por vales onde pequenos grupos de babaçu são envolvidos por cipoal.

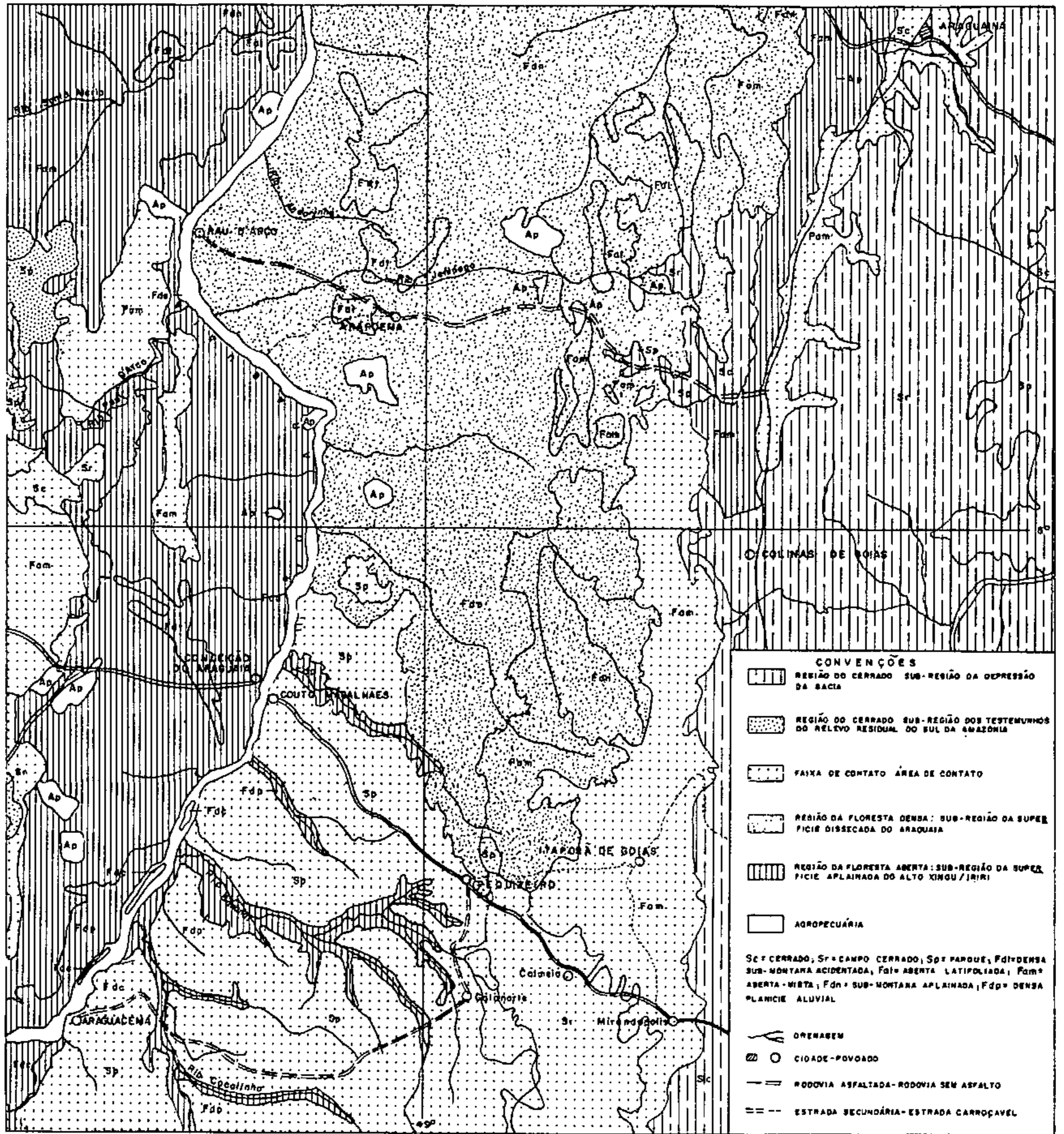
O segundo caracteriza-se pelo relevo ondulado de largos vales inteiramente revestidos pela floresta densa, onde o mogno (disperso) representa o maior potencial madeireiro da área. Este tipo de vegetação ocupa 80% da área do Projeto Arapoema, que em sua maioria é revestida de floresta densa (+ 20 m de altura) com árvores às vezes mais salientes que ultrapassam 30 m de altura.

Os dois ecossistemas constituem a sub-região, denominada pelo Projeto Radam de superfície dissecada do Araguaia (Figura 04).

## 2.6. Infra-Estrutura Sócio-Econômica

Sob o ponto de vista sócio-econômico a área do Projeto Arapoema limita-se à pecuária e ao extrativismo madeireiro, delas dependendo as demais atividades econômicas.

A pecuária limita-se à criação de gado de corte, com selecionamento de raças, destacando-se a Nelore e a Gir, e é feita dentro de alguns padrões técnicos, com a utilização



Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais — CPRM

DIRETORIA DA ÁREA DE PESQUISA — DAP

Superintendência Regional de Goiânia

PROJETO ARAPOEMA

MAPA DE FORMAÇÃO DE VEGETAIS

Figura  
04

Escala  
1:1 000 000

Fonte  
PROJETO RADAM

lização de vacinas e de sais minerais.

Como consequência da expansão da pecuária, a produção de arroz pelo município é relativamente grande, pois a cada ano é ampliada a área desmatada, para plantação de arroz de modo rudimentar sendo posteriormente utilizada para formação de pastagens. A cultura do milho, feijão e mandioca destina-se quase que exclusivamente ao consumo dos proprietários.

A área abrangida pelos recursos madeireiros é valorizada pela presença do mogno e madeiras de lei como sucupira e outras comercialmente cotadas, apresentando, no entanto, baixa produtividade imposta pelas dificuldades de extração.

A cidade de Arapoema surgiu com o advento do garimpo de cristal de rocha, cuja atividade encontra-se, atualmente, abandonada. Trata-se de uma cidade pequena, com casas de taipa, de madeira e algumas de alvenaria, com ausência de rede de esgotos e de água, sendo servida por um hospital, grupo escolar, ginásio e luz elétrica fornecida por um gerador em condições precárias.

Como plano governamental para o desenvolvimento da região, convém mencionar o estudo da navegabilidade do Rio Araguaia e o plano de navegação para implantação de infra-estrutura que atenda às necessidades de escoamento de minério de ferro da Serra dos Carajás.

### 3. GEOLOGIA REGIONAL

#### 3.1. Introdução

A evolução histórica dos conhecimentos geológicos da região pode ser assim resumida:

CASTELNAU (in BARBOSA et alii, 1966) viajou em (1846) pelo rio Araguaia apresentando algumas informações litológicas.

LISBOA (1914) publicou os seus estudos sobre a geologia do sul-sudeste do Maranhão incluindo as observações sobre o norte de Goiás, revelando pela primeira vez a presença de sedimentos permianos ao longo do rio Tocantins.

LÖFGREN (1934) fez um reconhecimento no rio Araguaia, de Balisa a Conceição do Araguaia, uma excursão de Couto Magalhães a Miracema do Norte, e um reconhecimento no rio Tocantins, de Tocantínia à sua foz.

Em 1949 geólogos do Conselho Nacional do Petróleo revelaram novos dados sobre a estratigrafia da mesopotâmia Tocantins-Araguaia.

Em 1960-1961 a PETROBRAS realizou uma sondagem em Imperatriz, com cerca de 2.100 metros de profundidade.

Em 1966, foi feito pelo DNPM, através da PROSPEC S/A, o relatório "Geologia Estratigráfica, Estrutural e Econômica da Área do Projeto Araguaia".

Em 1974 foi realizado pelo DNPM o Projeto Radam (Folhas SB.22 Araguaia e parte de SC.22 Tocantins).

Atualmente técnicos de várias companhias trabalham na região, revelando novos dados geológicos.



### 3.2. Estratigrafia

As unidades estratigráficas presentes na região foram agrupadas pelo Projeto Radam (Quadro I).

#### 3.2.1. Complexo Xingu

Regionalmente as rochas do Complexo Basal, de idade pré-cambriana, são recobertas a oeste pelos metamorfitos do Grupo Tocantins, sendo denominado pelo Projeto Radam como Complexo Xingu. Aparecem no canto NW, e são representadas por: granitos, granodioritos, migmatitos, dioritos, quartzo dioritos, granulitos ácidos e básicos, anfibolitos, quartzitos, xistos e gnaisses.

#### 3.2.2. Grupo Araxá

As rochas pertencentes ao Grupo Araxá (BARBOSA, 1955) formam a Serra do Estrondo e a Serra das Cordilheiras. Este grupo é constituído predominantemente de: muscovita-biotita xisto, calco-muscovita-biotita xisto, localmente mármore, xistos com estaurolita, cianita e silimanita, com intercalações de anfibolitos, quartzitos puros, muscovita quartzitos, sericita quartzitos do fácies xistos verdes, sub-fácies quartzo-albita-epidoto-almandina e anfibolito.

#### 3.2.3. Grupo Tocantins

Na área do projeto aflora uma faixa de meta

QUADRO I  
COLUNA ESTRATIGRÁFICA

PERÍODO	GRUPO/FORMAÇÃO	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
QUATERNÁRIO	-	Qa	Aluviões: cascalhos, areias e argilas.
JURÁSSICO-CRETÁCEO	OROZIMBO	JKo	Basaltos e diabásios
TRIÁSSICO	SAMBAÍBA	TRs	Arenitos finos a médios, branco e avermelhado.
PERMIANO	PEDRA DE FOGO	Ppf	Arenitos, siltitos e folhelhos, leitos de sílex, calcário afossilíferos e gipsita.
CARBONÍFERO	PIAUI	Cp	Arenitos finos com intercalações de folhelhos carbonosos.
DEVONIANO SUPERIOR	LONGÁ	Dl	Folhelhos e siltitos escuros, intercalações de arenitos cinza.
DEVONIANO MÉDIO	PIMENTEIRAS	Dp	Folhelhos e siltitos cinza-preto, micaceo, oolitos piritosos, intercalações de arenito principalmente no topo.
PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR A MÉDIO	TOCANTINS	pøt	Filitos, quartzitos, itabiritos metagrauvacas e xistos.
	ARAXÁ	pøa	Xistos, metagrauvacas, quartzitos, anfibolitos; ultramáficas e ultrabásicas.
PRÉ-CAMBRIANO MÉDIO A INFERIOR	COMPLEXO XINGU	pøx	Migmatitos, granitos granodioritos, dioritos, metamorfitos, quartzitos, gnaisses e xistos

morfitos margeando o rio Araguaia, pertencente ao Grupo Tocantins (MORAES REGO, 1933). Este grupo é constituído predominantemente de filitos, clorita xistos, clorita-sericita xistos, calco-muscovita-clorita xistos, metagrauvacas conglomeráticas, quartzitos e itabiritos, de fácies xistos verdes, sub-fácies quartzo-albita-muscovita-clorita.

Nas rochas deste grupo estão introduzidas as sequências de rochas ultrabásicas, dentre as quais a do Morro do Rio Jenipapo e Morro do Avião. Provavelmente esta sequência de rochas ultrabásicas constitui o prolongamento do "Serpentine Belt" reconhecido no Estado de Goiás, estando as datações nesta área em torno de 3.000 m.a.

#### 3.2.4. Formação Pimenteiras

Na margem esquerda da BR-153 (Belém-Brasília), aparece uma estreita faixa com direção norte-sul de sedimentos devonianos pertencentes à Formação Pimenteiras (SMALL, 1914). As rochas desta formação são representadas por: folhelhos e siltitos escuros e pretos, micáceos, com níveis de oolitos piritosos, intercalações de arenitos, principalmente no topo.

#### 3.2.5. Formação Longá

Na margem esquerda do rio Tocantins aparecem rochas pertencentes à Formação Longá (ALBUQUERQUE e DEQUECH 1946) constituída de folhelhos e siltitos cinza-escuro a pretos, laminados, com finas intercalações de arenitos cinzas.

### 3.2.6. Formação Piauí

A este do mapa aparece uma faixa de sedimentos carboníferos pertencentes à Formação Piauí. Foi SMALL (1914) que utilizou o termo "Série do Piauí", para designar a sequência de rochas paleozóicas da Bacia do Piauí-Maranhão. As rochas desta formação são constituídas predominantemente de arenitos finos, cinza-esbranquiçados, com intercalações de folhelhos carbonosos e restos de vegetais carbonizados.

### 3.2.7. Formação Pedra de Fogo

À esquerda da BR-153 (Belém-Brasília), principalmente, estende-se uma faixa alongada com direção norte-sul de sedimentos permianos, pertencentes à Formação Pedra de Fogo (PLUMMER et alii, 1946), composta de arenitos, siltitos e folhelhos vermelhos, amarelos e róseos com leitos de sílex, calcário fossilífero e gipsita.

### 3.2.8. Formação Sambaíba

No canto NE do mapa e nas proximidades de Araguaína aparece uma estreita faixa de sedimentos triássicos, pertencentes à Formação Sambaíba (PLUMMER et alii, 1946). Esta unidade compõe-se de arenitos róseos e avermelhados, gris amarelados, algo argilosos, com intercalações de delgados leitos de sílex. Localmente apresenta conglomerado basal constituído por seixos de quartzo e fragmentos de sílex.

### 3.2.9. Formação Orozimbo

Nas imediações de Araguaína aflora uma faixa de sedimentos de idade Jurássico-Cretácica, pertencentes à Formação Orozimbo (LISBOA, 1914), composta de basalto cinza e verde-escuro, preto, amigdalóide com escamação esferoidal.

### 3.2.10. Aluviões

Nas margens dos rios aparecem sedimentos inconsolidados de idade Quaternária, composta de cascalhos, areias e argilas (Aluvião Qa).

#### 4. GEOLOGIA LOCAL

##### 4.1. Morro do Rio Jenipapo e Campestre da Buritirana

###### 4.1.1. Aspectos Gerais

Estas duas áreas (Anexos VII e VIII) serão tratadas de maneira conjunta por serem adjacentes entre si. Neelas o maciço básico-ultrabásico apresenta-se sob a forma de duas elevações, refletidas por dois sistemas de falhamentos. A maior elevação, com direção NW, possui aproximadamente 7.000 m de extensão por 2.000 m de largura, com um desnível máximo de uns 200 m. A outra elevação com direção NE é de menor porte com dimensões de aproximadamente 2.000 m de extensão por 1.500 m de largura e com desnível de uns 100 metros. Estas elevações apresentam uma cobertura de silexitos que sustentam a topografia a uma cobertura vegetal de médio e pequeno porte. As partes mais baixas apresentam-se relativamente planas, com cobertura de solo laterítico e exuberante vegetação.

O núcleo do maciço é formado por serpentinito, apresentando uma faixa talcificada a sul, e outra a nordeste no contato com as rochas encaixantes pertencentes ao Grupo Tocantins e/ou Grupo Araxá. A SW do maciço ocorre uma faixa de rocha sílico-carbonatada e mais para o sul, os sedimentos aluvionares do rio Jenipapo recobrem parcialmente as rochas do Grupo Tocantins (?).

Na área do Campestre da Buritirana, aparecem duas pequenas áreas de rochas encaixantes sobre o maciço: elas funcionam como "roof pendants" e apresentam-se sob a forma de um solo bastante alterado, de cor creme, não magnético, síltico argiloso, sem textura visível e com veios de

quartzo.

Os baixos teores para Ni, Co e Cr apresentados nas amostras coletadas durante os trabalhos de geoquímica de detalhe confirmam as suas existências.

#### 4.1.2. Rochas Encaixantes - Grupo Tocantins e ou Araxá

As rochas pertencentes a este grupo são de idade pré-Cambriano médio a superior. Foi chamado de Série Tocantins por MORAES REGO, em 1933. Consta essencialmente de filitos verde-claros e amarelo-claros, quando alterados.

Devido à carência de afloramentos mesmo nos cortes de estrada, e ao intenso manto vegetal que cobre a área, não foi possível descrever com segurança rochas tipicamente pertencentes ao referido grupo.

No ponto AG-68-R (Anexo IX) aparece uma rocha decomposta, de cor creme, granulação muito fina, com estrutura foliada. Observa-se ao microscópio nítida alternância de níveis sericíticos com níveis quartzosos. Nota-se ainda a presença de microdobras no quartzo, sendo classificada como filito. Devido à sua proximidade de zona de falha, é possível que se trate de um filonito e não de filito pertencente ao referido grupo. Outros tipos de rochas semelhantes a esta são encontrados sempre em zonas de falhamentos. No ponto AG-88-R aparece uma rocha de cor esverdeada, granulação fina e inúmeras microdobras preenchidas por veios de quartzo. Ao microscópio observam-se inúmeros veios preenchidos por quartzo de granulação mais grosseira e inúmeras microdobras. Sua composição mineralógica é quartzo, clorita e sericita, e é classificada como um filonito.

### 4.1.3. Maciço Básico/Ultrabásico

#### 4.1.3.1. Rochas Serpentiníticas

As zonas com predominância de serpentinitos afloram em grande parte da área, notadamente no cruzamento das duas falhas principais e, ao longo delas (Anexo VII). Normalmente, os serpentinitos são de cores esverdeadas, apresentando-se localmente bastante silicificados, talcificados, fraturados ou maciços, e com foliação bem proeminente.

Uma amostra de serpentinito coletada próximo ao encontro das duas falhas no ponto AG-136-R (Anexo IX) tem uma composição mineralógica representada por serpentina (crisotila), piroxênio (restos), opacos e óxidos de ferro. Ao microscópio, verifica-se que a rocha foi submetida a esforços de tensão, fato evidenciado por micro rejeitos em cristais de piroxênio e crisotila.

A presença de pseudomorfos de um mineral prismático (piroxênio) preenchidas por serpentina na grande maioria dos serpentinitos estudados e uma ocorrência no ponto (778-N-100) de blocos de piroxênio bastante alterados, mas com cristais de augita relativamente inalterados, conduz à suposição de que a rocha original tenha sido um piroxenito.

Nos falhamentos, os serpentinitos estão representados por rochas típicas dessas zonas de tensão, como cataclasitos e/ou milonitos.

Os grandes falhamentos permitiram a percolação de solução carbonatada ao longo dos planos de falha, o que facilitaria a alteração do serpentinito.



#### 4.1.3.2. Rochas Sílico-Carbonatadas

A área com predominância de rocha carbonatada aflora a SW do maciço (Anexo VII), e constitui-se de rochas de cor cinza-médio, granulação fina, bastante silicificadas, cortadas por veios de quartzo e apresentando pouca efervescência com HCl a frio. Uma amostra, AG-125-R (Anexo IX), coletada nessa área, mostrou ao microscópio uma composição mineralógica constituída por carbonato, quartzo, clorita e óxido de ferro. Observa-se ainda textura em mosaico, e o quartzo preenchendo fraturas e formando aglomerados.

A passagem do serpentinito para rocha carbonatada se faz através de uma zona de transição representada por serpentinitos com carbonatos, como demonstram várias lâminas estudadas ao longo do Furo AR-01-GO (660-N-125), sendo comum a presença de restos de serpentinito dentro da rocha carbonatada. A lâmina do Furo AR-02-GO, profundidade de 71,00 m mostra o serpentinito e o carbonato, intensamente deformados e bastante fraturados, apresentando cristais de carbonato bem desenvolvidos, bastante estirados e com forte extinção ondulante, finamente misturados ao material serpentinitico. Ocorre ainda clorita preenchendo fraturas e talco em quantidades subordinadas, formando faixas rudimentarmente orientadas.

A ocorrência de pirita é muito restrita aos serpentinitos, mas é uma constante nas rochas carbonatadas, apresentando-se fracamente disseminadas e esporadicamente em forma de vênulos.

Nas zonas de falhamentos a rocha carbonatada reflete esses esforços passando desde uma brecha até um filonito.

#### 4.1.3.3. Rochas Talcificadas

As rochas talcificadas afloram em uma grande área a leste do maciço, em uma pequena faixa ao sul, e em quantidades restritas ao longo de falhamentos e fraturamentos (Anexos VII e VIII). Essas rochas são representadas por talco-xisto, com percentagens variáveis de clorita e quartzo. Uma lâmina estudada, AG-81-R (Anexo IX), foi classificada como talco-quartzo-clorita xisto, com quantidades subordinadas de opacos e óxido de ferro. Apresenta textura granolepidoblástica e inúmeras microdobras na clorita e talco.

Observa-se pelo mapa geológico que as soluções que provocaram a talcificação, atingiram as bordas sul do maciço de maneira restrita. Isso não acontece no lado leste do maciço, onde essas soluções percolaram falhas e fraturas com a formação de uma grande área de rochas talcificadas com a formação de cristais aciculares radiados de talco pseudomorfos de actinolita. Isso por ser explicado como demonstrado por HESS (1933), pela observação de que as serpentinas em contato com soluções de altas temperaturas podem ser completamente recristalizadas em hornblenda ou actinolita, tornando a rocha mais granular e facilitando a migração dessas soluções no interior da rocha. A seguir, com a diminuição da temperatura ocorre a formação de talco pseudomorfo de actinolita.

#### 4.1.4. Rochas de Cobertura

##### 4.1.4.1. Lateritas e Silexitos

O capeamento de silexito está confinado à par

te superior dos morros, e é formado por fragmentos e grandes blocos de silexito (Anexo VII). Esse capeamento pode atingir uma espessura de até 20 metros, sendo responsável pela preservação da topografia.

A cobertura laterítica é proveniente dos processos de laterização, que atingiram tanto as rochas do maciço como as rochas encaixantes.

Como produto de alteração de rochas ultrabásicas, o solo laterítico é muito pouco desenvolvido e apresenta uma espessura média em torno de 2 metros, cor castanho-avermelhado "bordeaux", às vezes argiloso, frequentemente com blocos e fragmentos de ultrabásica adjacente, com concreções ferruginosas e blocos de canga.

#### 4.1.5. Intrusivas Básicas

As intrusivas básicas são representadas na área por diques de diabásio, provavelmente de idade Jurássico-Cretácica, que cortam o maciço ultrabásico e as encaixantes (Grupo Tocantins). Na área, esses diques estão representados por blocos de diabásio (in situ) de tamanhos variáveis e alinhados segundo uma direção NNW, mineralizados com cobre nativo (Anexos VII e VIII). Macroscopicamente, o diabásio é de cor cinza, granulação fina e grosseira, magnético, contendo essencialmente feldspatos e piroxênio, apresentando cobre nativo de maneira muito irregular.

Microscopicamente, essas rochas podem ser classificadas desde um diabásio até um gabro, tendo como constituintes mineralógicos a labradorita, augita, uralita, biotita, apatita e opacos. É constituída predominantemente por ripas alongadas de plagioclásio do tipo labradorita, dispostas

em um arranjo ofítico, sendo que algumas ripas do plagioclásio mostram um início de alteração para sericita.

Em alguns lugares, nas proximidades desses diques foi observado um metamorfismo do contato, evidenciado pela presença de pequenos blocos de rochas recozidas.

#### 4.1.6. Aluviões Recentes (Qha)

As aluviões recentes estão restritas ao longo do rio Jenipapo (Anexo VII) e são constituídas por areias argilosas, esbranquiçadas, com muito material micáceo e restos vegetais.

### 4.2. Morro do Avião

#### 4.2.1. Aspectos Gerais

As rochas ultrabásicas da área do morro do Avião estão intrudidas nas rochas do Grupo Tocantins (Anexo X). O maciço ultrabásico está representado por duas elevações maiores, sendo uma de direção NW, com 1.500 metros de comprimento e uma largura máxima de 450 metros, e a outra de direção EW, com 1.100 metros de comprimento e uma largura máxima de 450 metros, estando cobertas por uma densa cobertura vegetal, e apresentando desníveis máximos de 200 metros.

#### 4.2.2. Rochas Encaixantes-Grupo Tocantins

Na área, as rochas encaixantes estão muitíssimo alteradas, não sendo possível verificar qualquer relação

de contato com a intrusiva. Mas, em alguns poços pode-se observar que essas apresentam-se sob a forma de um solo de cor avermelhada a amarelada, com estruturas xistosa, não magnética e com veios de quartzo microdobrados acompanhando a xistossidade.

#### 4.2.3. Maciço Básico/Ultrabásico

##### 4.2.3.1. Rochas Serpentiníticas

O serpentinito está aflorante em uma área restrita (Anexo X) e macroscopicamente apresenta-se como uma rocha esverdeada, de granulação média a fina, magnética, silicificada, fraturada e com foliação incipiente.

Microscopicamente, apresenta-se muito deformado, com textura brechóide, constituído principalmente por finas escamas de serpentina. Ocorrem escassos agregados de magnetita e talco preenchendo veios.

##### 4.2.4. Rochas de Cobertura

A laterita desenvolveu-se em grandes extensões sobre as rochas encaixantes e de modo restrito a ultrabásica. Trata-se de um solo de cor avermelhada "bordeaux", com concreções ferruginosas associado com fragmentos de silixito e de serpentinito; na região fora do domínio do maciço, a laterita encontra-se associada a extensos capeamentos de canga como pode ser observado no quadrante NE do mapa geológico (Anexo X).

Um grande capeamento de calcedônia, cuja espessura estima-se em torno de 100 metros, preservou os altos

topográficos no maciço. É constituído por blocos quartzosos de granulação média a fina, percorridos por veios de sílex misturados a um solo amarelado, com muitos fragmentos de sílex, produtos de alteração do próprio capeamento.

#### 4.2.5. Aluviões Pleistocênicas

A oeste do maciço observa-se uma faixa de depósitos pleistocênicos do rio Araguaia constituído por areias inconsolidadas, argilosas, cinza-esbranquiçadas (Anexo X).

## 5. GEOLOGIA ESTRUTURAL

### 5.1. Morro do Rio Jenipapo e Campestre da Buritirana

O maciço básico-ultrabásico é cortado por três sistemas de falhamentos principais sendo de direções NW e NE que provocaram em toda área o aparecimento de zonas brechadas, cataclasadas, milonitizadas e filonitizadas. Subordinadas aos grandes falhamentos ocorrem pequenas fraturas, e há evidência de que o sistema de direção WNW seja o mais antigo, pelo rejeito apresentado quando cortado por outra falha a SE do maciço.

Esses falhamentos provocaram o levantamento e rebaixamentos de grandes blocos de rochas, evidenciado respectivamente pela grande exposição de serpentinito, e pela preservação de rochas encaixantes sobre o maciço.

A existência de nítidos planos de foliação permite supor que as rochas do maciço tenham sido dobradas, mas devido ao intenso cisalhamento e fraturamento dessas rochas não foi possível estabelecer o tipo de dobramento, e nem fazer medidas seguras que estabelecessem esses elementos estruturais.

### 5.2. Morro do Avião

Os elementos estruturais mais evidentes na área, são as falhas e fraturas de direção NW, que afetaram as rochas adjacentes a elas, provocando o aparecimento de zonas cataclasadas e filonitizadas.

## 6. TRABALHOS DE PESQUISA

### 6.1. Trabalhos de Topografia

Inicialmente, os trabalhos de abertura de picadas foram desenvolvidos com o auxílio de um teodolito WILD tipo T1, para o estabelecimento de uma malha regular de 400 m x 400 m (Anexos XI, XII e XIII).

Na área do Morro do Rio Jenipapo utilizou-se como linha base de referência, uma picada E-W e perpendicular a ela foram abertas picadas em intervalos de 400 metros.

O desenvolvimento do trabalhos e o melhor reconhecimento da área, condicionaram a abertura de picadas N-S, a partir de uma linha paralela à linha base, distante 1.200 m da mesma.

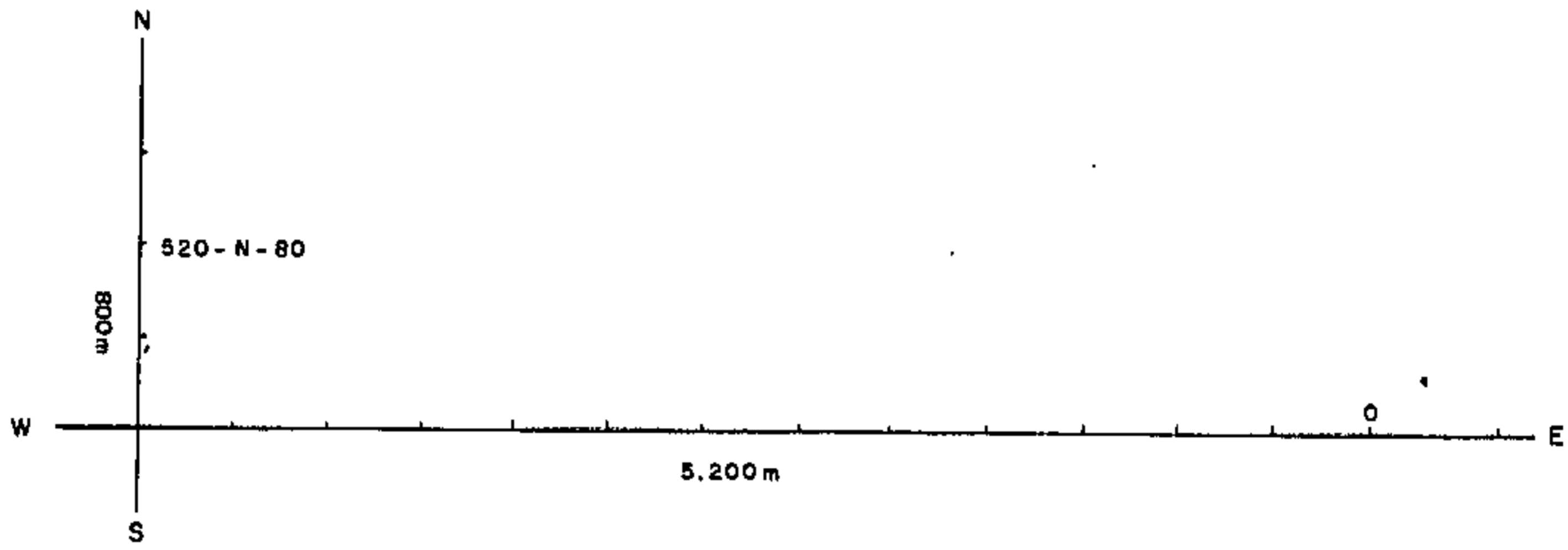
A localização dos pontos da malha de pesquisa foi relacionada à linha base: quando nela localizadas, recebem as seguintes siglas referenciais no sentido leste para oeste: 0-EW, 40 EW, 80 EW, etc, distantes 400 m entre si. Assim, o ponto 120EW está distante 1.200 m do ponto 0-EW, estando então o número indicativo dividido por 10 em relação à metragem real.

Os pontos situados fora da linha base são definidos por um número inicial, que corresponde a distância/10 de sua projeção na linha base ao ponto 0-EW; por uma sigla N ou S, se estiver a norte ou a sul da linha base; e por um número final que corresponde à distância/10, medida perpendicularmente à linha base até o ponto em questão. Assim, tomando-se como exemplo o ponto 520-N-80, a sua projeção na linha estará a 5.200 m do ponto 0-EW, a norte da linha base e a 800 m da mesma (Figura 05).

O mapa plani-altimétrico da área do Morro do



- CROQUIS -



ESCALA



1:50.000

FIGURA-05

Rio Jenipapo, foi obtido com o apoio de fotografias aéreas em escala 1:45.000 da PROSPEC S/A, pantógrafo e barra do paralaxe.

### 6.2. Poços de Exploração

A execução dos poços obedeceu inicialmente a uma malha de 400 m em áreas selecionadas pela pesquisa preliminar, e com o desenvolvimento dos trabalhos executaram-se poços a intervalos de 200 m e até 100 m (Anexos XII, XIII e XIV).

Os poços executados têm seção retangular, com dimensões de boca de 1,10 m x 0,70 m e a retirada do material foi feita através de baldes elevados por instalações em superfície, constituídas por roldanas fixadas a um tripé de madeira, ou através de sarilhos.

Até o final dos trabalhos foram escavados 991,35 m lineares, sendo às vezes paralizados por evidências geológicas desfavoráveis, ou surgimento do lençol freático.

### 6.3. Amostragem

Para a amostragem dos poços executados, utilizou-se o método de canal, fazendo-se dois canais de 15 cm de largura por 5 cm de profundidade, nas paredes opostas mais convenientes de cada poço.

A coleta de amostras foi feita de metro em metro, seguida de sua homogeneização, quarteação e descrição "in loco". Deste modo, o volume final foi separado em duas amostras, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos e

de pano com o respectivo código de identificação. Uma via de cada amostra foi enviada ao laboratório da CPRM-SUREG-GO, sendo a outra estocada na área de pesquisa.

A amostra enviada ao laboratório foi novamente separada em duas vias após a moagem, homogeneização e quarteação, e analisada por análise espectrográfica para 30 elementos e por absorção atômica.

Depois de analisadas, foram enviadas ao Laboratório de Mineralogia - CPRM - Rio de Janeiro, para análise quantitativa, as amostras que apresentaram teores iguais ou superiores ao estabelecido no critério abaixo, e mesmo as que apresentaram teores poucos inferiores.

AMOSTRA	Análise	- Ni	5000 ppm	Análise Quantitativa
	Espectrográfica	- Cu	100 ppm	
		- Pb	500 ppm	
		- Zn	500 ppm	
		- Ni	1000 ppm	
	Análise por Absorção Atômica	- Cu	100 ppm	
		- Pb	500 ppm	
		- Zn	500 ppm	
- Ni		1000 ppm		

#### 6.4. Sondagem

Com base nos dados geológico-estruturais e nos trabalhos de geofísica, foram locados 09 furos de sonda (Anexo XIV), totalizando 1.609,70 metros perfurados e 1.344,03 metros recuperados, estando a recuperação média em torno de 83% (Quadro II).

Para isso, utilizou-se de uma sonda Boyles

QUADRO II

QUADRO DA ATIVIDADE DE SONDAÇÃO ROTATIVA NO PROJETO ARAPOEMA

NÚMERO DE ORDEM DE FURADO (LOCALIZAÇÃO EM MALHA)	DATA DO INÍCIO	DATA DO TÉRMINO	AZIMUTE	INCLINAÇÃO	DIÂMETROS DA METRAGEM (m)			METRAGEM PERFURADA (m)	METRAGEM RECUPERADA (m)	PERCENTAGEM DE RECUPERAÇÃO	HORAS DE:			
					N (WÍDIA)	N (DIAMANTE)	B (DIAMANTE)				TRABALHO (H)	PERFURAÇÃO (H)	PARADA (H)	
AR-01-GO (660-N-125)	13/09/74	25/11/74	E-W	20°W	06,80	49,15	244,85	300,80	269,58	89,62	586	147	114	
AR-02-GC (560-N-057)	30/11/74	20/12/74	-	Vertical	12,30	51,65	69,00	132,95	89,97	67,67	256	61	16	
AR-03-GO (560-N-057)	22/12/74	14/03/75	N-30°-E	45°SW	08,60	78,20	99,95	186,75	151,56	81,15	403	106	45	
AR-04-GO (600-N-120)	04/04/75	30/04/75	-	Vertical	05,00	81,30	63,00	149,30	129,67	86,18	136	87	36	
AR-05-GO (607-N-107)	09/05/75	04/06/75	N-20°-E	30°SW	13,25	63,40	116,20	192,85	161,25	83,61	360	99	51	
AR-06-GO (609-N-102)	09/06/75	27/06/75	-	Vertical	05,00	71,05	72,80	148,85	124,50	83,64	272	64	24	
AR-07-GO (610-N-116)	19/07/75	11/09/75	N-50°-E	30°-NE	03,95	70,90	185,40	260,25	224,10	86,10	440	128	95	
AR-08-GO (600-N-124)	15/09/75	29/09/75	N-50°-E	30°-SW	05,60	74,65	63,50	143,75	110,50	76,86	240	58	-	
AR-09-GO (780-N-096)	02/10/75	10/10/75	N-20°-E	30°-NE	42,15	17,45	34,60	94,20	83,80	88,95	160	36	02	
TOTAIS OBTIDOS E PERCENTAGEM MÉDIA DE RECUPERAÇÃO				-	-	102,65	557,75	949,30	1.609,70	1.344,93	83,55	2.853	786	383

Brothers, modelo BBS-1, barriletes e materiais diamantados da série "X", quando a rocha permitia uma boa recuperação, e da série "D", em zonas intensamente fraturadas e com interca<sub>l</sub>ações de horizontes alterados, havendo casos em que foi ne<sub>cess</sub>ária a utilização de lama, para uma melhor recuperação.

Os furos foram denominados AR-01-GO, AR-02-GO, ..., AR-09-GO, sendo 03 verticais com profundidade máxima de 149,30 metros e 06 inclinados com profundidade máxima de 300,80 metros. A água utilizada nos furos foi bombeada de córregos próximos, através de adução de no máximo 800 metros.

Todos os furos foram totalmente testemunhados, sendo sempre iniciados com diâmetro N e concluídos com diâ<sub>me</sub>tro B, e os testemunhos acondicionados em caixas de madeira de tamanho padrão de 1,00 m x 0,28 m.

A amostragem dos testemunhos foi feita de metro em metro, utilizando-se de um cortador, sendo uma das metades enviada para as respectivas análises, e a outra acondi<sub>cion</sub>ada nas caixas de madeira para averiguações posteriores. A descrição dos furos foi feita concomitantemente com a amostragem, obedecendo aos intervalos litológicos existentes.

## 6.5. Geoquímica

### 6.5.1. Caminhamento Geoquímico

#### 6.5.1.1. Introdução

Devido às dificuldades (vegetação densa, chu<sub>vas</sub>, acesso) para o estabelecimento de uma malha regular de amostragem geoquímica na primeira fase da pesquisa, optou-se por caminhamentos geoquímicos que poderiam no menor tempo possível, conduzir os trabalhos de maneira adequada, com o

selecionamento de áreas e com a detecção de elementos anômalos.

Esses caminhamentos consistiram da coleta de amostras ao longo de perfis irregulares (Anexos XV e XVI) e com controle de mapas planimétricos (escala de 1:10.000) e de fotografias aéreas (escala 1:45.000).

#### 6.5.1.2. Amostragem

A amostragem foi feita ao longo dos perfis a intervalos variáveis (20 m a 500 m) sendo coletadas amostras de solo e de rocha.

As amostras de rocha foram coletadas e analisadas visando fornecer subsídios à caracterização petrogenética do maciço e também fornecer o controle da dispersão primária dos elementos traços.

Em função da diversidade do perfil dos solos (diferença de litologia, condicionamento topográfico, etc), optou-se por sistematizar a profundidade de 50 cm (intervalo 20-50 cm) como padrão para a amostragem, correspondendo a grosso modo à base do horizonte A e ao topo do horizonte B de um solo laterítico "típico".

#### 6.5.1.3. Análises

As amostras coletadas foram analisadas pelo método de espectrografia semi-quantitativa padrão para 30 elementos.

O método de Absorção Atômica foi utilizado para a verificação dos resultados obtidos por espectrografia,

e os resultados obtidos por aquele método não foram objeto de tratamento.

#### 6.5.1.4. Tratamento dos Dados

Compreendem a integração dos parâmetros analíticos e descritivos (dados de campo), sendo usados como base interpretativa os princípios estabelecidos por TENNANT e WHITE (WOODSWORTH, 1971), segundo o qual, se uma dada população, constituída de duas ou mais sub-populações, lognormalmente distribuídas, for representada graficamente no papel de probabilidade, o gráfico obtido consiste em segmentos de reta que se interceptam, ou são ligados por curva. Se uma só população lognormal está presente, o gráfico será uma linha reta.

A determinação, se duas ou mais populações estão presentes num certo conjunto de dados, é feita pelo traçado de uma linha estimada visualmente e que melhor se ajuste através dos pontos marcados pela frequência acumulada.

Os valores anômalos são definidos para o grupo considerado, em função da mudança de direção dos segmentos de reta e seus consequentes pontos de inflexão (CASSIE, in WILLIAMS, 1967).

Considera-se neste trabalho como teor de fundo regional (background) a porção inferior ao 1º ponto de inflexão, e como teor de fundo local (threshold), o valor que corresponde ao 2º ponto de inflexão. As possíveis anomalias são representadas por valores acima do teor de fundo local, se o número de tais valores não exceder 15% do número das análises que constituem a curva de frequência.

Os intervalos de classe escolhidos foram basea

dos no sistema padrão usado pelo LAMIN (compilado de sistema idêntico padrão no USGS "6-step spectrographia report").

#### 6.5.1.5. Considerações Gerais

O teor dos elementos traços detectados em cada amostra (solo, rocha) é o resultado da interação de uma variada gama de fatores que, em conjunto ou isoladamente, podem introduzir profundas modificações no comportamento do elemento ou elementos envolvidos. Entre esses fatores podem ser citados:

- a. Teor médio do metal na rocha fonte;
- b. Tipo e grau do ataque mecânico e/ou químico sofrido pela rocha e pelo próprio material resultante, durante a formação de solo;
- c. Condições peculiares a cada local de amostragem (contaminação), vegetação, profundidade, conteúdo de matéria orgânica, tipo do material original, topografia local, variações do lençol freático, etc;
- d. Variações climáticas;
- e. Variações no processo de coleta de amostra;
- f. Tipo de preparação de amostra;
- g. Emprego de diferentes métodos analíticos;
- h. Sensibilidade dos métodos analíticos;
- i. Variações do pH e Eh.



#### 6.5.1.6. Comportamento dos Elementos

As considerações que se seguem sobre os valores do teor de fundo regional, teor de fundo local e anomalias, foram baseadas no exame dos gráficos de curvas de frequência acumulada, nos quadros de distribuição de frequência, na observação direta dos resultados de análises, dos mapas geológicos e dos mapas de isoteores.

#### 6.5.1.7. Área do Morro do Rio Jenipapo.

##### 6.5.1.7.1. Introdução

Nessa área foram coletadas um total de 368 amostras de solo e 87 amostras de rocha.

As Tabelas I e II representam os quadros de distribuição de frequência dos resultados analíticos obtidos para os elementos níquel e cobre.

As Figuras 06 e 07, mostram as curvas de frequência acumuladas representativa de níquel e cobre respectivamente.

##### 6.5.1.7.2. Níquel (Ni)

A observação dos mapas de isoteores e geológico (Anexos VII e XVII), juntamente ao exame dos resultados das análises, bem como o estudo da curva de frequência acumulada (Figura 06), levaram às seguintes afirmações:

a. A dispersão secundária do níquel, é principalmente controlada pela topografia, aliada a variações da

TABELA I

QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA

ELEMENTO: Níquel (Ni)

LOCAL: Morro do Rio Jenipapo

INTERVALO DE CLASSE (ppm)	F	Fa	Fp	Fpa
7 ┆ 10	1	1	0,31	0,31
10 ┆ 15	-	1	-	0,31
15 ┆ 20	3	4	0,92	1,23
20 ┆ 30	2	6	0,62	1,85
30 ┆ 50	5	11	1,54	3,39
50 ┆ 70	5	16	1,54	4,93
70 ┆ 100	13	29	4,00	8,93
100 ┆ 150	25	54	7,69	16,62
150 ┆ 200	16	70	4,92	21,54
200 ┆ 300	18	88	5,54	27,08
300 ┆ 500	34	122	10,46	37,54
500 ┆ 700	24	146	7,38	44,92
700 ┆ 1000	26	172	8,00	52,92
1000 ┆ 1500	31	203	9,54	62,46
1500 ┆ 2000	34	237	10,46	72,92
2000 ┆ 3000	21	258	6,46	79,38
3000 ┆ 5000	62	320	19,08	98,46
5000 ┆ 7000	5	325	1,54	100,00
TOTAL COMPUTADO	325	-	-	-

OBS.: Considerando solo

F = Frequência

Fa = Frequência acumulada

Fp = Frequência percentual

Fpa = Frequência percentual acumulada.

TABELA II

QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA

ELEMENTO: Cobre (Cu)

LOCAL: Morro do Rio Jenipapo

INTERVALO DE CLASSE (ppm)	F	Fa	Fp	Fpa
∞ 5	7	7	2,17	2,17
5 7	7	14	2,17	4,34
7 10	10	24	3,10	7,44
10 15	12	35	3,72	11,16
15 20	45	81	13,93	25,09
20 30	77	158	23,84	48,93
30 50	72	230	22,29	71,22
50 70	62	292	19,20	90,44
70 100	23	315	7,12	97,56
100 150	7	322	2,17	99,73
150 200	1	323	0,31	100,04
Não Computado	2	-	-	-
TOTAL COMPUTADO	325	-	-	-

OBS.: Considerando solo

F = Frequência

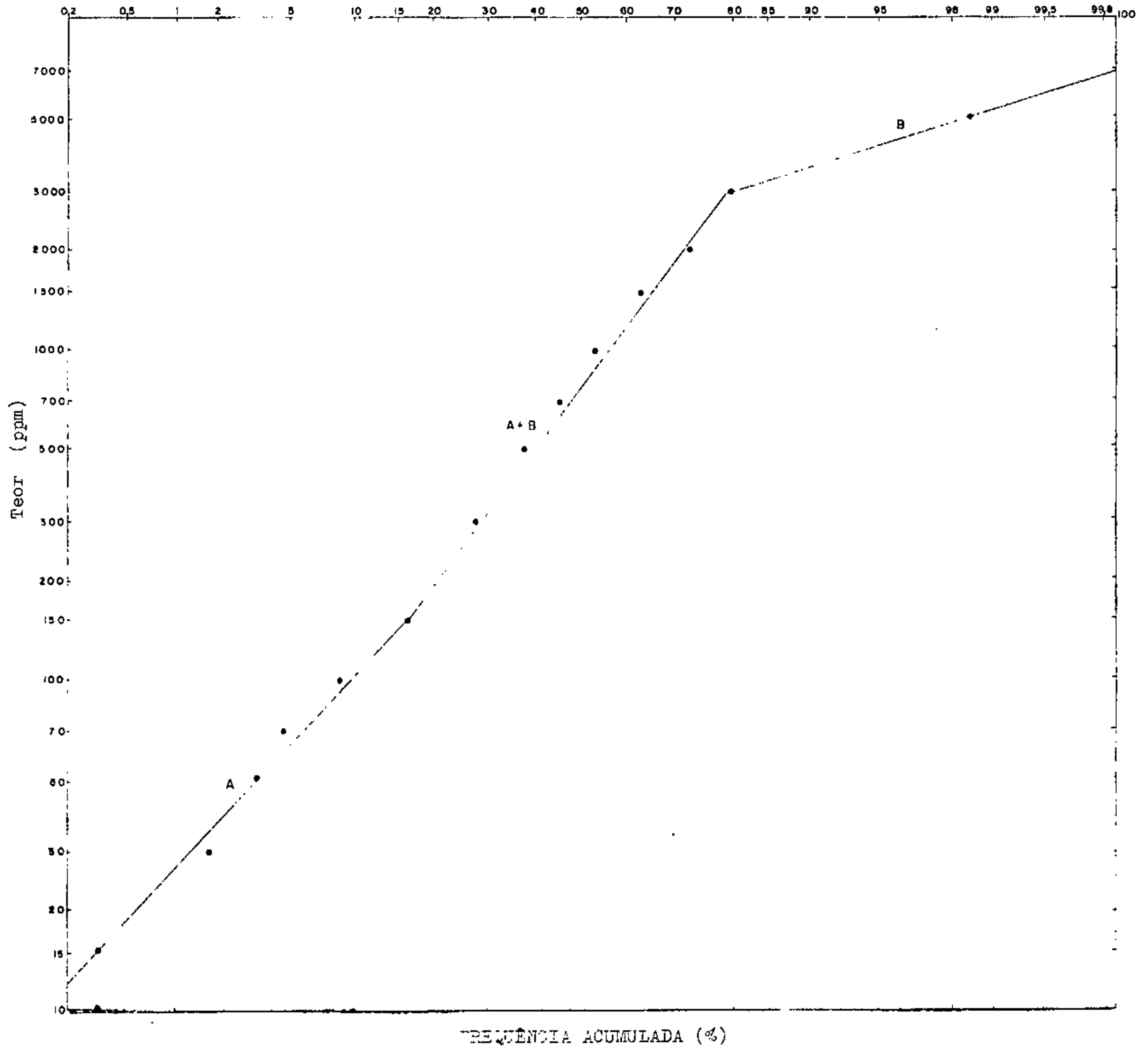
Fa = Frequência acumulada

Fp = Frequência percentual

Fpa = Frequência percentual acumulada.

FIGURA 06

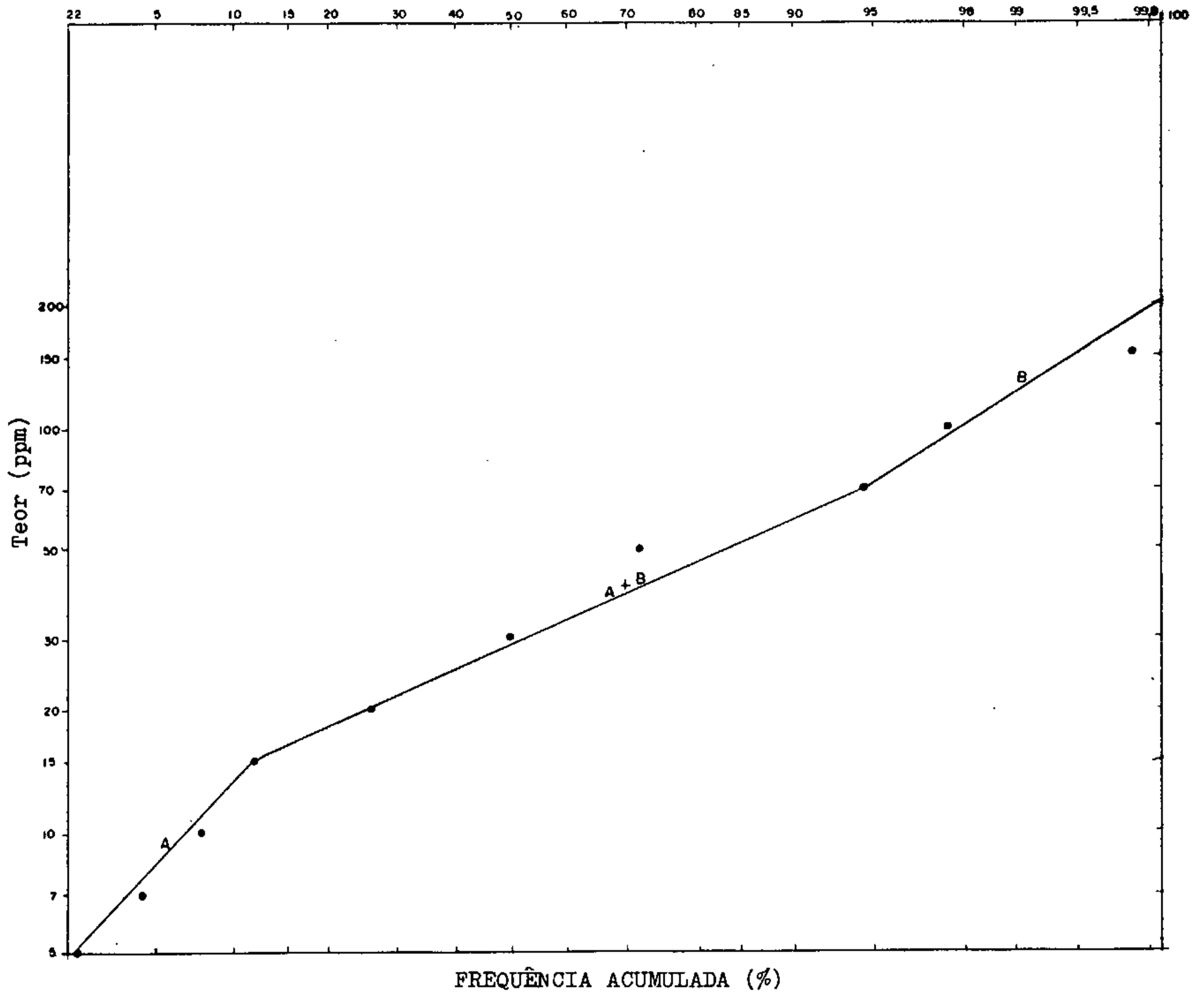
CURVA DE FREQUÊNCIA ACUMULADA - NÍQUEL



OBS.: A (10 - 15% ppb) = Teor de fundo regional.  
A + B (150 - 3000 ppm) = Teor de fundo local.  
B (> 3000 ppm) = Teores potencialmente anômalos.

F I G U R A 07

CURVA DE FREQUÊNCIA ACUMULADA - COBRE



OBS.: A ( 5 - 15 ppm) = Teor de fundo regional.  
A + B (15 - 110 ppm) = Teor de fundo local.  
B ( > 110 ppm) = Teores potencialmente anômalos.

maior ou menor capacidade de adsorção do níquel pelos constituintes do solo.

b. A curva de frequência acumulada é bimodal (duas populações), representando, além de variações do teor Ni em função dos diferentes termos litológicos, também o comportamento diferente do citado elemento em face dos diferentes estágios de alteração da rocha ultramáfica (piroxenito?) original.

c. Os baixos teores 100 a 300 ppm observados no interior do maciço correspondem, em geral aos altos topográficos onde é mais intensa a presença de sílica sob a forma de calcedônia.

d. Os valores superiores a 3000 ppm, mostram um acentuado controle topográfico, correspondendo, em geral à zonas de baixadas e/ou meia encosta.

e. A curva bimodal (Figura 06) é tentativamente interpretada como segue:

- Trecho A, correspondendo fundamentalmente ao comportamento das rochas encaixantes, franja de contato (maiormente talcoxistos) e áreas internas do maciço com predominância de sílica.

- Trecho A + B, representando maiormente o comportamento do Ni no solo das rochas ultramáficas (principalmente serpentinito) e de suas variações (serpentinito talcífero e rochas sílico-carbonatadas).

- Trecho B, representando o comportamento de Ni no solo de rochas ultrabásicas em áreas de maior concentração.

f. Os valores entre 10-150 ppm representam o

teor de fundo regional (correspondendo principalmente às rochas encaixantes e à franja de contato, englobando entretanto, partes internas do corpo ultrabásico em destaque topográfico, onde por alteração superficial há maiores concentrações de sílica livre, em geral sob forma de calcedônia).

g. Os valores entre 150-3000 ppm correspondem ao teor de fundo local (compreendendo o corpo ultrabásico em si e suas variações - serpentinito talcífero e rochas sílico-carbonatadas).

h. Os valores maiores que 3000 ppm correspondem as áreas potencialmente anômalas para níquel.

#### 6.5.1.7.3. Cobre (Cu)

A observação dos mapas de isoteores e geológico (Anexos VII e XVIII), aliado ao exame dos resultados das análises, bem como o estudo da curva de frequência acumulada (Figura 07), levaram às seguintes afirmações:

a. O controle da dispersão secundária do cobre, foi maiormente influenciado pela tectonia (zona de falha) e zonas de contato entre litologias (principalmente entre serpentinito e sequência sílico-carbonatada e/ou os talcoxistos), na franja de contato do maciço com as encaixantes e/ou diabásio intrusivo.

b. Aparentemente a influência topográfica foi pequena e o mesmo pode ser dito quanto ao material amostrado, bastante uniforme em características físicas, como fração siltico-argilosa, conteúdo de matéria orgânica, susceptibilidade magnética, etc.

c. A variação do pH, conquanto não determina da numericamente, foi sem dúvida um fator importante no comportamento do elemento estudado.

d. Os limites estabelecidos a partir do exame da curva bimodal encontrada, referem-se na verdade ao corpo ultrabásico em si e a zona limite com as rochas regionais (encaixantes).

e. Admite-se que o teor de fundo regional (5-15 ppm), corresponde às encaixantes e parte do maciço, onde ocorrem maiores alterações na rocha original.

f. O teor de fundo local (15-110 ppm), corresponde em geral ao maciço em si, principalmente ao solo oriundo do serpentinito.

g. As áreas potencialmente anômalas (110 ppm), representam uma resposta superficial às zonas de falha e também aos contatos entre diferentes litologias.

#### 6.5.1.8. Áreas do Morro do Avião

##### 6.5.1.8.1. Introdução

Nessa área foram coletadas 115 amostras de solo e 14 de rocha.

As Tabelas III, IV, V e VI representam o quadro de distribuição de frequência dos resultados analíticos, obtidos para os elementos níquel, cobre, ferro e manganês.

As Figuras 08, 09, 10 e 11 mostram as curvas de frequências representativas do níquel, cobre, ferro e manganês, respectivamente.



TABELA III

Elemento: Níquel (Ni)

Local: Morro do Avião

INTERVALO DE CLASSE ppm	F	Fa	Fp	Fpa
5  ————— 7	1	1	0,88	0,88
7  ————— 10	2	3	1,76	2,64
10  ————— 15	1	4	0,88	3,52
15  ————— 20	2	6	1,76	5,28
20  ————— 30	15	21	13,27	18,55
30  ————— 50	8	29	7,07	25,62
50  ————— 70	6	35	5,30	30,92
70  ————— 100	10	45	8,84	39,76
100  ————— 150	15	60	13,27	53,03
150  ————— 200	9	69	7,96	60,99
200  ————— 300	5	74	4,42	65,41
300  ————— 500	4	78	3,53	68,94
500  ————— 700	11	89	9,73	78,67
700  ————— 1.000	6	95	5,30	83,97
1.000  ————— 1.500	5	100	4,42	88,39
1.500  ————— 2.000	3	103	2,65	91,04
2.000  ————— 3.000	4	107	3,53	94,57
3.000  ————— 5.000	5	112	4,42	98,99
5.000  ————— 7.000 (G)	1	113	0,88	99,87
TOTAL COMPUTADO	113			

Obs.: Considerando solo

- F = Frequência
- Fa = Frequência acumulada
- Fp = Frequência percentual
- Fpa = Frequência percentual acumulada

O valor (G) foi admitido para efeitos de cálculo, como sendo no mínimo igual a classe imediatamente superior.

TABELA IV

Elemento: Cobre (Cu)

Local: Morro do Avião

INTERVALO DE CLASSE ppm	F	Fa	Fp	Fpa
7  ———— 10	2	2	1,76	1,76
10  ———— 15	2	4	1,76	3,52
15  ———— 20	18	22	15,92	19,44
20  ———— 30	28	50	24,77	44,21
30  ———— 50	21	71	18,58	62,79
50  ———— 70	32	103	28,31	91,10
70  ———— 100	8	111	7,07	98,17
100  ———— 150	2	113	1,76	99,93
TOTAL COMPUTADO	113			

Obs.: Considerando solo

- F = Frequência
- Fa = Frequência acumulada
- Fp = Frequência percentual
- Fpa = Frequência percentual acumulada

TABELA V

QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA

Elemento: Ferro (Fe)

Local: Morro do Avião

INTERVALO DE CLASSE %	F	Fa	Fp %	Fpa %
$\leq 1,5$	1	1	0,88	0,88
1,5   ——— 2	6	7	5,30	6,18
2   ——— 3	20	27	17,60	23,78
3   ——— 5	21	48	18,50	42,28
5   ——— 7	25	73	22,12	64,30
7   ——— 10	16	89	14,15	78,45
10   ——— 15	18	107	15,92	94,37
15   ——— 20	6	113	5,30	99,67
TOTAL COMPUTADO	113			

Obs.: Considerando solo

- F = Frequência
- Fa = Frequência acumulada
- Fp = Frequência percentual
- Fpa = Frequência percentual acumulada

TABELA VI

Elemento: Mn

Local: Morro do Avião

INTERVALO DE CLASSE ppm	F	Fa	Fp %	Fpa %
50  —— 70	2	2	1,76	1,76
70  —— 100	3	5	2,65	4,41
100  —— 150	7	12	6,19	10,60
150  —— 200	15	27	13,27	23,87
200  —— 300	9	36	7,96	31,83
300  —— 500	11	47	9,73	41,56
500  —— 700	16	63	14,15	55,71
700  —— 1.000	8	71	7,07	62,78
1.000  —— 1.500	16	87	14,15	76,93
1.500  —— 2.000	10	97	8,84	85,81
2.000  —— 3.000	9	106	7,96	93,77
3.000  —— 5.000	4	110	3,53	97,30
5.000  —— 7.000 (G)	3	113	2,65	99,95
TOTAL COMPUTADO	113			

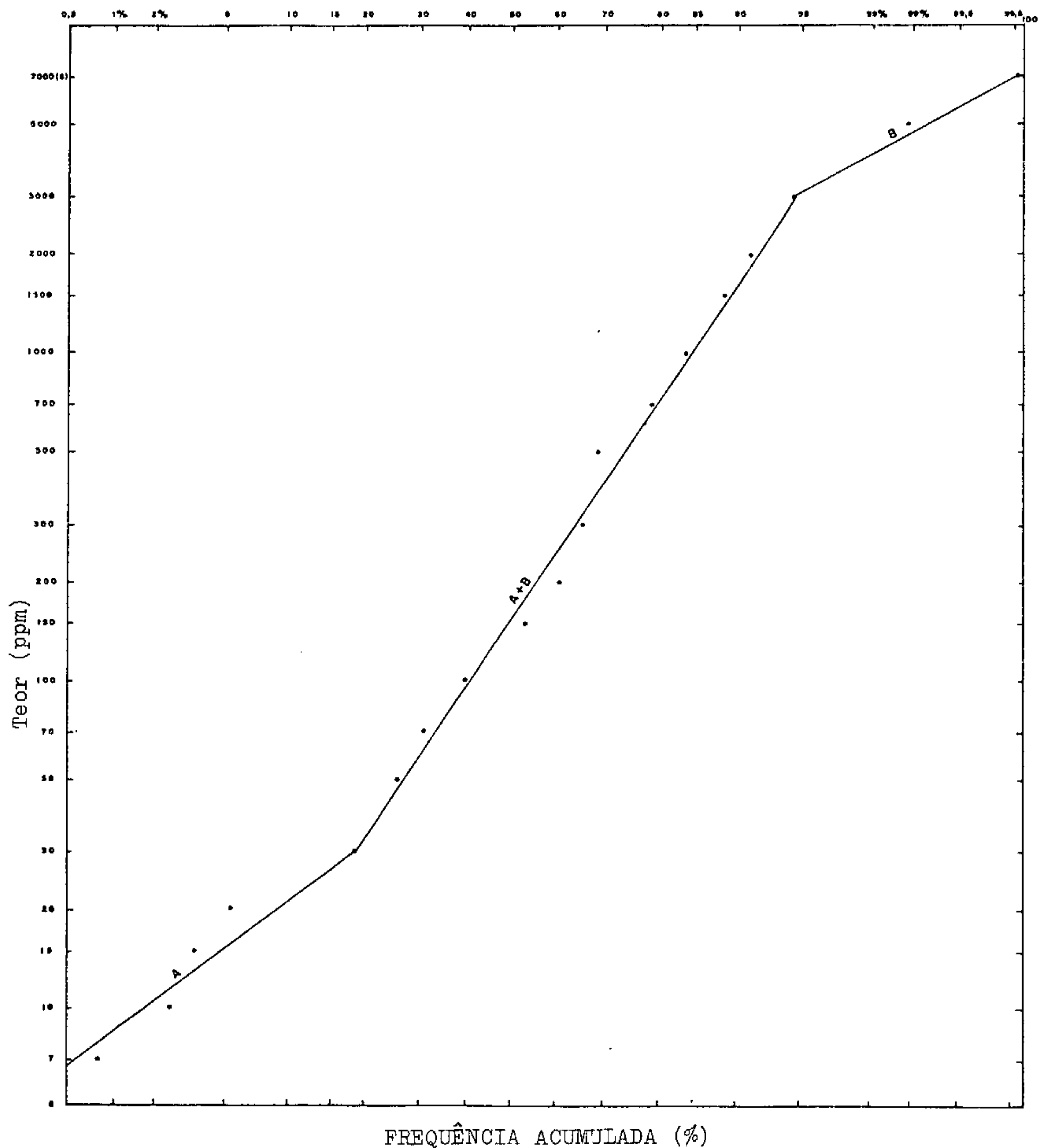
Obs.: Considerando solo

- F = Frequência
- Fa = Frequência acumulada
- Fp = Frequência percentual
- Fpa = Frequência percentual acumulada

O valor (G) foi admitido para efeitos de cálculo, co  
mo sendo no mínimo igual a classe imediatamente supe

FIGURA 08

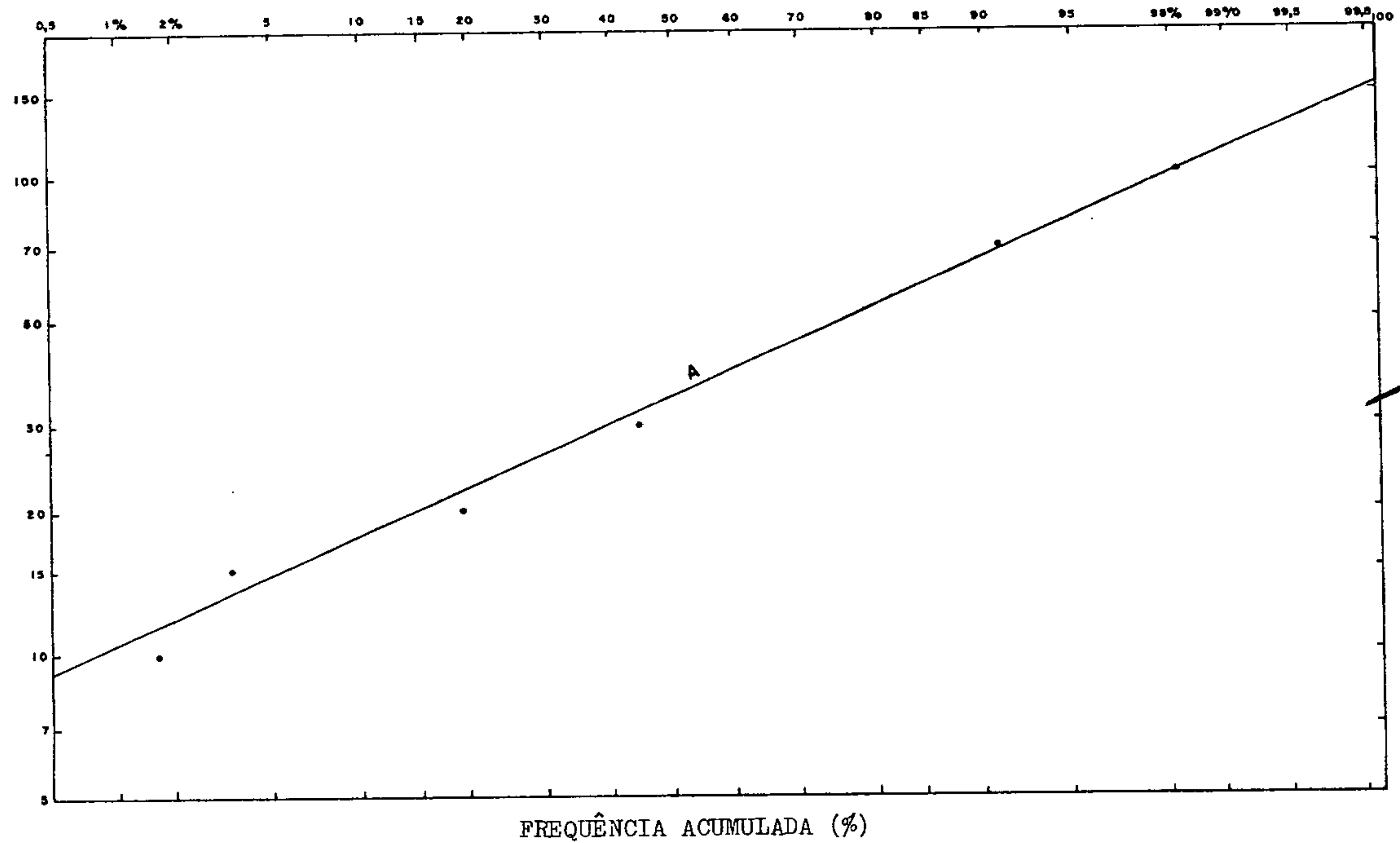
CURVA DE FREQUÊNCIA ACUMULADA - NÍQUEL (Ni)



OBS.: A (5 - 30 ppm) = Teor de fundo regional  
A + B (30 - 3.000 ppm) = Teor de fundo "local"  
C (> 3.000 ppm) = Teores potencialmente anômalos

FIGURA 09

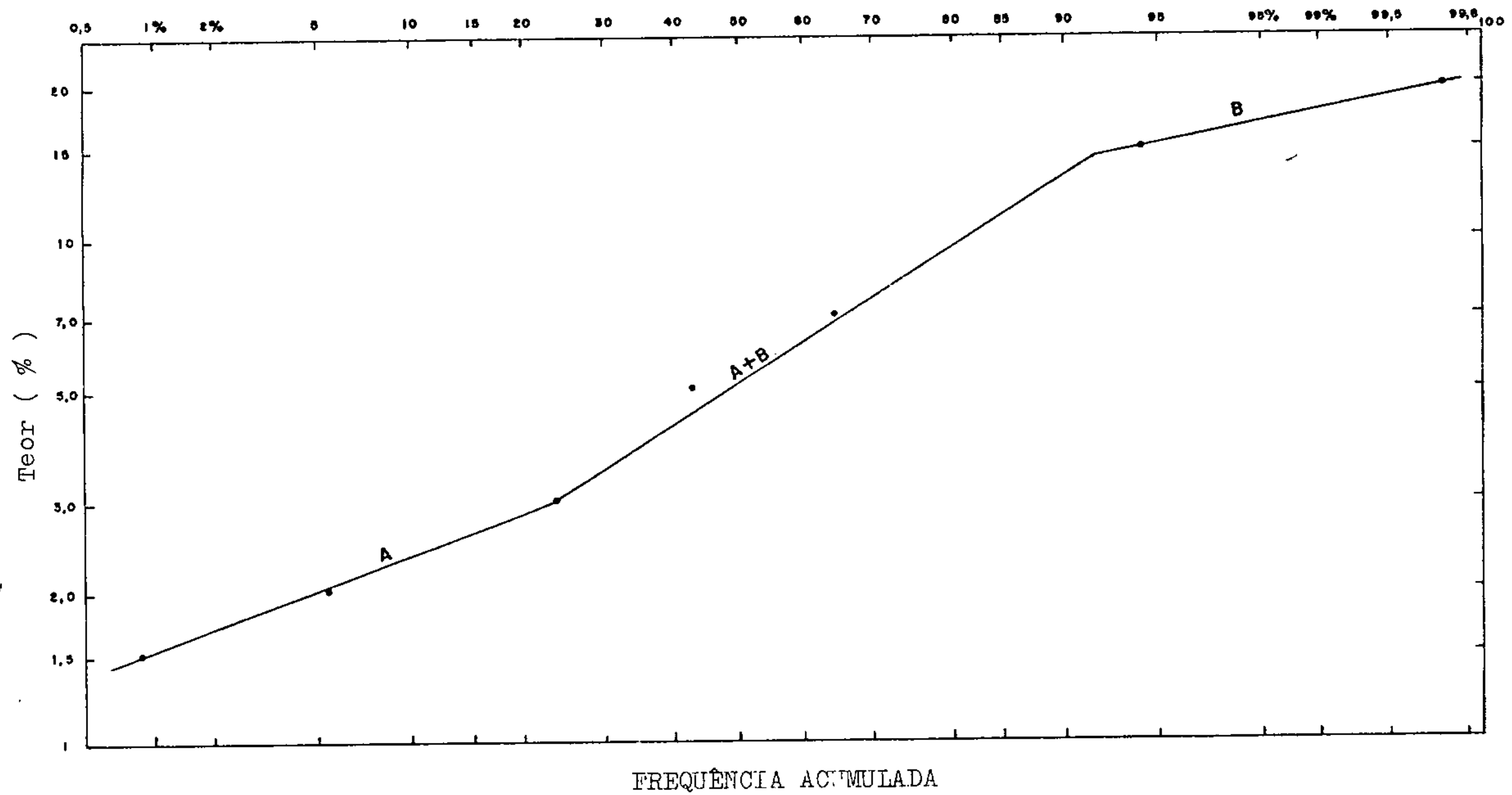
CURVA DE FREQUÊNCIA ACUMULADA - COBRE (Cu)



OBS.: A (10-150 ppm) = valores de teor de fundo

FIGURA 10

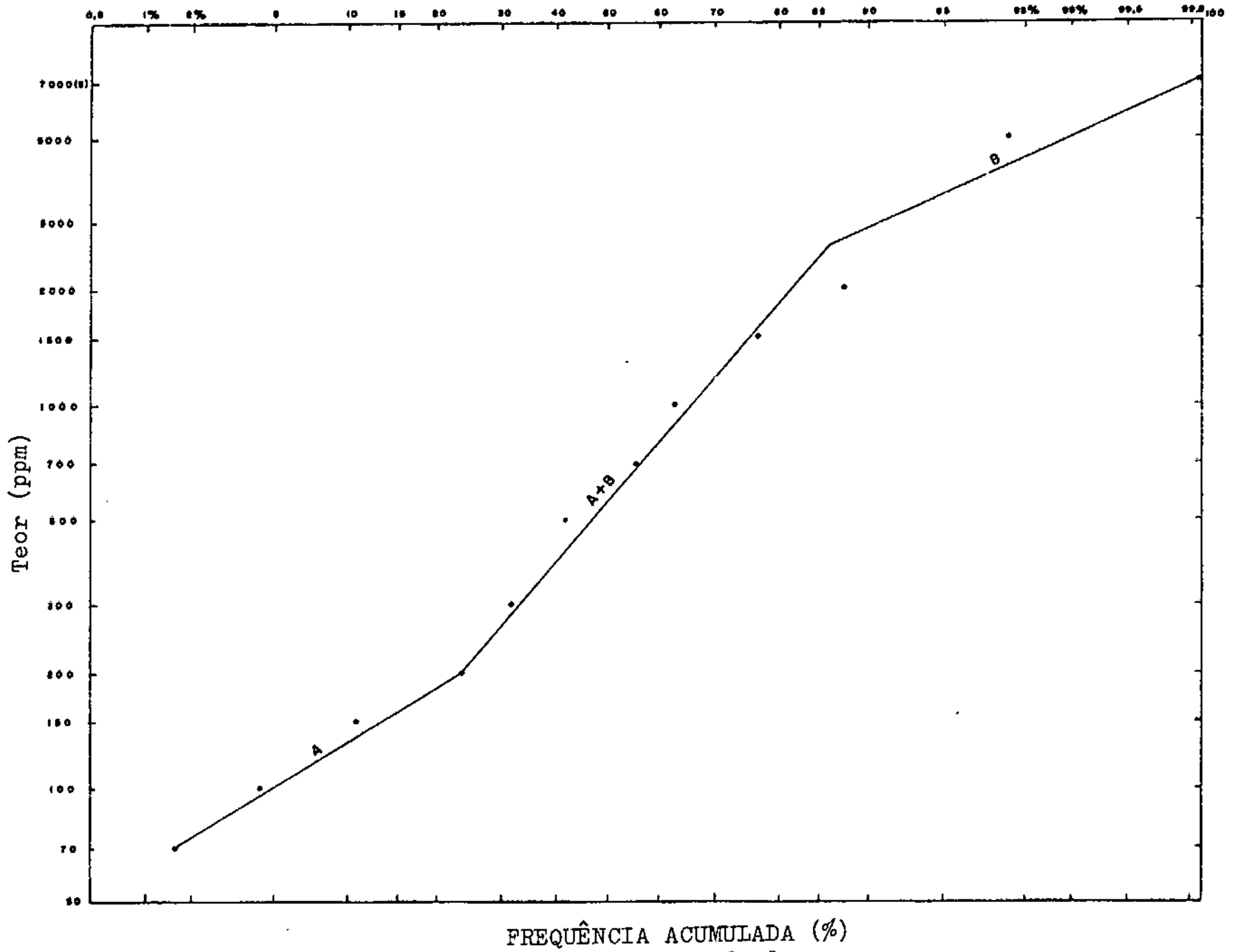
CURVA DE FREQUÊNCIA ACUMULADA - FERRO (Fe)



OBS.: A (1,5-3%) = valores de teor de fundo  
A + B ( 3-15%) = valores de teor de fundo  
B ( > 15%) = valores de teor de fundo

FIGURA 11

CURVA DE FREQUÊNCIA ACUMULADA - MANGANÊS (Mn)



OBS.: A (70-200 ppm)=valores de teor de fundo  
A + B (200-3000 ppm)=valores de teor de fundo  
B (> 3000 ppm)=valores de teor de fundo



#### 6.5.1.8.2. Níquel (Ni)

A observação dos mapas de isóteores e geológicos (Anexos X e XIX), juntamente com o exame das amostras, dos resultados das análises, bem como o estudo da curva de frequência acumulada (Figura 08) e dos quadros de distribuição de frequência (Tabela III), levaram às seguintes conclusões:

a. A dispersão secundária do níquel é marcada mente controlada pela topografia, aliada às variações dos componentes de solo (predominância da fração argilosa).

b. A curva de frequência acumulada é polimodal (três populações), representando além de variações do teor de Ni em função dos diferentes termos litológicos (rochas encaixantes e serpentinito), também e principalmente, o comportamento do citado elemento em face aos diferentes estágios de alteração da rocha original, especificamente ao seu maior ou menor grau de silicificação.

c. Os teores menores que 30 ppm em geral, correspondem às rochas encaixantes que não sofreram influência do corpo ultrabásico e alguns poucos valores encontrados no maciço, situam-se em zonas onde a silicificação e consequente lixiviação do Ni foi mais intensa.

d. Os valores entre 50 e 300 ppm, observados no interior do maciço, correspondem aos altos topográficos, onde há pouca predominância de sílica sob a forma de calcedônia.

e. Valores de até 700 ppm observados em zonas fora do corpo, (parte N e ESE do maciço - Anexo X) possi

velmente são explicados pela fixação do Ni pelo Fe e/ou Mn em locais de solos bem desenvolvidos e drenados..

f. Os valores maiores que 3000 ppm mostram um acentuado controle topográfico, correspondendo sempre às zonas de baixadas e/ou meia encosta (Anexo X).

g. A curva trimodal (Figura 08) é tentativamente interpretada como se segue:

- Trecho A, correspondendo ao comportamento das rochas encaixantes e áreas restritas do maciço (zona de falha com extrema silicificação). Representa o teor de fundo regional, (7 a 30 ppm).

- Trecho A + B, representando maiormente o comportamento do Ni no solo da ultrabásica (serpentinito) e de suas variações (serpentinito em diferentes estágios de silicificação). Representa também parte das encaixantes que foram influenciadas pela migração do Ni, fixado pelo Fe e/ou Mn, em zonas onde as condições de topografia e drenagem favoreceram o desenvolvimento do solo. Representa o teor de fundo local (30-3000 ppm).

- Trecho B, representando o comportamento do Ni no solo da ultrabásica em áreas de maior concentração, correspondendo as áreas potencialmente anômalas para níquel (> 3000 ppm).

#### 6.5.1.8.3. Cobre (Cu)

A observação dos mapas de caminhamento, geológico e perfís de descrição de poços (Anexos X e XVI) aliado ao exame dos resultados de análises e ao comportamento do Fe

e do Mn, bem como o estudo da curva de frequência acumulada (Figura 09) e do quadro de distribuição de frequência (Tabela IV), levaram às seguintes afirmações:

a. O controle da dispersão secundária do cobre, é influenciado principalmente pelo comportamento do Fe e do Mn, os quais fixaram o Cu na porção superior do solo laterítico base do horizonte A e topo do B, especificamente entre os sub-horizontes A<sub>2</sub> e B<sub>1</sub>. Este fato foi também verificado em áreas com laterita da Austrália por SCISSNK - 1971 (in A.A. LEVINSON, 1973).

Outro fator a ser considerado foi o condicionamento topográfico o qual possibilitou, o desenvolvimento de solos lateríticos maduros nas zonas baixas e mesmo nas meia encostas tanto dentro como nas bordas do maciço. Tais solos funcionaram como zonas de fixação do Cu, que juntamente com o Fe e Mn, foram lixiviados das partes silicificadas.

b. A curva unimodal (Figura 09), indica que em termos estatísticos, há apenas uma população lognormal, conseqüentemente a distribuição é homogênea distinguindo-se sobremaneira dos outros elementos analisados que apresentaram curvas tipicamente polimodais.

Tal comportamento em princípio se deve aos baixos teores do cobre tanto no serpentinito, quanto nas encaixantes e principalmente ao mascaramento determinado pela laterização, que se desenvolveu nas zonas baixas do maciço e nas encaixantes.

É interessante notar que, conquanto a distribuição do cobre comporta-se unimodalmente, as amostras coletadas correspondem a três populações geologicamente distintas (rochas encaixantes, zonas com silexito e/ou solo, zona

com serpentinito e/ou solo).

Tal fato leva a admitir que mesmo os valores mais elevados do cobre (100 e 150 ppm) não estão necessariamente relacionados a anomalias significativas, tratando-se provavelmente de falsas anomalias como pode ser deduzido do exame dos resultados obtidos a partir dos poços feitos na mesma área.

#### 6.5.1.8.4. Ferro (Fe) e Manganês (Mn)

Estes elementos foram considerados, visando possibilitar uma melhor compreensão do comportamento do Ni e principalmente do Cu.

O exame dos mapas de isoteores e geológico (Anexos X, XX e XXI), dos resultados das análises, bem como o estudo das curvas de frequência acumulada (Figuras 10 e 11), dos quadros de distribuição de frequência (Tabelas V e VI), dos boletins de descrição de poços (ver apêndices) levaram às seguintes conclusões:

a. A dispersão secundária destes elementos é controlada entre outros fatores pela topografia, drenagem (variação do lençol freático) e pelo maior ou menor grau de desenvolvimento do solo laterítico.

b. As curvas de frequência acumulada são multimodais, mostrando distintamente três populações.

Considerando o Fe, tem-se em termos estatísticos que:

A - (1,5 - 3%) = teor de fundo regional

A + B - (3 - 15%) = teor de fundo local

B - > 15% = teores anômalos

A curva do Mn, mostra que:

A (70 - 200 ppm) = teor de fundo regional

A + B (200 - 3000 ppm) = teor de fundo local

B - (>3000 ppm) = teores anômalos.

Ao observar-se os mapas de isoteores, comprova-se que os limites estabelecidos nem sempre são coerentes com a geologia local, assim tem-se zonas sobre o complexo onde os valores se enquadram no teor de fundo regional (partes intensamente silicificadas) e áreas sobre as encaixantes com teores compreendidos no teor de fundo local. Tal fato é explicado pelo mascaramento provocado pela laterização e pela mobilidade do Fe e Mn, os quais se concentram nos horizontes B, C e A, B respectivamente de um solo laterítico típico.

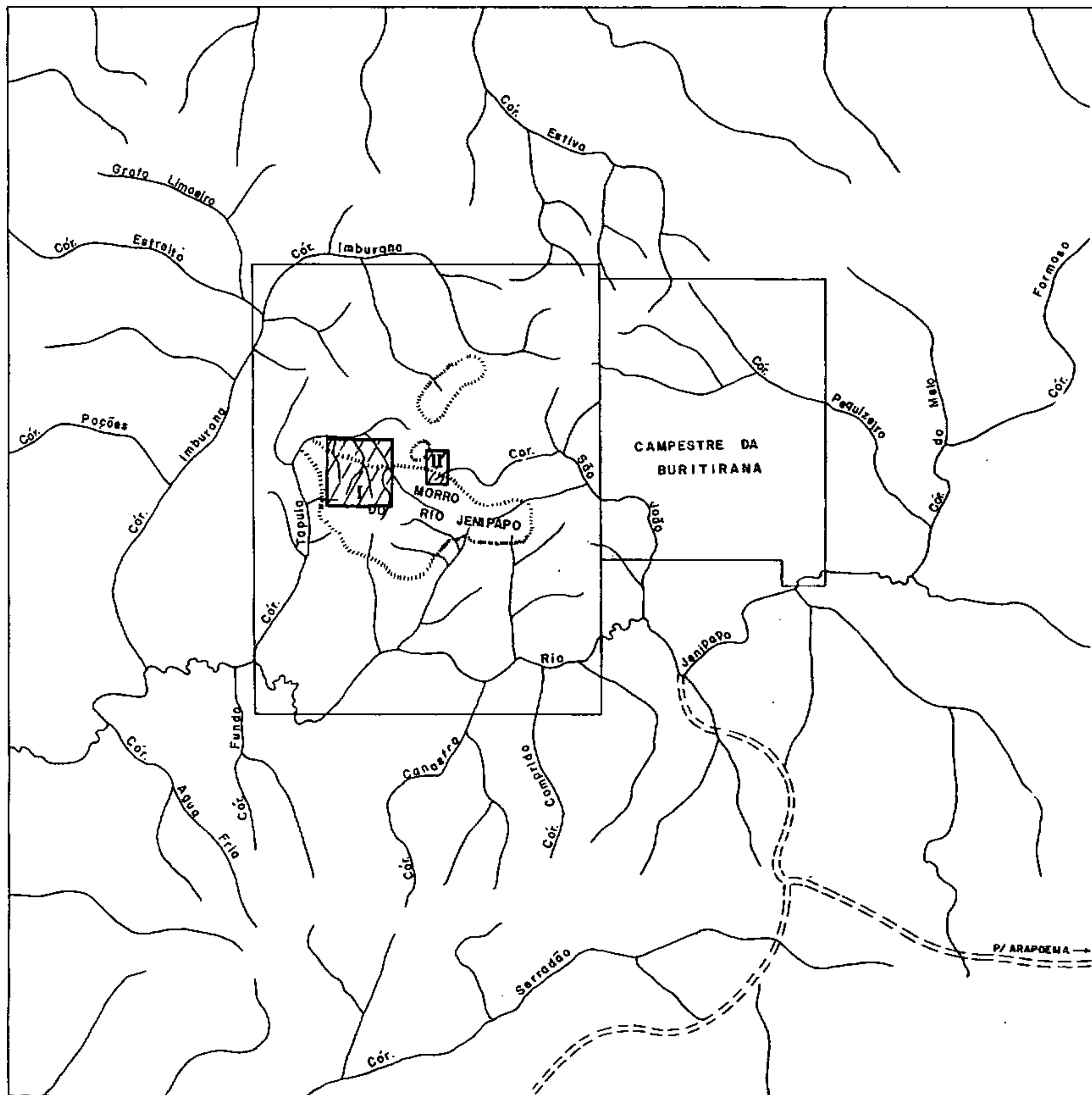
Os valores anômalos estatisticamente definidos, não têm suporte geológico podendo, na verdade, ser considerados falsas anomalias.

## 6.5.2. Prospecção Geoquímica

### 6.5.2.1. Generalidades

Como parte da programação dos trabalhos de pesquisa, a prospecção geoquímica foi executada em duas áreas, sendo uma denominada Campestre da Buritirana, e a outra no canto sudoeste da área do Morro do Rio Jenipapo, denominada ÁREA I (Figura 12).


Essa prospecção executada em malha regular de amostragem tinha por objetivo através da detecção de anomalias, o selecionamento de áreas promissoras para uma melhor condução dos trabalhos de pesquisa.



FIGURÁ 12

PLANTA DE SITUAÇÃO

CONVENCOES

 CIDADE

 POVOADO

 FAZENDA

 ELEVAÇÃO

 ESTRADA SECUNDARIA

 CAMINHO OU TRILHA

 CAMPO DE POUSO

 DRENAGEM

 ESTRADA ESTADUAL

 AREA REQUERIDA

N. V.



#### 6.5.2.2. Amostragem

O presente trabalho foi feito, utilizando-se como base, um mapa planimétrico na escala 1:10.000 da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais e fotos aéreas na escala 1:45.000 executadas pela PROSPEC S/A.

A profundidade de amostragem variou no intervalo de 40 a 60 cm, e as amostras coletadas foram do tipo com posta.

As amostras foram recolhidas com o auxílio de uma cavadeira do tipo "boca de lobo", homogeneizadas através de sucessivos quarteamentos e o peso médio de cada amostra variou em torno de 800 g, dependendo da granulometria do so lo.

Nas duas áreas em questão as malhas de amostragem foram diferentes:

##### 6.5.2.2.1. Área do Campestre da Buritira na

Nessa área, a amostragem geoquímica foi orientada segundo uma malha quadrada de 400 x 400 m, com pontos intermediários de 200 m, amostrados ao longo da rede (Anexo XXII). As picadas para amostragem foram abertas seguindo di reção E-W (linhas mestras) e N-S e em cada local de amostragem foi colocada uma estaca numerada, para facilitar a sua identificação, se houvesse necessidade de retorno à área.

O sistema de numeração das amostras foi feito na ordem crescente da coleta no campo.

Foram coletadas cerca de 140 amostras, das

quais 39 amostras em duplicatas para posterior averiguação do erro de amostragem, e na preparação em laboratório, foram desdobradas mais 10 amostras em 20 sub-amostras para determinar o nível do erro analítico, do método químico empregado. Foram coletadas ainda, amostras de rochas, com a finalidade de confrontar os efeitos de dispersão primária em material original e a fração de Ni, Cu, Cr e Co que foi dispersa para o ambiente secundário (solo).

#### 6.5.2.2.2. Área I - Morro do Rio Jenipapo

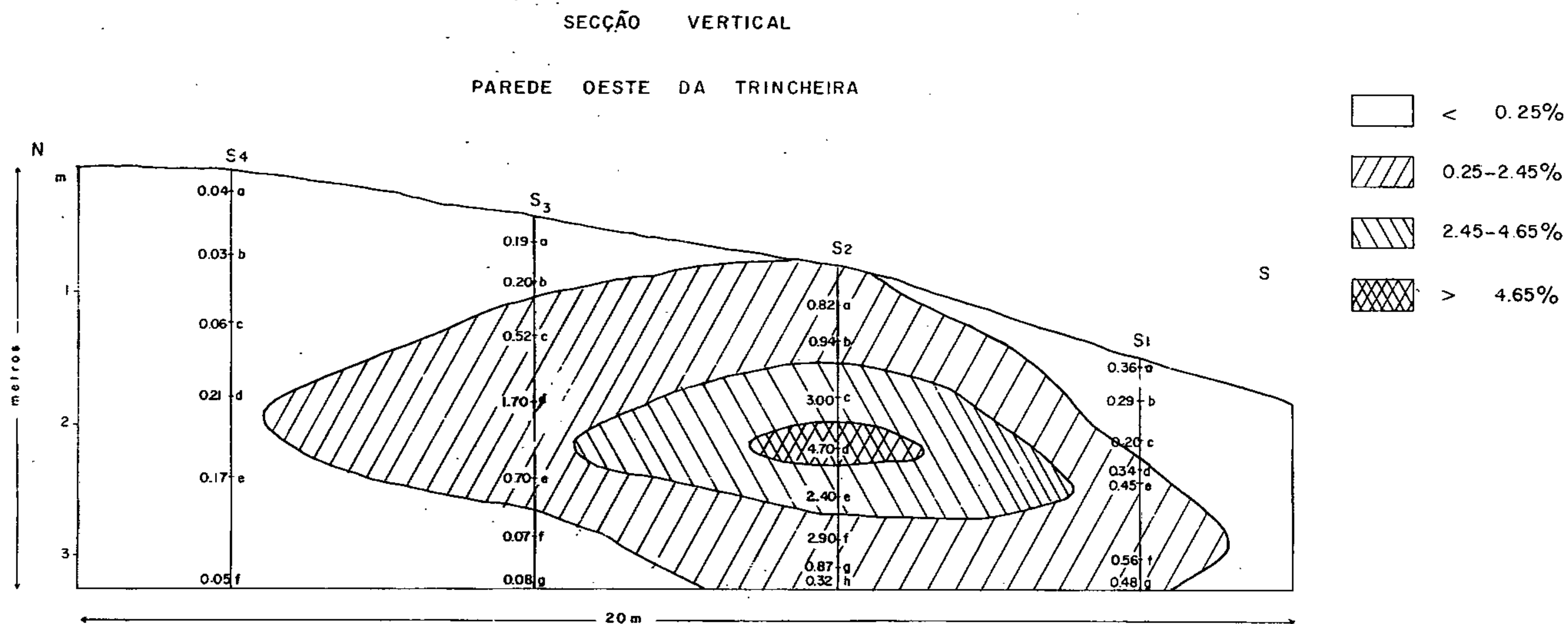
A amostragem geoquímica foi orientada segundo uma malha retangular de 100 x 40 m. A área total amostrada tem a configuração de um quadrado de 1.200 m de lado que possui como vértices as seguintes locações: 800-N-160, 680-N-160, 680-N-80 e 800-N-80 (Anexo XXIII).

O sistema de numeração das amostras obedeceu às normas convencionadas, quando da abertura das picadas, e leva o número correspondente à intersecção da picada leste-oeste com a norte-sul.

Foram marcados cerca de 402 pontos, tendo sido recolhido igual número de amostras, e mais 15 duplicatas para averiguação dos erros de amostragem. Também foram coletadas 35 amostras de rochas de modo randômico, com a finalidade de confrontar os efeitos da dispersão primária e avaliar perdas e ganhos dos elementos investigados, como Cu, Ni e Co, quando são diretamente incorporados ao solo e passam a fazer parte do ambiente secundário. Finalmente foi amostrada a trincheira (778-N-100) aberta acima da ocorrência de Cu, e para isto selecionou-se uma de suas paredes laterais (Figura 13), onde se processou uma amostragem regular



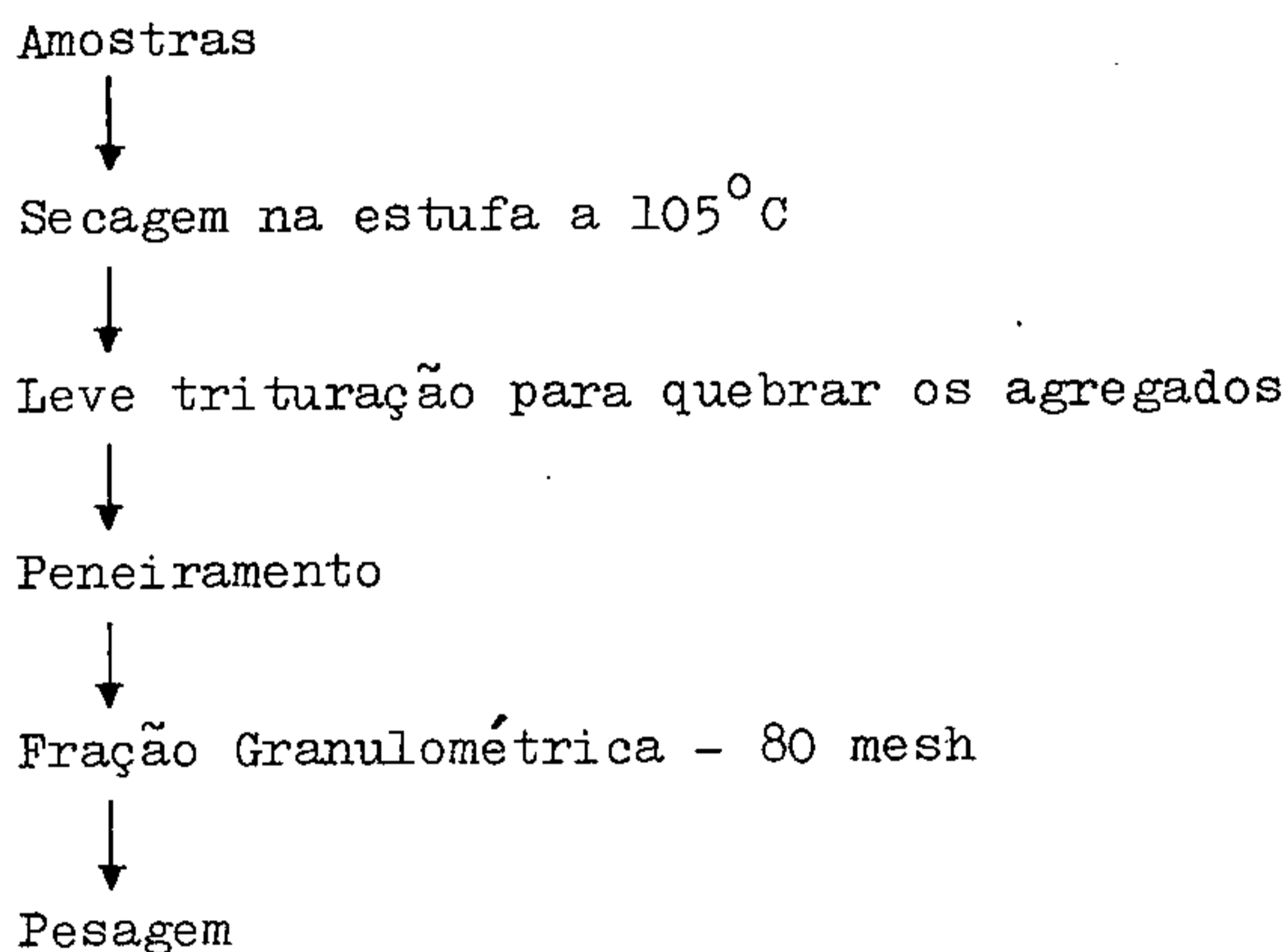
Figura. 13 CONTEÚDO DE COBRE (%) SOLO COLUVIONAR NA FRAÇÃO - 80 MESH. ANÁLISE QUANTITATIVA POR FLUORESCÊNCIA RAIOS X.



em canal, com espaçamentos de 5 m de um canal para o outro. Neste trabalho recolheu-se 56 amostras entre solo e blocos de rocha.

#### 6.5.2.3. Preparação e Análise das Amostras

As amostras foram remetidas ao LABOR-SUREG-GO, onde foram submetidas às seguintes etapas, conforme discrimina o fluxograma anexo:



As amostras das duas áreas foram analisadas utilizando-se métodos diferentes, como descritos em seguida.

##### 6.5.2.3.1. Área do Campestre da Buritirana

As amostras dessa área foram analisadas utilizando-se método de espectrografia padrão (30 elementos).

Foram selecionadas ainda algumas amostras ori

undas de zonas consideradas de baixa concentração, e amostras de áreas que pelo menos potencialmente são anômalas. Destas amostras selecionadas, solicitou-se o peneiramento nas seguintes frações granulométricas: - 60 + 80 mesh; - 80 + 150 mesh; e - 150 mesh. Isto, com a finalidade de se constatar qual a fração granulométrica do solo que apresentasse melhor contraste.

As amostras de rochas também foram remetidas ao LABOR para análise espectrográfica e estudos petrográficos (seções delgadas).

#### 6.5.2.3.2. Área I - Morro do Rio Jenipapo

As amostras dessa área foram analisadas utilizando-se o método de Absorção Atômica para Cu, Ni e Co.

Para amostras recolhidas da trincheira mineralizadas em Cu, foi solicitada ao LAMIN - Rio de Janeiro, análise quantitativa para Cu, Co e Ni. Para cobre e cobalto utilizou-se o método de Absorção Atômica, onde as amostras foram submetidas a uma abertura total utilizando uma mistura de  $\text{HF} + \text{HClO}_4$  e a leitura foi feita através de espectrofotômetro PERKIN ELMER modelo 103, cujas especificações estão na Tabela VII.

TABELA VII

CONDIÇÕES DE ANÁLISE INSTRUMENTAL DO ESPECTROFOTÔMETRO PER  
KIN-ELMER 103

<u>ELEMEN</u> <u>TO</u>	<u>COMPRIMEN</u> <u>TO DE ONDA</u>	<u>ABERTURA</u> <u>DA FENDA</u> (A)	<u>CORRENTE</u> (mA)	<u>CHAMA</u>
Cu	2347	7A	7mA	Ar-12-50C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> -13-80
Ni	2320	2A	11mA	Ar-12-50C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> -13-80
Co	2407	2A	11mA	Ar-12-50C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> -13-80

Na avaliação quantitativa do níquel as amostras foram analisadas, pelo método espectrográfico por fluorescência de Raios X.

As amostras de rochas foram submetidas a estudos petrográficos (LAMIN - Rio de Janeiro) e espectrográficos (SUREG-GO) padrão para 30 elementos.

6.5.2.4. Critérios para Interpretação

O exame dos dados analíticos, exigiu logo de início um tratamento estatístico, visando a determinação dos parâmetros necessários à construção da curva de frequência cumulativa. Nesta tarefa seguiu-se o método proposto por LEPELTIER (1969), que possibilita determinar o padrão da distribuição das populações amostradas. Em prospecção geoquímica estuda-se o conteúdo dos elementos traços em vários materiais naturais e diz-se que, os valores obtidos seguem uma lei lognormal, se seus respectivos logarítimos, quando plota

dos num histograma de frequência, apresentam um formato regular, à semelhança de um sino.

Para a construção da curva de frequência cumulativa são dados os seguintes passos:

- a. Seleção precisa dos dados numa população homogênea.
- b. Agrupamento dos valores em número de classes, cujos intervalos foram obtidos pela expressão de Sturges  $K = 1 + 3,3 \log n$ ; onde  $n$  = número de observações e o intervalo de classe (I) é dado por:  $I = \frac{A}{K}$ ; onde  $A$  = amplitude total.
- c. Após encontrar a frequência acumulada percentual constrói-se a curva, com uso do papel de probabilidade - log; e inicia-se acumulando os valores de limite mais altos para os mais baixos.

Segundo TENNANT & WHITE (1959) as distribuições podem ser facilmente examinadas, quando as frequências cumulativas são plotadas sobre um gráfico de probabilidade. Se resulta uma linha reta, a distribuição é do tipo log-normal; se ocorrem várias quebras e inflexões nesta linha, então tem-se uma distribuição múltipla, com mais de uma distribuição lognormal presente. O tipo de distribuição também pode ser checado pelo formato do histograma, quando os dados se distribuem de modo a resultar um histograma com forma simétrica, a população amostrada se ajusta perfeitamente a lei normal ou lognormal no caso de se lidar com os valores transformados nos seus respectivos logarítimos.

#### 6.5.2.5. Área do Campestre da Buritirana

##### 6.5.2.5.1. Introdução

O principal objetivo deste trabalho foi buscar informações de parâmetros no ambiente secundário, que levas se à detecção de anomalias significativas relacionadas com mineralizações de Cu e Ni, em ambiente primário. Entre os parâmetros investigados destacam-se: seleção do melhor horizonte do solo para realização da amostragem; seleção da fração granulométrica, que fornecesse o melhor contraste; esta belecimento de uma densidade de amostragem compatível com os corpos mineralizados esperados, e escolha do método analítico com uma sensibilidade e reprodutibilidade adequada aos trabalhos de prospecção. Todos estes parâmetros das mais sutís anomalias, que levassem à descoberta de corpos mineralizados.

##### 6.5.2.5.2. Descrição da Área

###### 6.5.2.5.2.1. Solos

Os solos que se desenvolvem nesta região, estão submetidos às condições intertropicais, onde os efeitos de umidade, temperatura elevada e drenagem adequada, promovem um intemperismo, com profunda alteração dos minerais, resultando argilo-minerais com baixa saturação em bases e hidróxidos hidratados de ferro.

A maior parte da área investigada acha-se recoberta por um solo residual, com influências marcantes do "bedrock" no seu desenvolvimento.

Na área de influência do serpentinito, formou

-se um latossolo vermelho "bordeaux", pouco desenvolvido e imaturo, com horizonte B ausente ou em estágios iniciais de formação. Neste solo foram encontrados, com muita frequência, níveis endurecidos, com estruturas nodulares concrecionadas de sesquióxidos de ferro. A espessura do solo nesta área é muito variável, desde 20 cm até 1 ou 2 m.

A análise dos perfís (Figuras 14 a 19) dos poços (240-N-40; 280-N-80; 280-N-160; 240-EW; 280-EW e 280-N-40), permitiram sua delimitação em horizonte A, B e C. E, adicionando-se a este estudo os resultados analíticos obtidos, observa-se que o horizonte A apresenta espessuras bem reduzidas, da ordem 5-10 cm, bastante lixiviado e com um nível de concentração muito baixo para os diversos elementos investigados. Quanto ao horizonte B, que em alguns perfís está ausente (perfil 280-N-80) e em outros perfís acha-se fracamente desenvolvido, apresenta uma espessura média de 75 cm e um aumento sensível nos teores dos elementos investigados, evidenciando tratar-se de um horizonte de acumulação.

Finalmente tem-se o horizonte C, que se caracteriza pela presença de blocos da rocha intemperizada imersos numa matriz formada por argilo-minerais, com espessura média de 60 cm. Como se trata de um solo pouco desenvolvido e imaturo, a amostragem foi realizada na maioria das vezes, no topo do horizonte C.

Os resultados analíticos dos perfís pedológicos possibilitou a separação nítida das áreas de serpentinitos daquelas pertencentes à rocha encaixante. Em perfís de poços, onde afloram serpentinitos e seus derivados intemperizados ocorre um incremento nos teores de níquel, cromo e cobalto em profundidade (poços 240-EW e 280-N-80). Enquanto nas áreas de rochas encaixantes (metassiltito) e similares

Figura 14 PERFIL DO SOLO, COM A VARIAÇÃO DO CONTEÚDO DE Cu, Ni, Cr e Fe  
SEGUNDO OS SEUS DIFERENTES HORIZONTES.

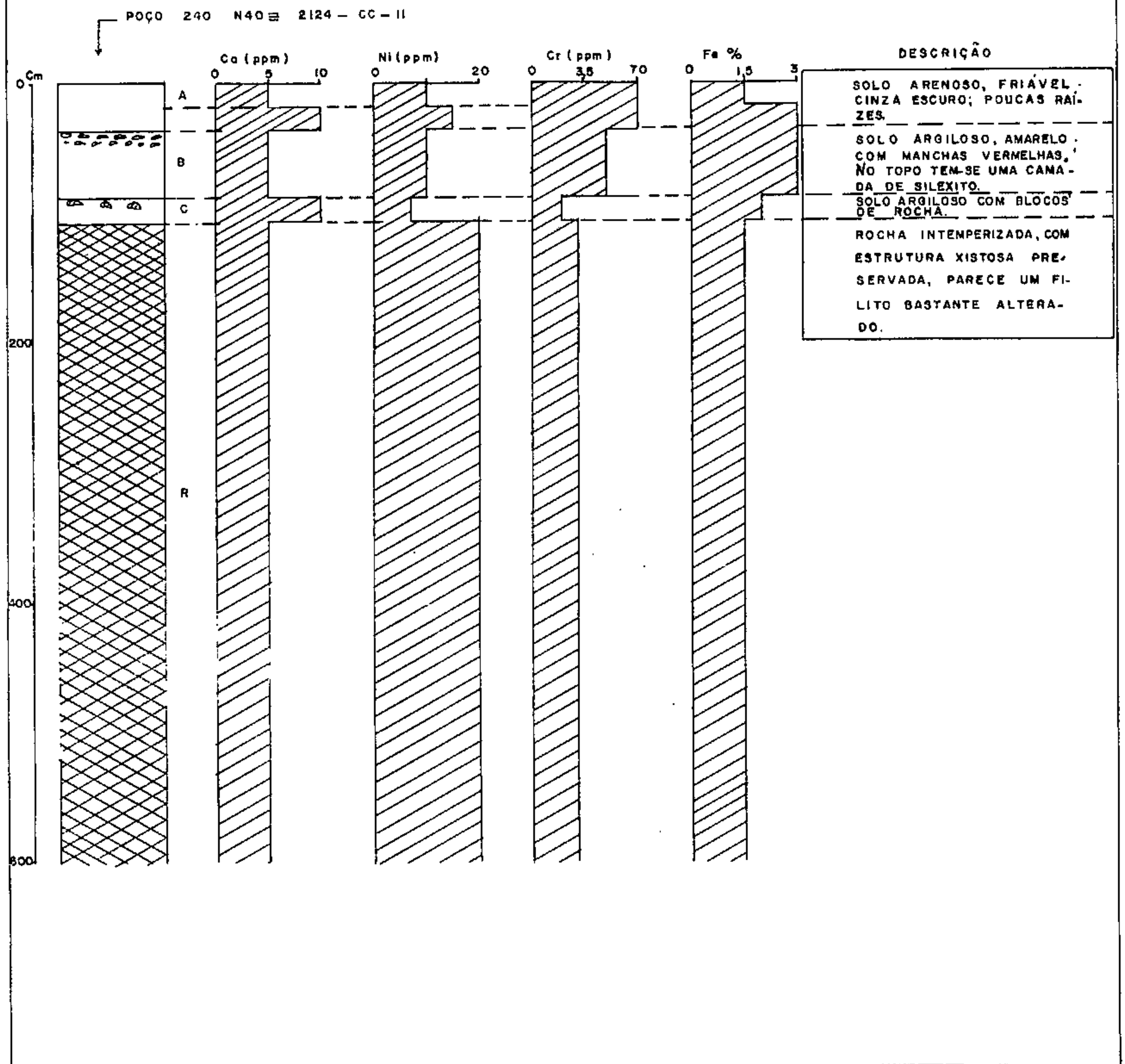




Figura 15 PERFIL DO SOLO, COM A VARIAÇÃO DO CONTEÚDO DE Cu, Ni, Cr e Fe, SEGUNDO SEUS DIFERENTES HORIZONTES.

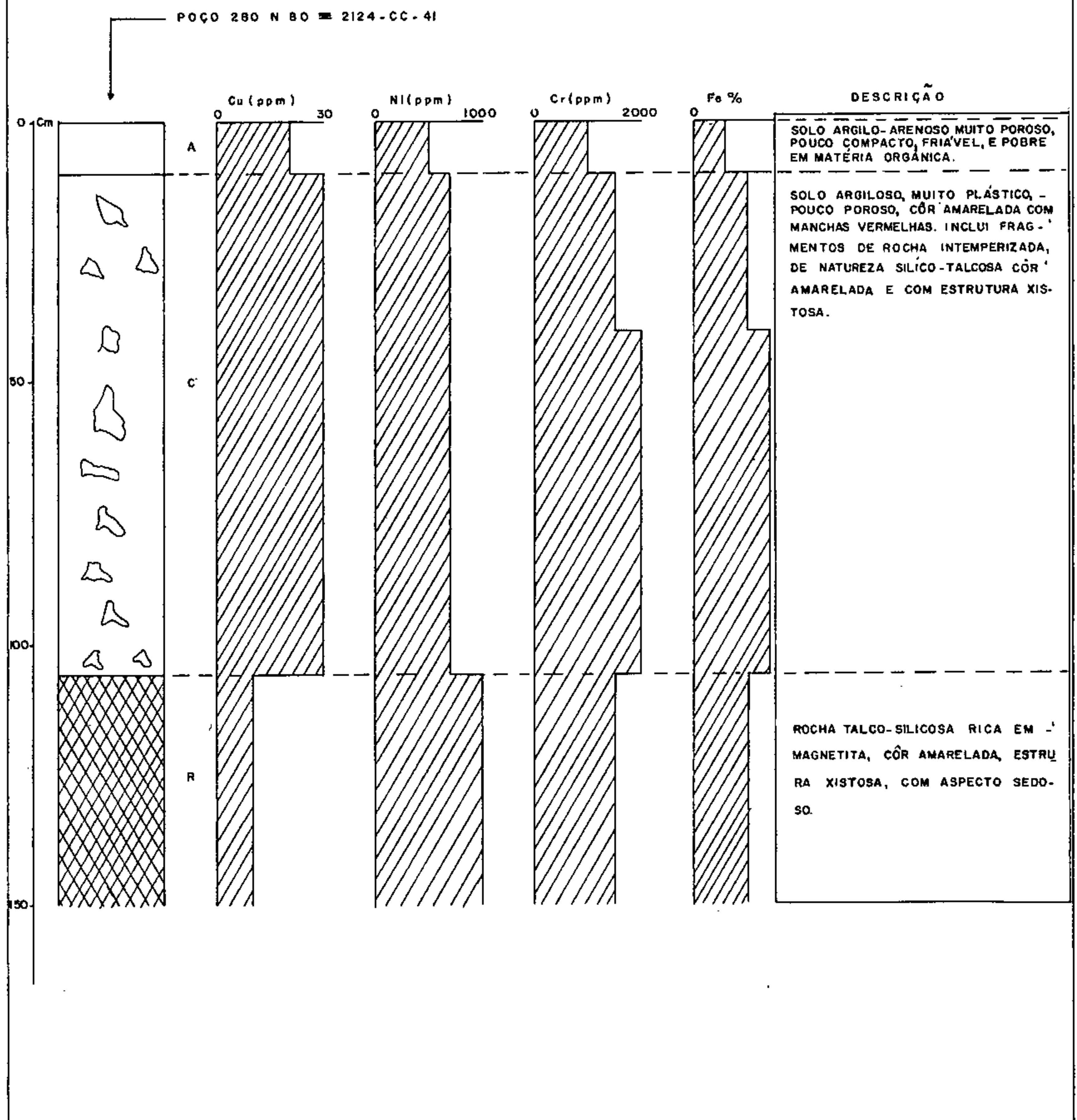


Figura.16. PERFIL DO SOLO COM A VARIAÇÃO DO CONTEÚDO DE Ni, Cr e Fe, SEGUNDO OS SEUS DIFERENTES HORIZONTES.

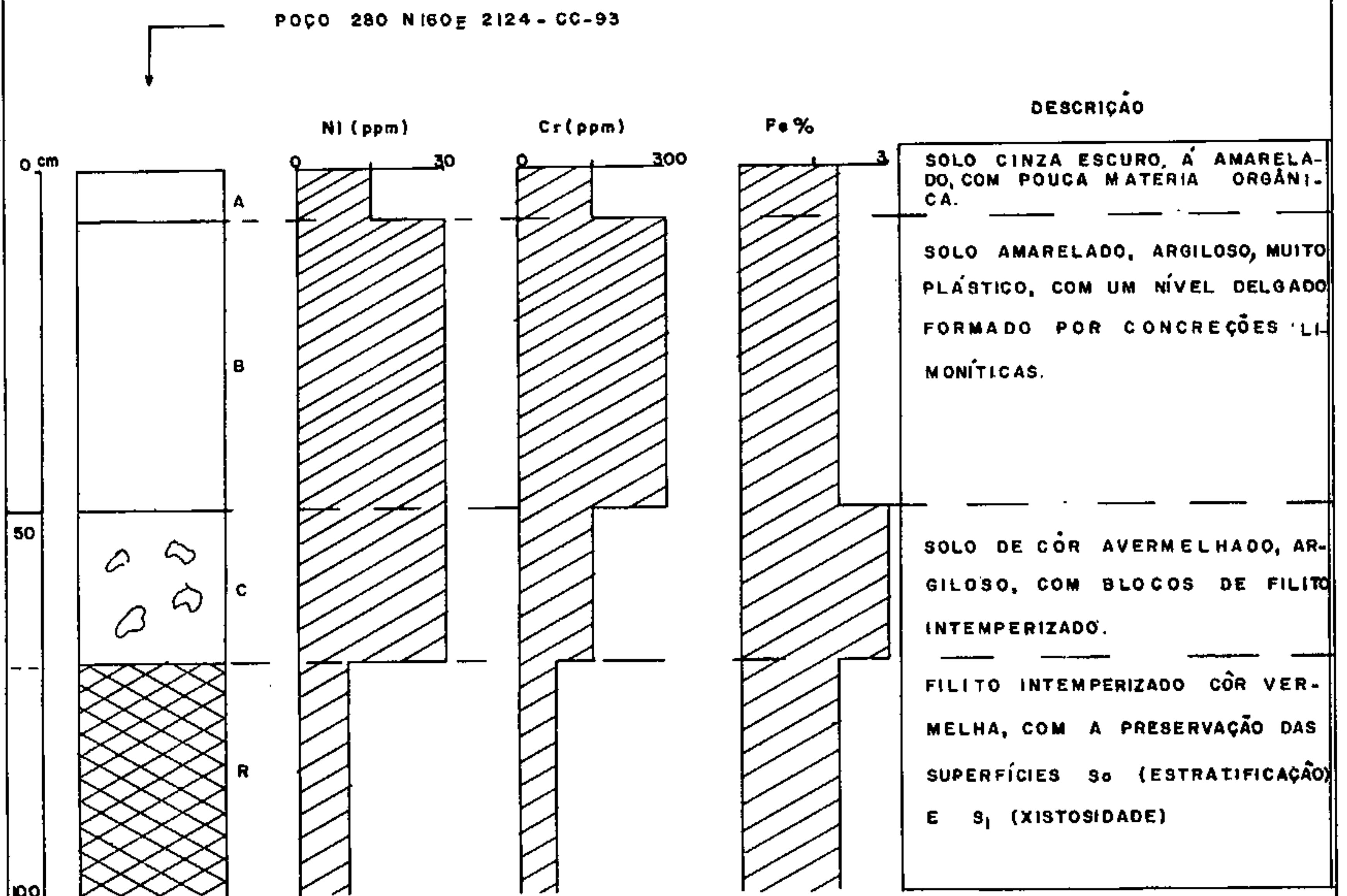


Figura.17 PERFIL DO SOLO COM A VARIAÇÃO DO CONTEÚDO DE Cu, Ni, Cr, Co, Fe, SEGUNDO OS SEUS DIFERENTES HORIZONTES

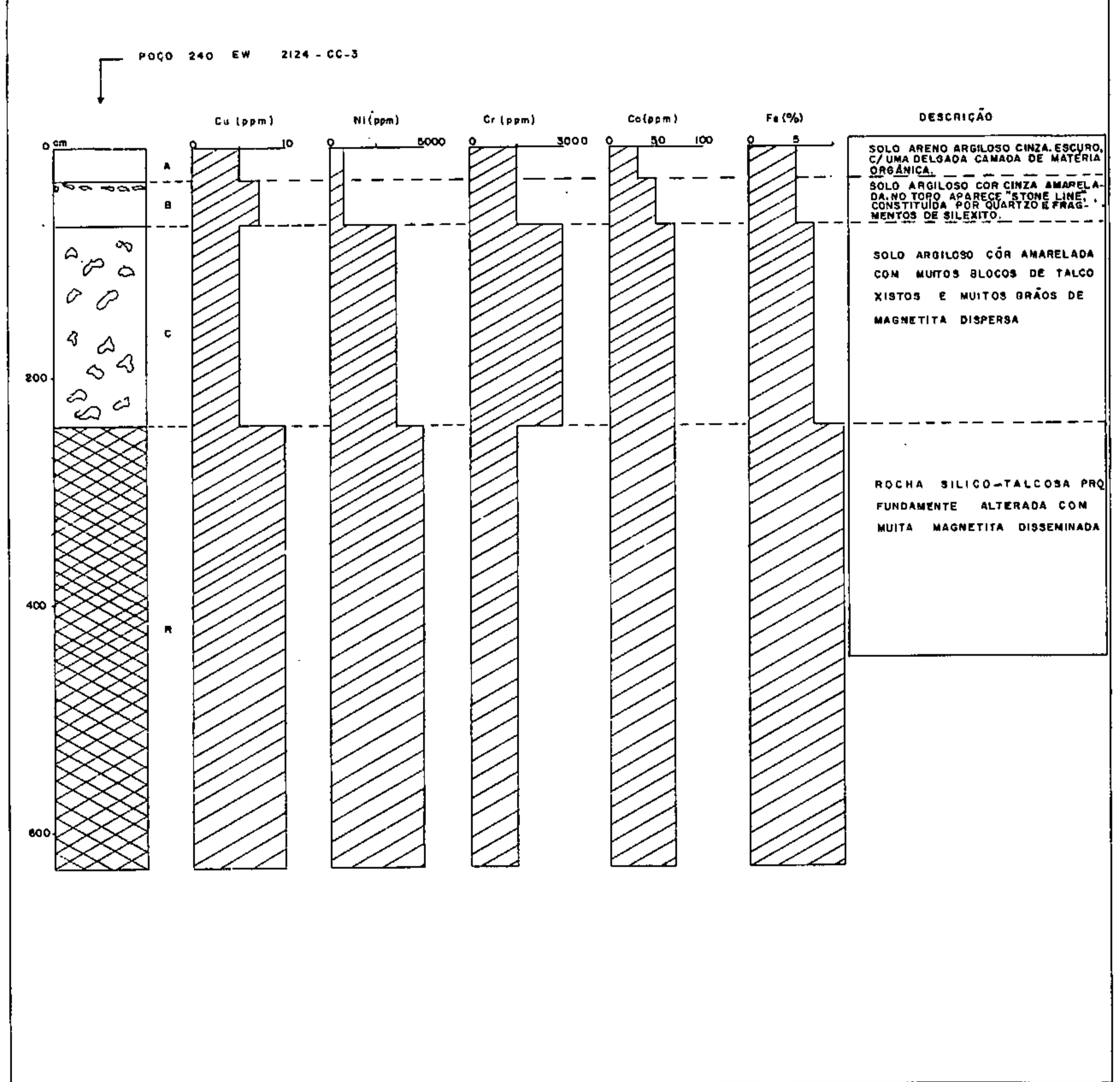


Figura 1B PERFIL DO SOLO COM A VARIAÇÃO DO CONTEÚDO DE Cu, Ni, Cr e Fe, SEGUNDO SEUS DIFERENTES HORIZONTES.

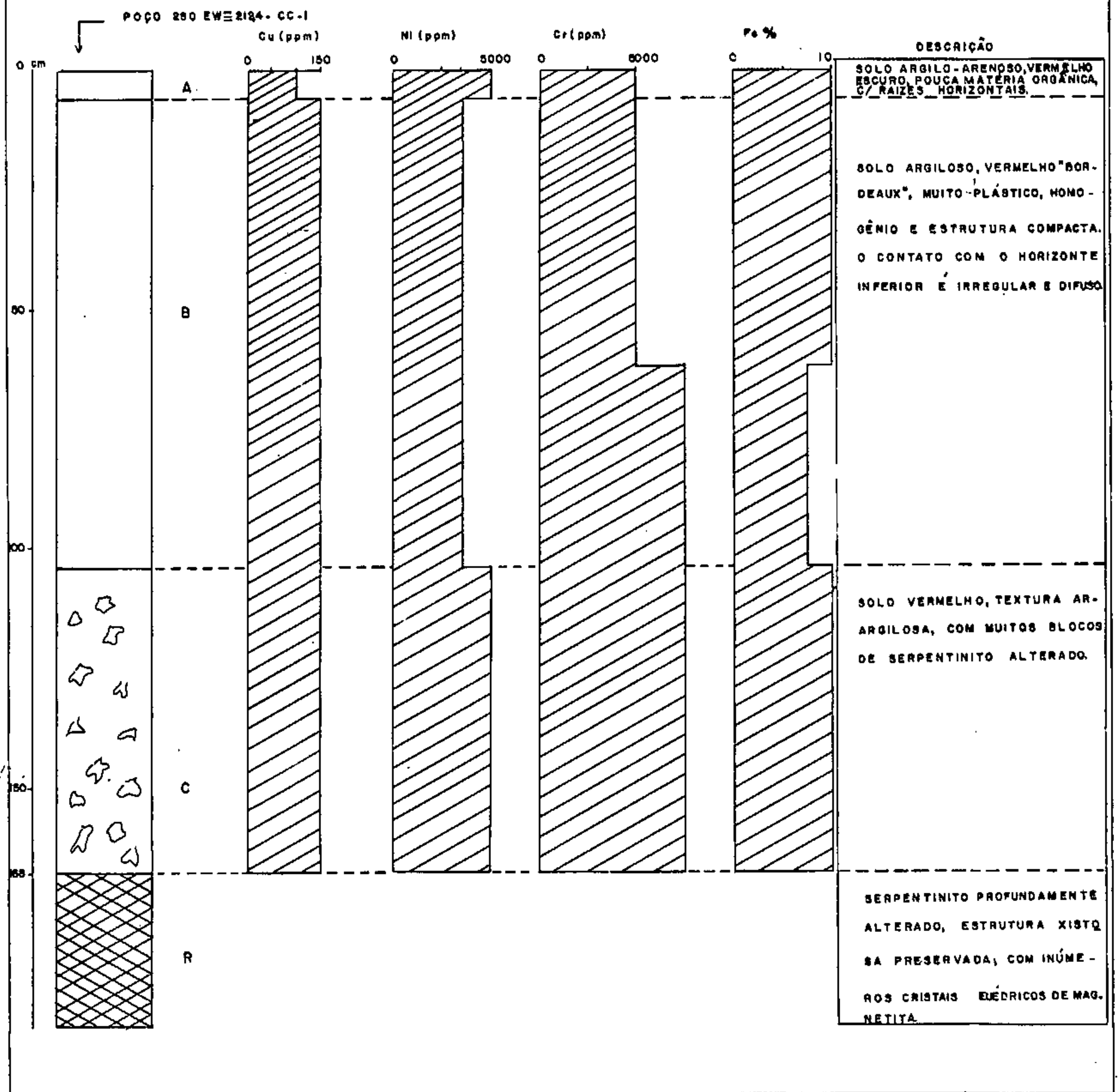
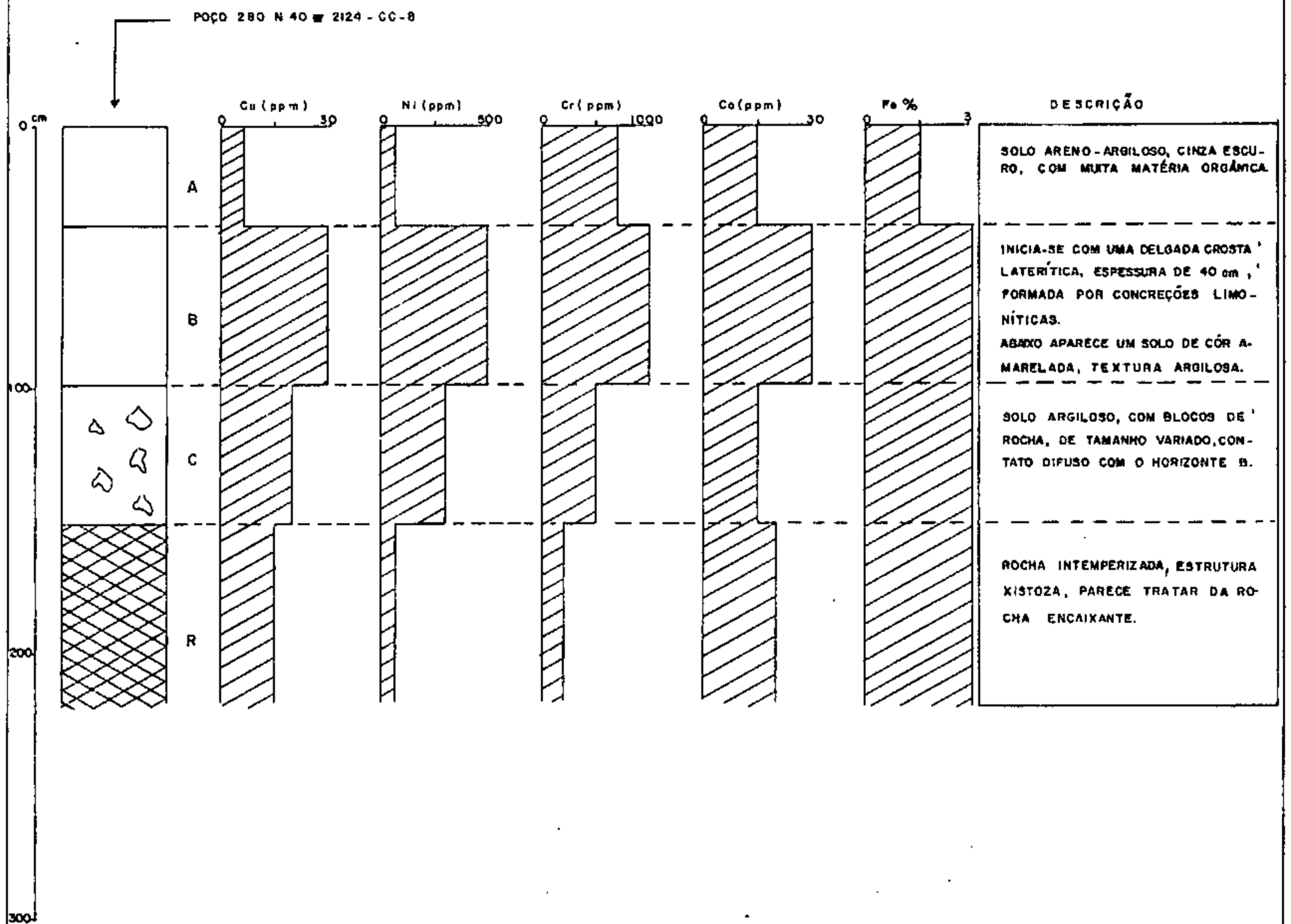


Figura.19 PERFIL DO SOLO COM A VÁRIAÇÃO DO CONTEÚDO DE Cu, Ni, Cr, Co e Fe, SEGUNDO OS SEUS DIFERENTES HORIZONTES.



(poços 280-N-40; 240-N-40; 280-N-160) verifica-se um leve acréscimo nas concentrações dos elementos investigados relativos aos horizontes A e B do solo, com uma queda brusca na zona correspondente ao "bedrock".

No extremo leste da área estudada, desenvolvem-se espessas camadas de silexitos, com espessuras superiores a 30 m, apresentando uma topografia irregular, marcada por uma sucessão de pequenos morrotes. Nesta parte desenvolveu-se um solo azonal, e de textura arenosa.

No limite leste, estes morrotes se confinam a uma zona pantanosa, com desenvolvimento local de solos hidromórficos.

#### 6.5.2.5.3. Apresentação dos Resultados

##### 6.5.2.5.3.1. Generalidades

São considerados na interpretação dos resultados, somente os elementos de filiação ultramáfica, como o Ni, Cr, Cu e Co entre os elementos traços, Fe e Mn entre os elementos maiores. Estes dois últimos serão muito úteis na avaliação de efeitos colaterais, como coprecipitação, absorção e correlação com os elementos traços.

##### 6.5.2.5.3.2. Estimativas do Limiar e "Background" Local

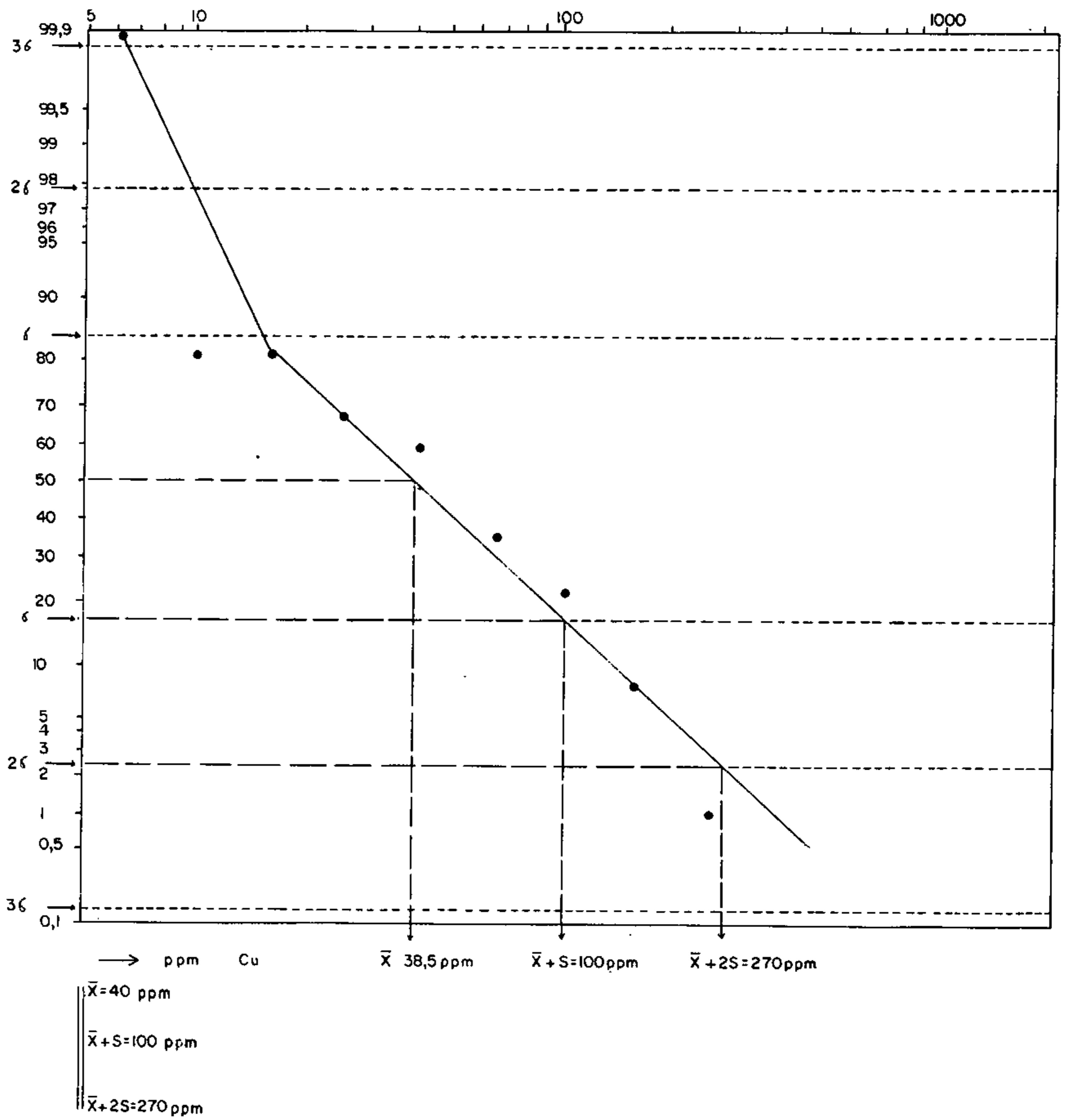
A estimativa dos valores de "background" e limiar local, constituem parâmetros essenciais nos trabalhos de prospecção geoquímica, podendo ser obtidos através de

dois modos básicos: o primeiro, mais rápido e talvez mais seguro, consiste na inspeção direta dos mapas e perfis geoquímicos; o segundo seria com base nos parâmetros estatísticos obtidos da curva de frequência acumulada, conforme estão expostos nas (Figuras 20 a 23). Para valores do "background" tem-se sugerido o uso da média aritmética ( $\bar{X}$ ) ou geométrica ou então a moda ( $\hat{X}$ ). Já o limiar é estimado pela fórmula  $L = \bar{X} + KS$ , onde  $K$  = constante arbitrária, e depende de muitos fatores intrínsecos ligados a cada área;  $S$  = desvio padrão dos dados. HAWKES & WEBB (1962), atribuem para  $K$  um valor 2 ( $K = 2$ ). Este procedimento, embora aplicável em termos gerais, não pode ser seguido rigidamente, sem prejudicar a flexibilidade da interpretação, pois efetua uma homogeneização dos dados, sem pesar as diferenças das rochas matrizes que originaram o solo.

No presente trabalho julgou-se por bem, estimar os valores de "background" e limiar em termos de "faixas de valores", conceito melhor adaptável à pesquisa preliminar, ao invés de emprestar-lhes um valor fixo e invariável, que só pode ser estabelecido com maior acúmulo de dados.

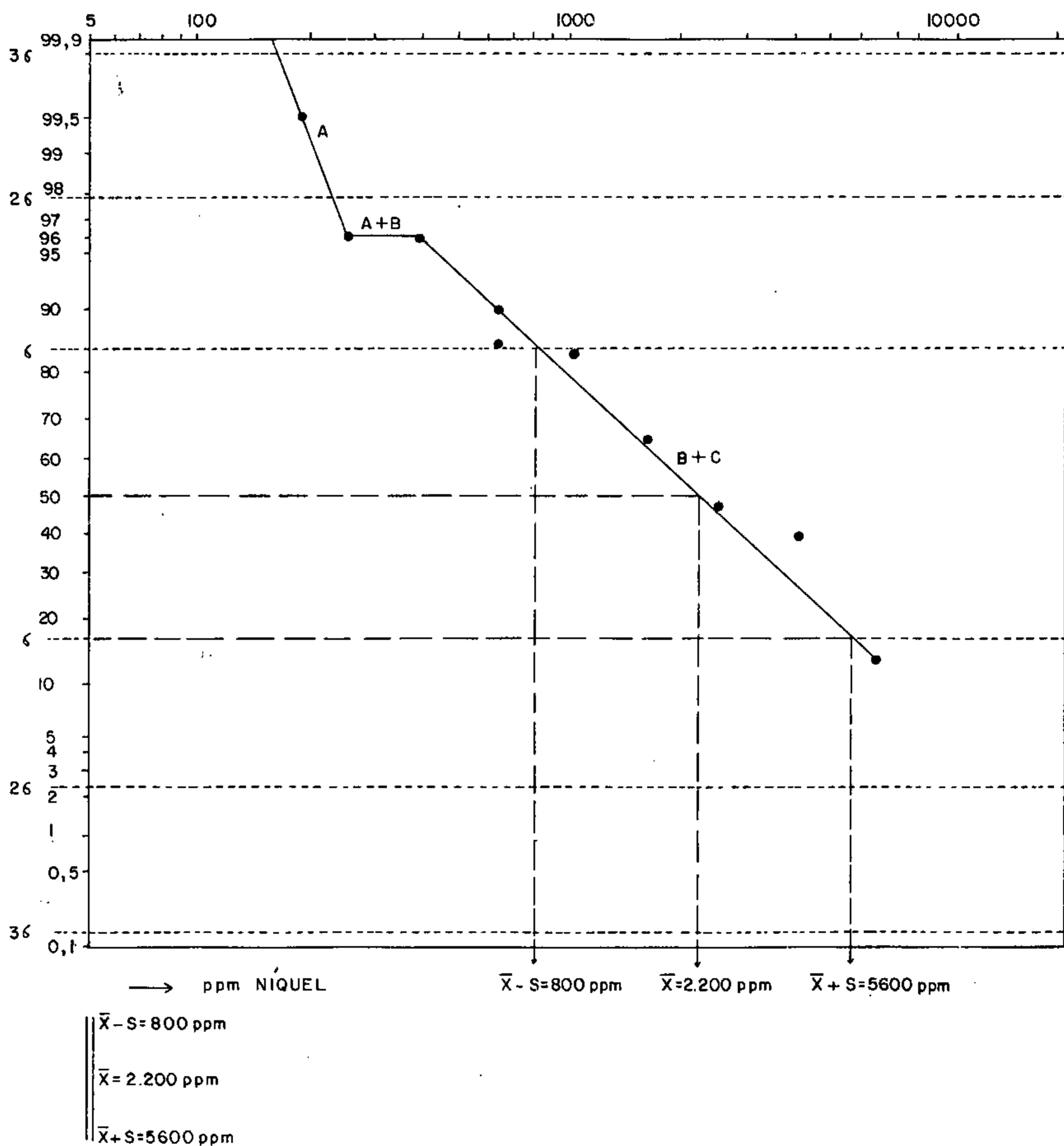
Pela análise dos dados obtidos na prospecção da área Campestre da Buritirana, o delineamento do perfil geoquímico para cobre (Figura 24) estabelece um valor mínimo de 75 ppm de Cu para o limiar local e, acima deste valor configuram-se dois picos anômalos bem nítidos. Pela fórmula de HAWKES & WEBB (op. cit.)  $L = \bar{X} + 2S$ , introduzindo na mesma, os valores  $\bar{X} = 24$  ppm e  $S = 40$  ppm obtidos através da análise do histograma e curva de frequência acumulada, obtém-se um valor de  $L \sim 100$  ppm de Cu. Localmente, este valor pode ser considerado um máximo para o limiar (Tabela VIII) só excedidos, logicamente pelas duas anomalias anteriormente refe

Figura 20 DISTRIBUIÇÃO DE FREQUENCIA CUMULATIVA DE COBRE  
 N= 94 OBSERVAÇÕES





Figuro 21 DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA CUMULATIVA DE NÍQUEL  
 N = 76 OBSERVAÇÕES



Figuro 22 DISTRIBUIÇÃO DE FREQUENCIA CUMULATIVA DE CROMO  
N= 81 OBSERVAÇÕES

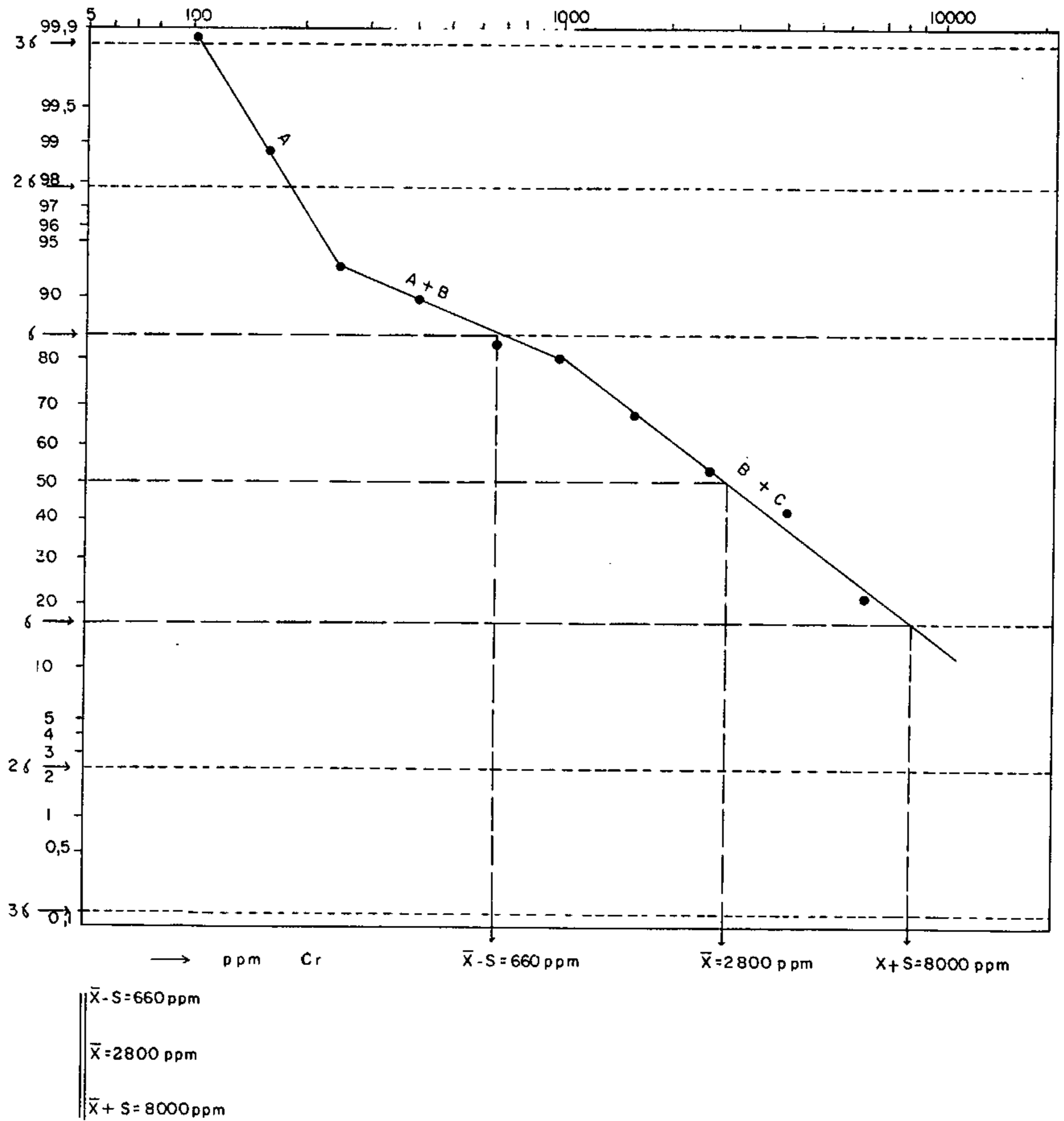


Figura 23 DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA CUMULATIVA DE COBALTO  
 N=101 OBSERVAÇÕES

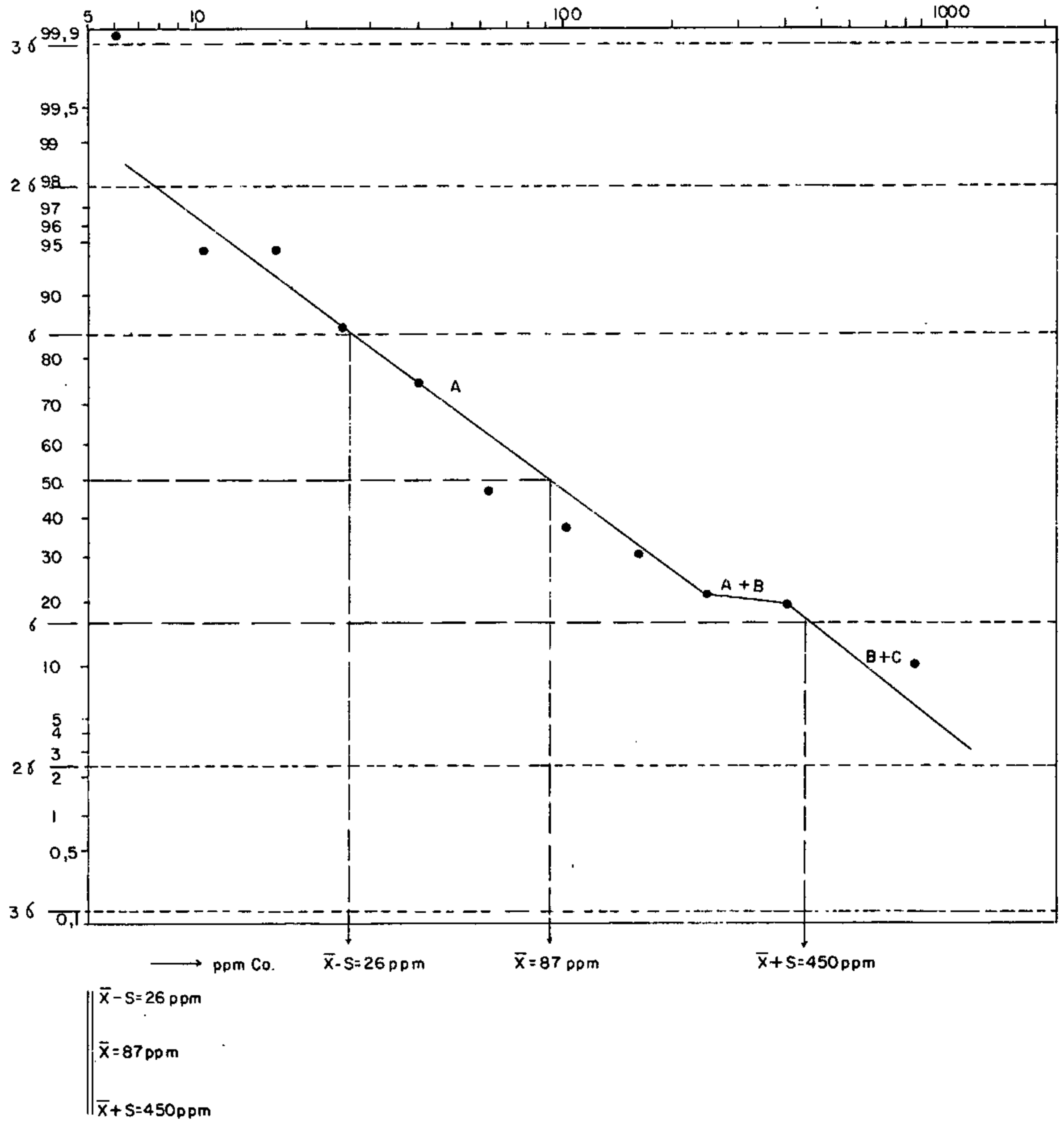
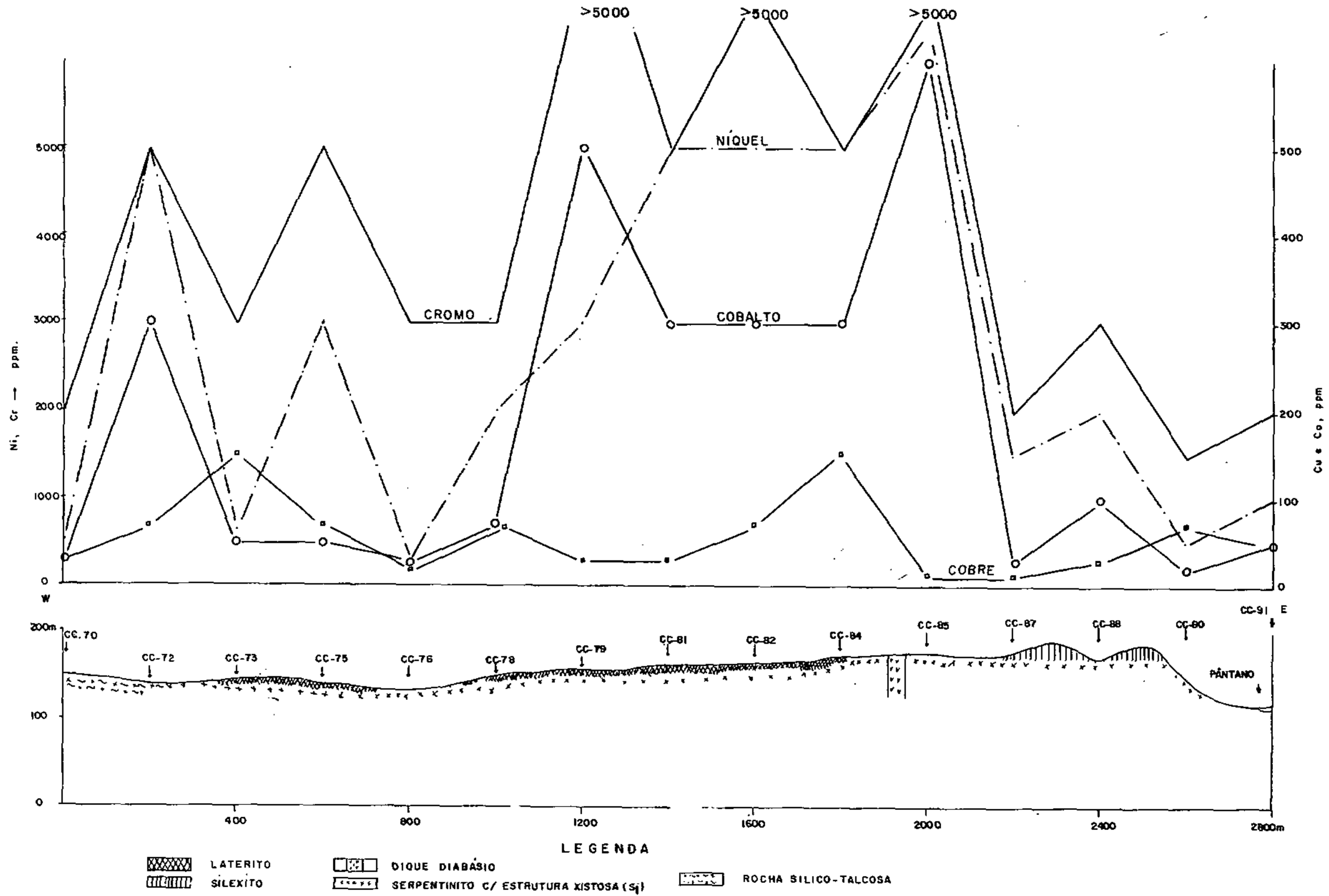


Figura 24 PERFIL GEOQUÍMICO Cu, Ni, Cr e Co NA LINHA N120



ridas. A anomalia localizada mais a leste da área, está diretamente relacionada com ocorrências de diques de diabásio (Figura 24 e Anexo XXIV), mineralizados geralmente em cobre nativo, sem no entanto apresentar interesse econômico. A outra anomalia situada mais a oeste, acha-se acima de uma zona laterítica concrecionada "duricrust". Na fase atual, pode-se sugerir apenas uma provável ligação com os fenômenos de coprecipitação do Cu pelos óxidos e hidróxidos de ferro.

TABELA VIII

Valores de "Background" e Limiar para área do Campestre da Buritirana.

PARÂMETROS ELEMENTOS	LOCAL	
	"BACKGROUND" (ppm)	LIMIAR (L) (ppm)
Cobre	24	75-100
Níquel	1580-3160	~ 4.000
Cromo	1250-3980	~ 5.000
Cobalto	30-50	~ 500

Da análise da curva de frequência acumulada, no gráfico de probabilidade (Figura 20) construído a partir da Tabela IX, obteve um valor de 270 ppm, para o limiar de Cu, que foi considerado bastante elevado. Em virtude disto este valor foi preterido em função de valores mais baixos e reais, em torno de 100 ppm. Para o "background" local foram admitidas cifras da ordem de  $\hat{X} = 32$  ppm e  $\hat{X} = 24$  ppm de cobre, obtidos a partir do histograma (Figura 25) e perfil geoquímico (Figura 24).

Figura.25 HISTOGRAMA DE 94 OBSERVAÇÕES DE COBRE.

ÁREA CAMPESTRE DE BURITIRANA.

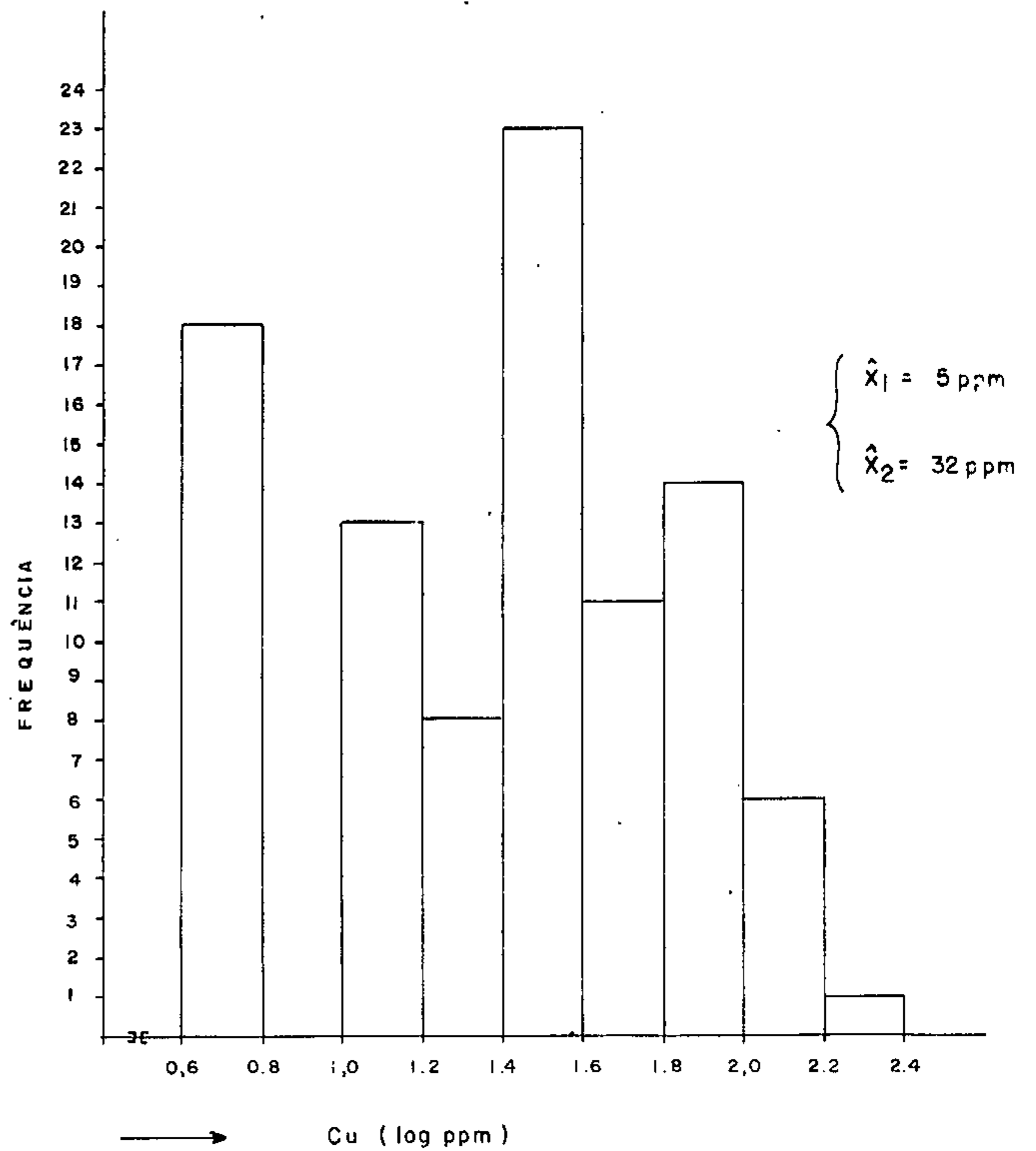


TABELA IX

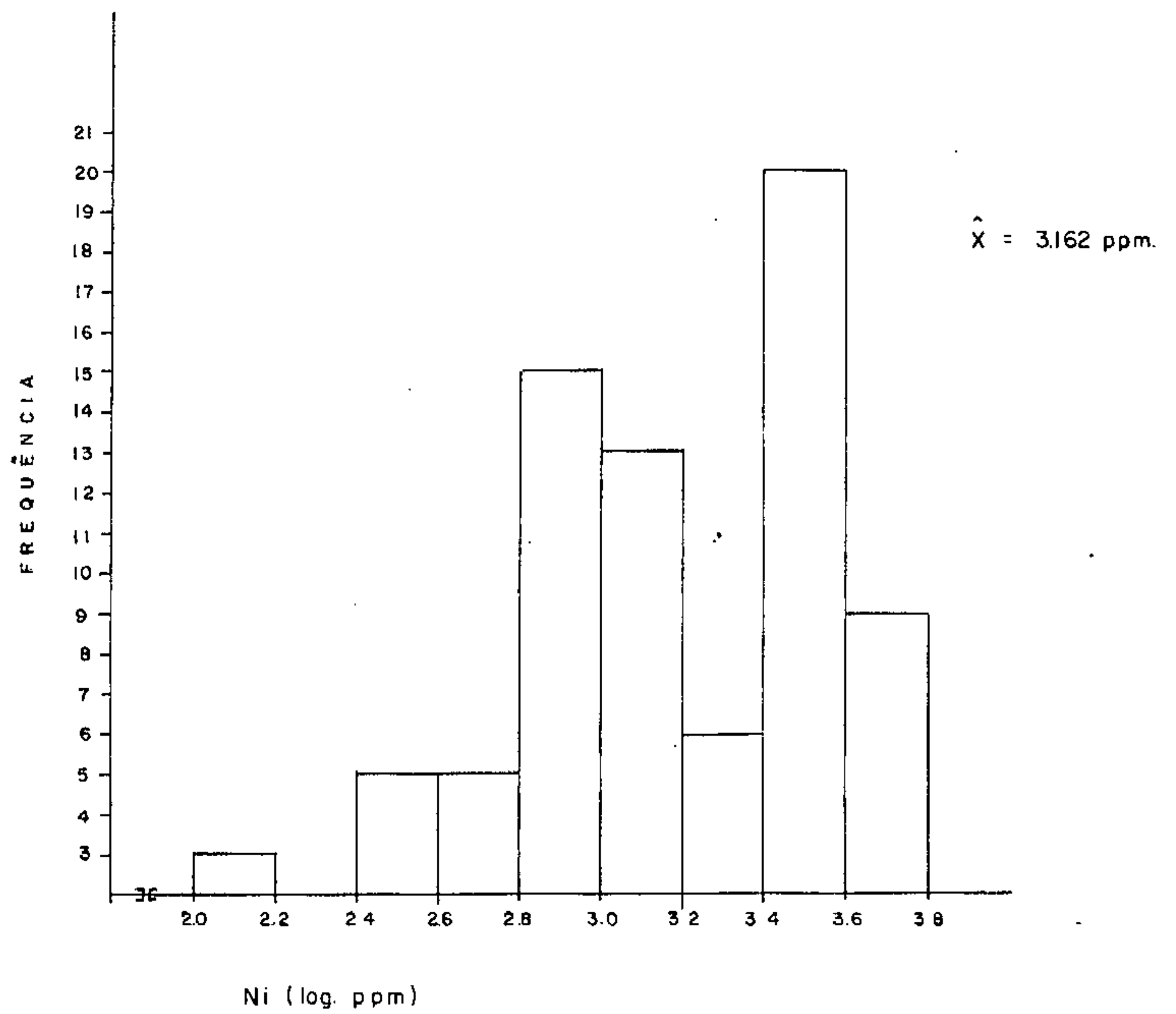
Distribuição de frequência acumulada para um conjunto de 94 observações de cobre em amostras de solo - Campestre da Burtirana.

LIMITE DE CLASSE		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA RELATIVA	FREQUÊNCIA
Log X	X	f (n)	PERCENTUAL %	ACUMULADA
0,8	6,31	18	19,14	99,96
1,0	10,00	-	-	80,82
1,2	15,95	13	13,82	80,82
1,4	25,10	8	8,51	67,00
1,6	39,80	23	24,46	58,49
1,8	63,10	11	11,70	34,03
2,0	100,00	14	14,89	22,33
2,2	160,00	6	6,38	7,44
2,4	250,00	1	1,06	1,06
		$\Sigma = 94$	$\Sigma = 99,96$	

Procedendo-se de maneira análoga para os dados relativos a níquel, obteve-se um valor de 4.000 ppm para limiar local nesta área, com base na análise dos perfís e mapas geoquímicos correspondentes (Figura 24 e Anexo XXV). A determinação do limiar pela curva de frequência acumulada (Figura 21), obtida pelos dados da Tabela X, apresentou-se muito elevado, em relação ao valor obtido pela análise visual do perfil e mapa geoquímico, que é mais real e condizente com as atuais condições da pesquisa. O "background" local obtido pela análise do histograma (Figura 26) foi da or

Figura.26 HISTOGRAMA DE 76 OBSERVAÇÕES DE NÍQUEL

EM AMOSTRAS DE SOLO ÁREA CAMPESTRE - BURITIRANA





dem de  $\bar{X} = 1585$  ppm a  $\hat{X} = 3160$  ppm.

TABELA X

Distribuição de frequência acumulada para um conjunto de 76 observações de níquel em amostras de solo do Campestre da Bu ritirana.

LIMITE DE CLASSE		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA RELATIVA PERCENTUAL	FREQUÊNCIA ACUMULADA PERCENTUAL
Log X	X	f (n)	%	
2,2	160	3	3,94	99,95
2,4	250	-	-	96,01
2,6	400	5	6,57	96,01
2,8	630	5	6,57	89,44
3,0	1000	15	19,73	82,87
3,2	1600	13	17,10	63,14
3,4	2500	6	7,89	46,04
3,6	4000	20	26,31	38,15
3,8	6300	9	11,84	11,84
		$\Sigma = 76$	$\Sigma = 99,95$	

Procedendo-se igualmente para os dados de cro mo, a análise visual dos perfís e mapas geoquímicos (Figura 24 e Anexo XXVI) forneceu um valor de 5.000 ppm de cromo, pa ra seu limiar local. Acima deste valor delineou-se vários picos anômalos, cujas intensidades correspondentes não foram avaliadas, devido à limitação do método espectrográfico em fornecer somente valores abaixo de 5.000 ppm de cromo. O li miar obtido a partir dos dados da Tabela XI e pelo modelado

da curva de frequência cumulativa (Figura 22), apresentou-se bastante elevado, sendo preterido em função do valor citado acima. A determinação do "background" local situou na faixa de 1250 e 3980 ppm obtido a partir da análise do histograma (Figura 27), perfil e mapa geoquímico correspondente (Figura 24 e Anexo XXVI).

TABELA XI

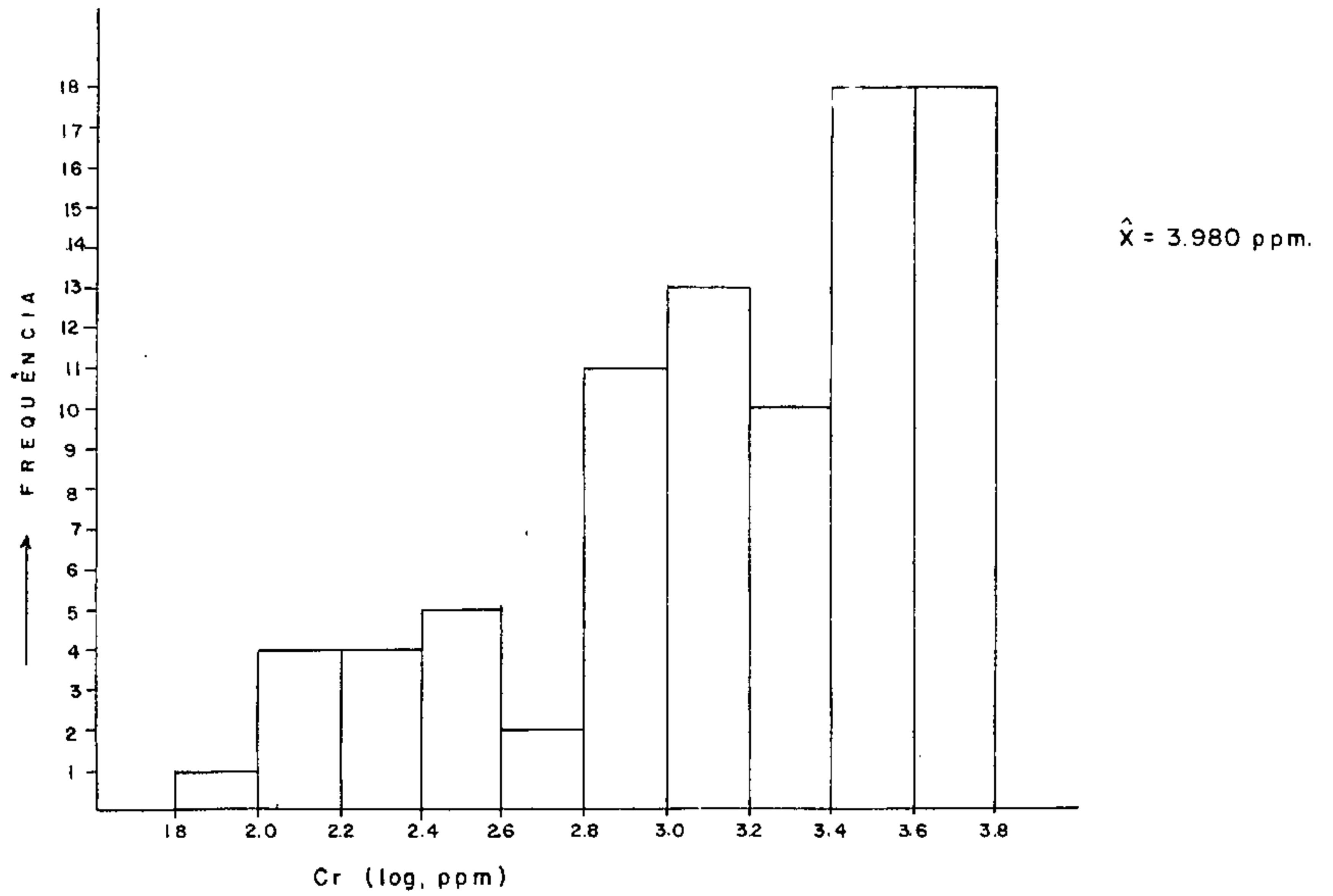
Distribuição de frequência acumulada para um conjunto de 81 observações de cromo em amostras de solo da área de Campes tre da Buritirana.

LIMITE DE CLASSE		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA RELATIVA PERCENTUAL	FREQUÊNCIA ACUMULADA PERCENTUAL
Log X	X	f (n)	%	
2,0	100	1	1,23	99,94
2,2	160	4	4,93	98,71
2,4	250	4	4,93	93,78
2,6	400	5	6,17	88,85
2,8	630	2	2,46	82,68
3,0	1000	10	12,34	80,22
3,2	1600	12	14,81	67,88
3,4	2500	9	11,11	53,07
3,6	4000	17	20,98	41,96
3,8	6300	17	20,98	20,98
		$\Sigma = 81$	$\Sigma = 99,94$	

E finalmente da análise visual do mapa (Anexo XXVII) e perfil geoquímico relativo ao cobalto (Figura 24) encontrou-se um valor de 500 ppm de Co para o seu limiar lo

Figura 27 HISTOGRAMAS DE 81 OBSERVAÇÕES DE CROMO

EM AMOSTRAS DE SOLO ÁREA CAMPESTRE - BURITIRANA



cal. Acima deste valor delineou-se um pico anômalo coincidente com as anomalias anteriormente definidas para cromo e níquel. O limiar obtido a partir da curva de frequência acumulada (Figura 23) apresentou-se bastante alto sendo também deixado à margem em função do valor citado acima. O valor definido como "background" local, foi da ordem de  $\hat{X} = 32$  a  $\bar{X} = 52$  ppm, obtidos pela análise do histograma correspondente (Figura 28).

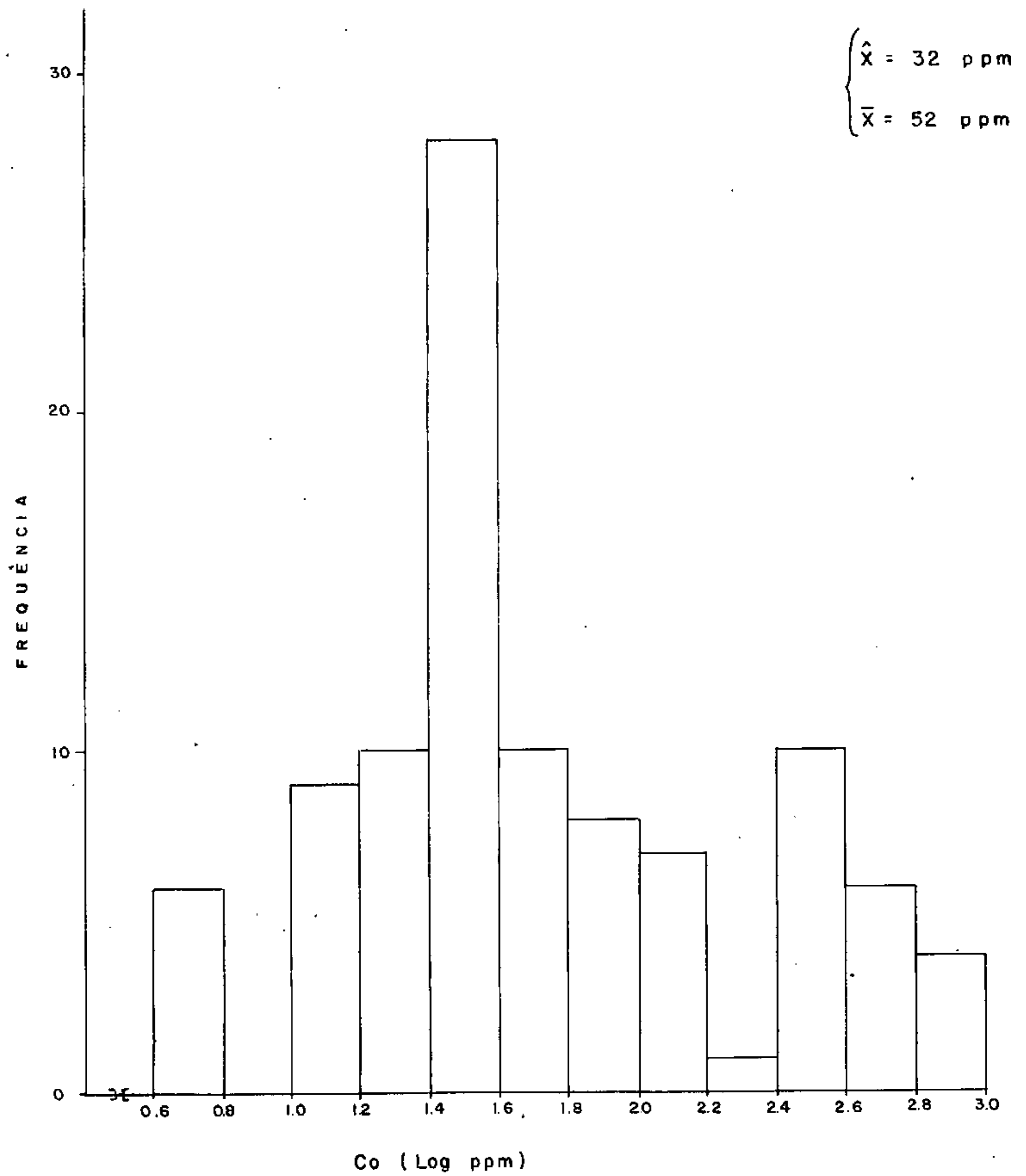
TABELA XII

Distribuição de frequência acumulativa para um conjunto de 101 observações de cobalto em amostras de solo da área do Campestre da Buritirana.

LIMITE DE CLASSE		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA RELATIVA PERCENTUAL	FREQUÊNCIA ACUMULADA PERCENTUAL
Log X	X	f (n)	%	
0,8	6,31	6	5,94	99,99
1,0	10,00	-	-	94,05
1,2	16,00	9	8,91	94,05
1,4	25,00	10	9,90	85,14
1,6	40,00	28	27,72	75,24
1,8	63,00	10	9,90	47,52
2,0	100,00	8	7,92	37,62
2,2	160,00	9	8,91	29,70
2,4	250,00	1	0,99	20,79
2,6	398,00	10	9,90	19,80
2,8	630,95	6	5,94	9,90
3,0	1000,00	4	3,96	3,96
		$\Sigma = 101$	$\Sigma = 99,99$	

Figura. 28 HISTOGRAMA DE 101 OBSERVAÇÕES DE COBALTO

EM AMOSTRAS DE SOLO ÁREA CAMPESTRE DE BURITIRANA.



### 6.5.2.5.3.3. Avaliação do Contraste Geoquímico

Logo de início selecionou-se 10 amostras, das quais 9 (nove) consideradas potencialmente anômalas e 1 (uma) desprovida completamente da influência do "padrão" local, considerada como de baixo "background".

A seguir foi solicitada a preparação destas amostras nas seguintes frações granulométricas: - 60 + 80 mesh; - 80 + 150 mesh; - 150 mesh e - 80 mesh. Com a finalidade de selecionar a fração do solo que proporcionasse o melhor contraste.

A partir dos resultados analíticos obtidos, revelados nas Tabelas (XIII a XVI), registrou-se um melhor contraste na fração - 80 mesh, excetuando para o conteúdo em cobre, que apresentou melhor contraste na fração - 60 + 80 mesh (Tabela XVI).

Para o conteúdo de cromo, (Tabela XV) a fração - 150 mesh apresentou um elevado contraste, provocando logicamente algumas controvérsias, pois a tendência normal do cromo é concentrar-se nas frações mais grosseiras do solo. Uma explicação plausível para este fato, seria que esta região esteve submetida a paleo-climas diferentes do atual, existindo a possibilidade de que em climas pretéritos, houve condições de semi-aridez nesta região, com uma atuação destacada dos agentes eólicos, provocando uma degradação física, e redução gradativa dos grãos de cromita.

TABELA XIII

Conteúdo de cobre em diferentes frações granulométricas do solo - área do Campestre da Buritirana.

FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA (mesh)	AMOSTRAS DE "BACKGROUND" (ppm) (B)	AMOSTRAS ANÔMALAS (ppm) (A)	CONTRASTE A/B
- 60 + 80	30	75	2,50
- 80 + 150	50	54,4	1,08
- 150	30	56,11	1,87
- 80	30	60,62	2,02

TABELA XIV

Conteúdo de níquel em diferentes frações granulométricas de solo - área do Campestre da Buritirana.

FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA (mesh)	AMOSTRAS DE "BACKGROUND" (ppm) (B)	AMOSTRAS ANÔMALAS (ppm) (A)	CONTRASTE A/B
- 60 + 80	30	1.844,4	61,48
- 80 + 150	30	1.433,3	47,77
- 150	30	1.755,5	58,51
- 80	20	2.400	120

TABELA XV

Conteúdo de cromo em diferentes frações granulométricas do solo - área do Campestre da Buritirana.

FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA (mesh)	AMOSTRAS DE "BACKGROUND" (ppm) (B)	AMOSTRAS ANÔMALAS (ppm) (A)	CONTRASTE A/B
- 60 + 80	300	2.777,7	9,25
- 80 + 150	200	2.777,7	13,88
- 150	200	2.833,3	14,16
- 80	150	3.437,0	22,91

TABELA XVI

Conteúdo de Cu, Ni, Cr e Co em diferentes frações granulométricas em solo residual - área do Campestre da Buritirana.

FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA (mesh)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	Co (ppm)
- 60 + 80	70,5	1.163	2.530	187,5
- 80 + 150	54,0	1.293	2.520	160,5
- 150	53,5	1.583	2.570	151,5
- 80	57,2	2.135	3.072	100,5



#### 6.5.2.5.3.4. Avaliação da Variância Analítica e de Amostragem

Para se medir a segurança das técnicas empregadas no estudo geoquímico, torna-se necessário usar amostras em duplicatas. Se se deseja conhecer o erro cometido na ocasião da coleta de amostra no campo, é necessário coletar 2 (duas) ou mais amostras, na mesma estação. Estas amostras devem ser tratadas igualmente, durante a preparação e análise. De posse dos resultados analíticos, compara-se cada par de amostras e aplica-se o teste estatístico do t de "Student".

No caso foram recolhidas aleatoriamente 19 amostras em duplicatas (Tabela XVII), preparadas numa fração de - 80 mesh, e analisadas pelo método espectrográfico.

Pela aplicação do teste t de "Student", pode-se ver se as diferenças entre os resultados dentro dos pares tem uma média igual a zero. As diferenças são calculadas na Tabela XVIII e são obtidas pela expressão:

$$Y_i = Y_{1j} - X_{2j}$$

A média desse conjunto é dado pelo seguinte:

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} \text{ onde } n = \text{número de amostras do conjunto.}$$

A variância do conjunto é fornecida pela expressão:

$$S_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum (Y_i - \bar{Y})^2$$

A variância da média das diferenças é estimada pela expressão:

$$S \frac{2}{Y} = \frac{S_y^2}{n}$$

TABELA XVII

Teores Cu, Ni, Cr, Co, Fe e Mn nos Solos da Área Campestre da Buritirana em Duplicata de Amostragem para Verificação do Erro de Amostragem.

AMOSTRAS	ELEMENTOS											
	Cu (ppm)		Ni (ppm)		Cr (ppm)		Co (ppm)		Fe %		Mn (ppm)	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
2124-CC- 2	10	10	700	700	700	1000	30	30	3	3	700	700
2124-CC- 7	30	20	700	700	1500	1500	70	50	5	7	700	700
2124-CC- 9	10	5	20	20	100	70	5	5	2	1,5	150	150
2124-CC-12	5	10	10	15	70	70	10	20	2	2	150	200
2124-CC-13	10	5	150	70	700	700	20	15	1,5	1,5	300	500
2124-CC-16	200	200	3000	5000	2000	1500	30	30	5,0	5,0	1000	1500
2124-CC-18	20	20	300	300	700	1000	20	20	3,0	3,0	700	500
2124-CC-21	5	5	1000	1500	2000	3000	50	70	5,0	7,0	1000	1000
2124-CC-24	50	50	3000	3000	5000	5000	300	300	7,0	7,0	1000	1500
2124-CC-27	30	30	3000	3000	5000	5000	300	300	7,0	7,0	2000	1500
2124-CC-28	5	10	300	500	700	1500	30	30	3,0	3,0	150	200
2124-CC-30	30	70	5000	5000	5000	5000	500	700	7,0	15,0	1500	1500
2124-CC-33	30	30	5000	3000	5000	5000	500	300	15	10,0	1000	1500
2124-CC-47	70	50	3000	3000	5000	5000	700	700	15	15	2000	1500
2124-CC-49	30	30	1500	700	5000	3000	150	70	7	7	1500	1500
2124-CC-53	30	30	3000	3000	5000	5000	150	70	7	10	1500	1500
2124-CC-73	150	150	700	500	3000	3000	50	30	7	7	1000	1000
2124-CC-76	20	30	300	700	3000	3000	30	50	5	7	1500	1500
2124-CC-79	30	30	3000	3000	5000	5000	500	300	10	10	1500	1500

E finalmente chega-se ao teste de  $t$  de "Student", que é obtido pela fórmula:

$$t = \frac{\bar{Y}}{S_{\bar{Y}}} \quad \text{onde} \quad \begin{cases} \bar{Y} = \text{médias das diferenças} \\ S_{\bar{Y}} = \text{desvio padrão} \end{cases}$$

Em estatística, se deseja decidir que um processo é melhor do que o outro, formula-se a hipótese de que não há diferença entre eles, isto é, que quaisquer diferenças observadas sejam devidas meramente à flutuação das amostras provenientes da mesma população. Essa hipótese é denominada nula e representa-se  $H_0$ . No caso para testar a hipótese nula  $H_0: \mu_y = 0$  e aplica o teste  $t$  de "Student" com  $n-1$  graus de liberdades e um nível de significância ( $\alpha$ ) de 0,05.

As diversas operações e cálculos destes parâmetros são mostradas na Tabela XVIII.

O valor de  $t$ , tirado da tabela de SPIEGEL (1972) é da ordem de  $t(0,025 \ 18) = 2,10$ . Enquanto que o valor de  $t$  calculado é  $t = -0,240$ . Diante deste resultado, observa-se que o valor calculado a partir do conjunto, situa-se dentro da área de aceitação (Figura 29), concluindo-se portanto que não existem diferenças significativas entre os dois conjuntos de amostras, e por conseguinte o erro de amostragem juntamente com o analítico, estão compreendidos nos limites de aceitação. Deste modo os resultados analíticos merecem confiança, quando solicitados aos trabalhos de prospecção.

As amostras da Tabela XIX foram desdobradas no laboratório, por ocasião da preparação, e cada amostra foi subdividida em duas replicatas ( $A_1$  e  $A_2$ ). A finalidade desse desdobramento é avaliar o erro analítico, de modo isola

Figura .29 GRÁFICO DA DISTRIBUIÇÃO DE "STUDENT"  $t$ , COM 18 GRAUS DE LIBERDADE, E UM NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA ( $\alpha$ ) 0.05.

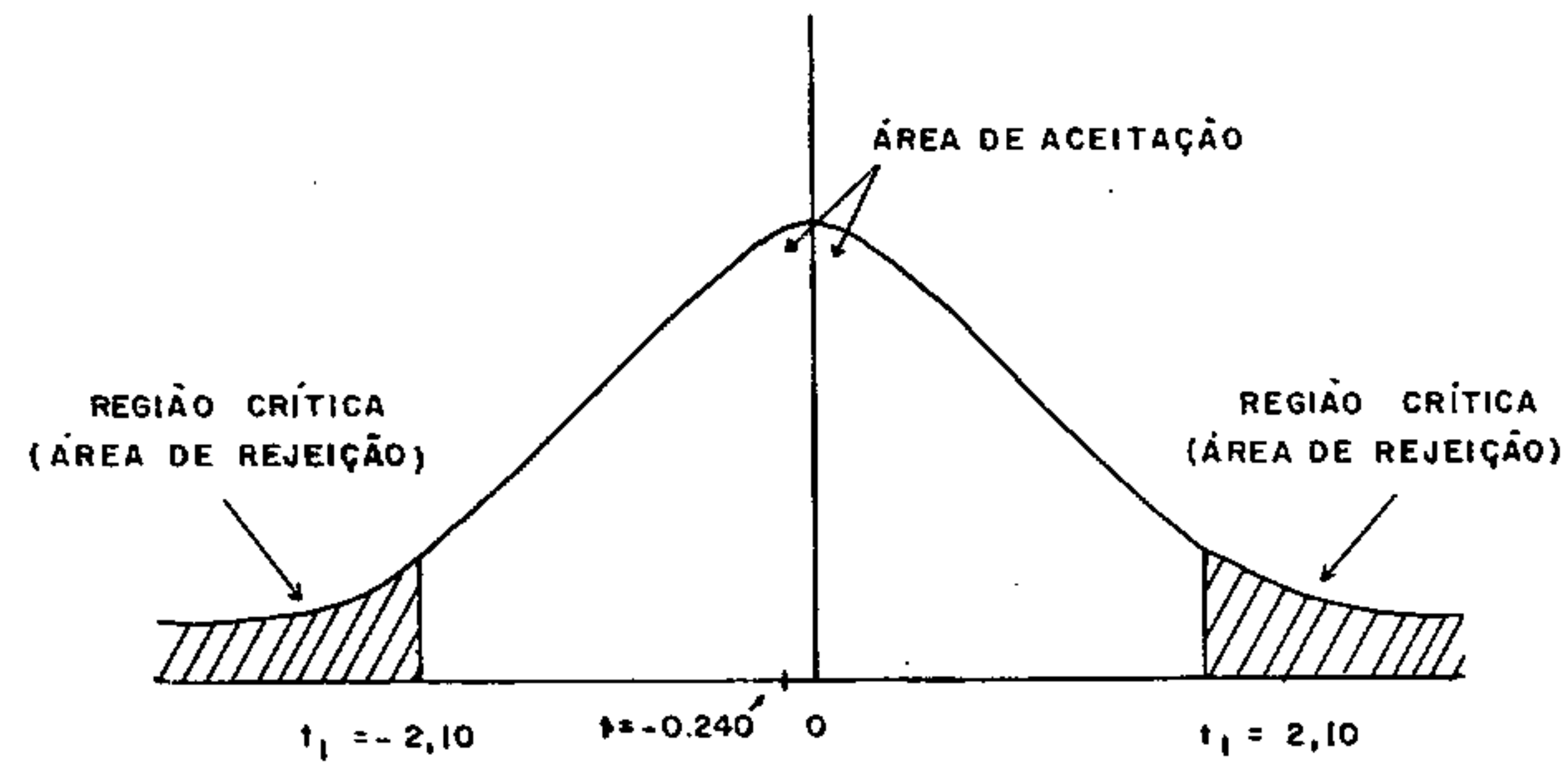


TABELA XVIII

PARES	DUPLICATAS		DIFERENÇA
	$X_{1j}$	$X_{2j}$	$Y_i = X_{1j} - X_{2j}$
1	10	10	0
2	30	20	10
3	10	15	- 5
4	5	10	- 5
5	10	5	5
6	200	200	0
7	20	20	0
8	5	5	0
9	50	50	0
10	30	30	0
11	5	10	- 5
12	30	70	- 40
13	30	30	0
14	70	50	20
15	30	30	0
16	30	30	0
17	150	150	0
18	20	30	- 10
19	30	30	0
			$\sum Y_i = - 30$

do, isto é, o erro devido somente ao emprego da técnica espectrográfica usada. Pela simples observação dos resultados, contidos na Tabela XIX nota-se um alto grau de reprodutibilidade do método analítico empregado, atingindo quase 100%. E por conseguinte, não existem diferenças significativas entre os pares, das amostras desse conjunto.

CÁLCULOS:

$$\sum Y_i = - 30$$

$$\sum Y_i^2 = 2300$$

$$(\sum Y_i)^2 / n = 47,36$$

$$\sum (Y_i - \bar{Y})^2 = 2300 - 47,36 = 2252,64$$

CÁLCULO DA VARIÂNCIA:

$$s_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum (Y_i - \bar{Y})^2 = \frac{2252,64}{18} = 125,14$$

A VARIÂNCIA DA MÉDIA DAS DIFERENÇAS:

$$s_{\frac{2}{Y}} = \frac{s_y^2}{n} = \frac{125,14}{19} = 6,58$$

O TESTE  $t$  DE "STUDENT" É DADO POR:

$$t = \frac{\bar{Y}}{s_{\frac{2}{Y}}} = \frac{-1,58}{6,58} = 0,240$$

$t = - 0,240$
---------------

Das Tabelas de  $t$  (SPIEGEL)  $t(0,025,18) = 2,10$

TABELA XIX

Teores de Cu, Ni, Cr, Co, Fe e Mn nos Solos da Área Campestre da Buritirana em Replicata de Amostragem para Aquilatar a Variância Analítica.

AMOSTRAS	ELEMENTOS											
	Cu (ppm)		Ni (ppm)		Cr (ppm)		Co (ppm)		Fe %		Mn (ppm)	
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
2124-CC-17	50	50	700	700	1500	2000	50	50	7	7	1000	700
2124-CC-22	30	30	2000	3000	3000	3000	300	300	10	10	1500	1500
2124-CC-25	5	5	5000	5000	3000	3000	200	300	7	10	1000	1500
2124-CC-29	10	10	500	500	700	700	30	50	5	7	300	300
2124-CC-36	5	5	70	70	300	300	15	15	3	3	200	150
2124-CC-38	100	100	300	300	500	500	30	30	5	5	500	500
2124-CC-44	50	50	3000	3000	2000	3000	70	70	7	7	1500	1500
2124-CC-48	70	70	3000	3000	5000	5000	500	500	15	15	2000	2000
2124-CC-50	50	70	3000	5000	5000	5000	500	300	10	10	1500	1500
2124-CC-54	50	50	3000	3000	3000	5000	70	70	10	10	1500	1500

#### 6.5.2.5.4. Interpretação

##### 6.5.2.5.4.1. Histogramas e Curvas de Frequências Acumuladas

Nas Figuras (20-23 e 25-28) estão representados os histogramas e curvas de frequências acumulativas de cobre, níquel, cromo e cobalto, relativos aos dados da área em estudo.

Da análise das formas dos histogramas e das curvas de frequências acumulativas pode-se emitir as seguintes interpretações:

#### COBRE

O histograma relativo ao cobre (Figura 25) revelou uma distribuição bimodal. A primeira moda  $\hat{X}_1 = 5$  ppm, está diretamente relacionada a população regional, que é formada por rochas encaixantes e sillexitos, enquanto a segunda moda, de valor mais elevado  $\hat{X}_2 = 32$  ppm, apresenta maior chance de corresponder também a uma população regional, mas acrescida de uma dispersão local de cobre. Esta segunda população pode estar relacionada a processos hipógenos, correspondente a mineralização de Cu nativo, dispersa em diques de diabásio.

A disposição da curva de frequência acumulativa (Figura 20) também justifica plenamente este fato. Pela sua análise nota-se a intersecção de retas com declividades diferentes, evidenciando segundo WILLIAMS (1967) a presença de mais de uma distribuição lognormal. Para cada ramo da reta poderia ser considerada uma população que se adapta à lei lognormal.



## NÍQUEL, CROMO E COBALTO

Da observação das Figuras (21 a 23) notou-se que as curvas de frequência acumulativa, acham-se definidas por retas com várias declividades e segundo TENNANT & WHITE (1959), WILLIAMS (1967) a explicação é devida à presença de uma população múltipla, proveniente de duas ou mais distribuições lognormais originais. As análises destas curvas de frequências de distribuições complexas, são feitas, considerando de início a população principal de "background" que se mistura com as outras populações de distribuição mais reduzidas, como é o caso da população anômala. No diagrama das Figuras (21 a 23) o braço A corresponde a população de baixo "background", que está representada na área pelas rochas encaixantes e silexitos. Enquanto o braço A + B, representa uma mistura das populações de baixo "background" com população oriunda de amostras do alto "background". Esta mistura corresponderia na área as zonas de contato da rocha encaixante com o corpo de serpentinito; e também as rochas sílico-talcosas e sílico-carbonáticas. E finalmente a população definida pelo braço B + C que corresponderia às zonas de alto "background" misturada com a população anômala, cuja delimitação é essencial no reconhecimento de ações mineralizantes na área. Esta parte da curva, corresponderia a zona de afloramento dos corpos ultrabásicos, propriamente ditos, representados na área, por serpentinitos e seus produtos normais de alteração.

Quanto à análise dos histogramas de Cromo e Níquel (Figuras 26 e 27), apresentou-se truncado à direita, em virtude do grande número de amostras, que apresentarem valores acima do limite de detecção, permitido pelo método espectrográfico. Isto foi prejudicial e limitou em muito as tec

nicas estatísticas empregadas, impossibilitando até mesmo, a separação das populações correspondentes ao alto "background" das populações anômalas possivelmente relacionadas a mineralizações.

Na Tabela XX foram relacionados alguns parâmetros estatísticos a partir da análise dos histogramas e das curvas de frequência acumulativa para essas distribuições amostrais. Na determinação destes parâmetros, foram seguidas as diretrizes expostas por LEPELTIER (op. cit.) e o coeficiente de variação foi estimado pela razão  $\frac{S}{\bar{X}}$ , onde S=desvio padrão e  $\bar{X}$  média aritmética dos dados.

TABELA XX  
PARÂMETROS ESTATÍSTICOS

ELEMENTO		COBRE	CROMO	NÍQUEL	COBALTO
PARÂMETRO					
Média	$\bar{X}$	~24	1230	1585	52
Variança	$S^2$	285	174	37	269
Desvio Padrão	S	40	32	18	36
Moda	$\hat{X}$	5,32	3980	3160	32
Coeficiente de Variação	C	1,666	0,026	0,011	0,692

#### 6.5.2.5.4.2. Mapas e Perfís Geoquímicos

A interpretação dos mapas e perfís geoquímicos

forneceu alguns parâmetros, que permitiram definir em parte o comportamento dos elementos investigados, bem como possibilitou o reconhecimento do significado real de algumas anomalias, e tecer alguns comentários acerca da dispersão secundária dos elementos, bem como as possíveis mineralizações associadas.

Dos elementos analisados, somente o cobre, níquel, cromo e cobalto foram selecionados para investigações mais detalhadas, com a confecção de mapas e perfis geoquímicos correspondentes. Isto deveu-se em parte à procura destes elementos nesta área, e também pela invariável filiação genética, com rochas ultrabásicas ou correlatas.

#### COBRE

Analisando a distribuição dos valores de cobre, observou-se a ocorrência de 6 máximos de concentrações, que estão bem delineados no mapa geoquímico (Anexo XXIV) com valores acima de 100 ppm. 4 (quatro) destes alvos geoquímicos, situados no centro leste da área apresentaram um eixo de concentração máxima numa direção N30°W. Em superposição aos dados geoquímicos, observou-se uma concordância bem nítida com as ocorrências, na mesma zona de diques de diabásio com cobre nativo, com aquela mesma direção. Então estas anomalias são halos de dispersão proveniente da alteração destes corpos básicos, com Cu nativo na sua estrutura.

Somente uma anomalia situada no canto NW da área investigada, não se acha relacionada a diques de diabásio. Neste ponto verificou-se a ocorrência de um latossolo de cor vermelha, em que o horizonte "B" encontra-se bastante endurecido (duripan), formando uma carapaça limonítica contínua. Esta anomalia pode ser atribuída ao produto da coprecipitação do cobre pelos óxidos e hidróxidos hidratados de fer

ro, como a limonita e goetita. Este processo de coprecipitação, pode levar às vezes, à formação de "anomalias deslocadas" ou falsas anomalias.

Pela análise do perfil geoquímico (Figura 24) observa-se uma assimetria levógiira do pico anômalo de Cu, associado a ocorrência do dique de diabásio. Este deslocamento provavelmente está relacionado a fenômenos de aprisionamento do Cu por argilas de alto poder de fixação catiônica e alta capacidade de troca, como as argilas do grupo das montmorilonitas. O outro pico anômalo, ocorre na parte oeste da área, e parece estar relacionado aos processos de laterização do solo.

#### NÍQUEL, CROMO E COBALTO

Com relação a estes elementos observa-se uma perfeita concordância, dos máximos e mínimos de concentrações nos mapas e perfís geoquímicos correspondentes. Isto vem em favor de uma mesma filiação genética ligada aos processos resultantes da intrusão ultrabásica.

No caso do conteúdo de níquel, para a área investigada, delineou-se vários máximos de concentrações, dispostos irregularmente (Anexo XXV), e com a zona de maior concentração situada no centro-leste da área.

Pela análise do perfil geoquímico (Figura 24) verificou-se que esses máximos de concentrações, coincidem com a zona de ocorrência de um latossolo vermelho, apresentando o horizonte "B" endurecido em forma de "duricrust". As amplas dimensões dos padrões anômalos que recobrem vastas áreas, vão em favor de anomalias diretamente relacionadas com a dispersão provocada pelo intemperismo de rochas com alto conteúdo em níquel, como é o caso do serpentinito e de ro

chas afins. Este fato é contrário aos padrões anômalos, esperados na detecção de depósitos sulfetados, que são reduzidos e confinados a áreas de pequenas dimensões.

O mapa de isopletas de cromo (Anexo XXVI) também apresentou o mesmo "pattern" demonstrado no mapa de níquel. Os halos anômalos recobrem amplas áreas com um "trend", de direção E-W, coincidindo perfeitamente com as estruturas geológicas locais. O cromo provavelmente acha-se no solo na forma do seu resistato normal, que é a cromita, enquanto o níquel parece coprecipitado juntamente com os hidróxidos hidratados de ferro (limonita) e absorvido pelas argilas. A apreciação das anomalias de cromo e níquel é bastante sacrificada pelo método analítico empregado, onde se verifica um truncamento nas amostras com valores acima de 5.000 ppm para Ni e Cr. Isto impossibilitou o cálculo da intensidade real das anomalias; expressada em termos de "peak values".

As concentrações de cobalto no solo (Anexo XXVII) seguiram em linhas gerais as mesmas tendências reveladas pelo cromo e níquel, com os pontos anômalos de cobalto superpondo-se inteiramente aos halos anteriormente definidos para cromo e níquel.

#### 6.5.2.5.5. Conclusões e Recomendações

Os resultados da prospecção geoquímica na área investigada, comprovaram a possibilidade de se utilizar a associação Ni-Cr-Co, no delineamento de corpos ultrabásicos.

As áreas com distribuição de níquel > 4.000 ppm, cromo > 5.000 ppm e cobalto > 500 ppm, definem áreas de ocorrência

rências de serpentinito normal, enquanto as áreas que apresentaram concentrações compreendidas entre 300-400 ppm de níquel; 500-5.000 ppm de cromo e 50-500 ppm de cobalto delimitam zonas de ocorrências dos derivados do serpentinito, como rocha sílico-talcosa, rocha sílico-carbonática, talcoxisto e contato corpo ultramáfico/rochas encaixantes. Finalmente as áreas de baixo "background" local, estão representadas por valores < 500 ppm, em cromo; < 200 ppm em níquel e < 50 ppm de cobalto (Anexos XXV, XXVI e XXVII), que demarcam as zonas de rochas encaixantes, formadas por rochas filitosas que ocorrem "arqueadas" no meio da sequência ultrabásica, constituindo verdadeiros "roof-pendants".

O processo de talcificação das rochas ultramáficas parece posterior ao processo de serpentinação, tendo agido nesta área como fator dispersante do níquel. Isto é explicado pela redução sensível no teor de níquel, nas áreas de ocorrências dos derivados talcificados, quando comparadas com as áreas do serpentinito normal.

Do ponto de vista geoquímico os resultados da análise dos mapas e perfís mostraram uma discordância pronunciada entre os padrões revelados pela associação Ni-Cr-Co, e os padrões obtidos pela distribuição de Cu. Isto parece ter explicação na origem da fonte supridora, que para o cobre está ligada quase que exclusivamente a uma filiação básica, representada pelos processos que resultaram na formação dos diques de diabásio, enquanto a associação Cr-Ni-Co resultou dos processos ligados à formação dos corpos ultrabásicos, representados na área pelos seus produtos normais de alteração, como serpentinitos, serpentinitos talcificados e serpentinitos calcíferos.

Com os resultados expostos, as chances de se de

tectarem na área mineralizações cupríferas de natureza sulfetada, associadas com rochas ultramáficas são remotas.

O conteúdo de níquel na área estudada, acha-se diretamente ligado à ocorrência do serpentinito, pois verificou-se que as maiores concentrações estão localizadas no latossolo residual e no saprólito do serpentinito. As chances de se recuperar "níquel laterítico" nesta área é praticamente nula, devido a extrema imaturidade do solo, com o horizonte B em formação e a espessura do solo não ultrapassando de 1 a 2 metros.

Outras conclusões que podem ser tiradas deste trabalho foi a determinação de alguns parâmetros, indispensáveis ao desenvolvimento de futuros trabalhos geoquímicos, em áreas vizinhas ou correlatas. Determinou-se que a fração granulométrica do solo, que apresentou melhor contraste foi de - 80 mesh, excetuando-se para distribuição de cobre onde o maior contraste na fração - 60 + 80 mesh, bem superior à fração granulométrica - 80 mesh. Era de se esperar um contraste maior de cobre nas frações mais finas do solo, o que não ocorreu. Este fato carece de maiores estudos para que se possa emitir uma explicação convincente.

#### 6.5.2.6. Área I - Morro do Rio Jenipapó

##### 6.5.2.6.1. Introdução

O motivo principal que norteou a efetivação deste trabalho foi, em primeiro plano a descoberta de uma ocorrência com mineralizações de cobre, representada por seus derivados supergenéticos normais, como a malaquita e azurita. Então, de posse desta ocorrência conhecida programou-se uma

rede de amostragem com a finalidade de estabelecer parâmetros verdadeiramente anômalos, inerentes à dispersão secundária do cobre.

No local da ocorrência foi aberta uma trincheira, com objetivo de se aquilatar as potencialidades desta mineralização, quanto à sua extensão tanto lateral como em profundidade, e estudar o perfil pedológico local e seu relacionamento com a mineralização.

#### 6.5.2.6.2. Descrição da Área

##### 6.5.2.6.2.1. Solos

Apesar de suas dimensões reduzidas, a área em estudo apresenta vários tipos de solos, ligados em princípio à distribuição litológica e ao modelado topográfico.

Nas zonas mais altas geralmente coroadas por uma capa de silexito, desenvolveu-se um solo com textura arenosa e areno-argilosa, com perfil imaturo, azonal, e ausência total de matéria orgânica e espessura em torno de 40 cm.

Nos flancos desses morrotes, em posição de baixamento afloram rochas calco-silicáticas e/ou sílico-carbonática, desenvolvendo-se um solo laterítico que se estende para as regiões de relevo mais suavizadas ou em via de aplainamentos. Este solo apresenta uma cor vermelha-"bordeaux" com manchas amareladas, textura francamente argilosa, com muitos blocos de rochas sílico-talcosa e/ou sílico-carbonática imersos, com uma espessura média em torno de 80 cm, caracterizada pela ausência total do horizonte B. O horizonte A apresenta espessuras insignificantes, e está quase sempre ausente.



A topografia desta área é bastante acidentada, formada por uma sucessão de morrotes "sustentados" por uma capa de silexito. As bases desses morrotes acham-se geralmente entulhadas por um solo de natureza coluvionar, formado às expensas de blocos e fragmentos de rochas de constituições litológicas diversas, que sofreram pouco transporte.

#### 6.5.2.6.2.2. Ocorrência Mineral

Os estudos preliminares de reconhecimento geológico efetivados nesta área, levaram à descoberta de mineralizações de cobre, representada por impregnações de malaquita e azurita em blocos de rochas calco-silicática, de piroxenitos e de ultramáficas silicificadas.

A ocorrência situa-se no canto sudoeste da área em pesquisa, no cruzamento das picadas convencionalmente designadas por 778 e N-100. Neste local foi aberta uma trincheira de direção N-S, com o objetivo de se conhecer melhor o comportamento da mineralização lateralmente e em profundidade.

A topografia apresenta-se subondulada, e a poucos metros para leste da ocorrência desenvolveu-se uma escarpa constituída por rochas sílico-carbonáticas. Nas proximidades da ocorrência detectou-se blocos de diabásio com cobre nativo, que se alinham numa direção NNW.

Na seção (Figura 13) realizada na parede da trincheira constatou-se a presença de um solo coluvionár de natureza francamente argilosa, cor vermelha-"bordeaux", contendo blocos de diferentes litologias, com serpentinito silicificado, piroxenito, diabásio e rocha ultramáfica completa

mente alterada e silicificada, que se acham misturados desordenadamente no perfil, e não muito raro mostram-se impregnados por malaquita e azurita.

O "bedrock" local não foi detectado, mas pareceu tratar-se de um diabásio profundamente alterado.

A gênese desta mineralização reveste-se de enorme interesse, no sentido de se avaliar a sua real potencialidade. Em busca disto efetivou-se vários estudos, cujos resultados levam a suspeitar duas origens prováveis para esta mineralização.

a. Esta ocorrência de malaquita e azurita seria apenas um produto da alteração supergenética levada a efeito por agentes meteóricos e mudanças nas condições de Eh e pH, agindo sobre o cobre nativo contido na estrutura do diabásio. A justificar esta hipótese tem-se enormes paredes de rocha sílico-carbonática aflorando nos arredores. A dissolução dessa rocha carbonática, supriria o ambiente de  $\text{CO}_2$ , e o pH do ambiente assumiria valores acima de 7. Nestas condições, com o ambiente assumindo condições alcalinas facilitaria a oxidação do Cu nativo contido nos diabásios, que encontrando o  $\text{CO}_2$  liberados pelas rochas carbonáticas criava ambiente propício à formação de carbonatos de cobre (malaquita e azurita).

A explicação desta hipótese em bases concretas, se apoia nos diagramas de Eh e pH elaborados e discutidos por GARRELS & CHRIST (1965). Estes diagramas mostram a estabilidade dos compostos de cobre em função  $P_{\text{O}_2}$  e  $P_{\text{CO}_2}$  a temperatura de  $25^\circ\text{C}$  e 1 atmosfera de pressão. Os produtos secundários do cobre estão em interação com a água e conforme o diagrama da Figura 30, registrou-se as seguintes espécies: Cu nativo ( $\text{Cu}^0$ ), cuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), tenorita ( $\text{CuO}$ ), mala

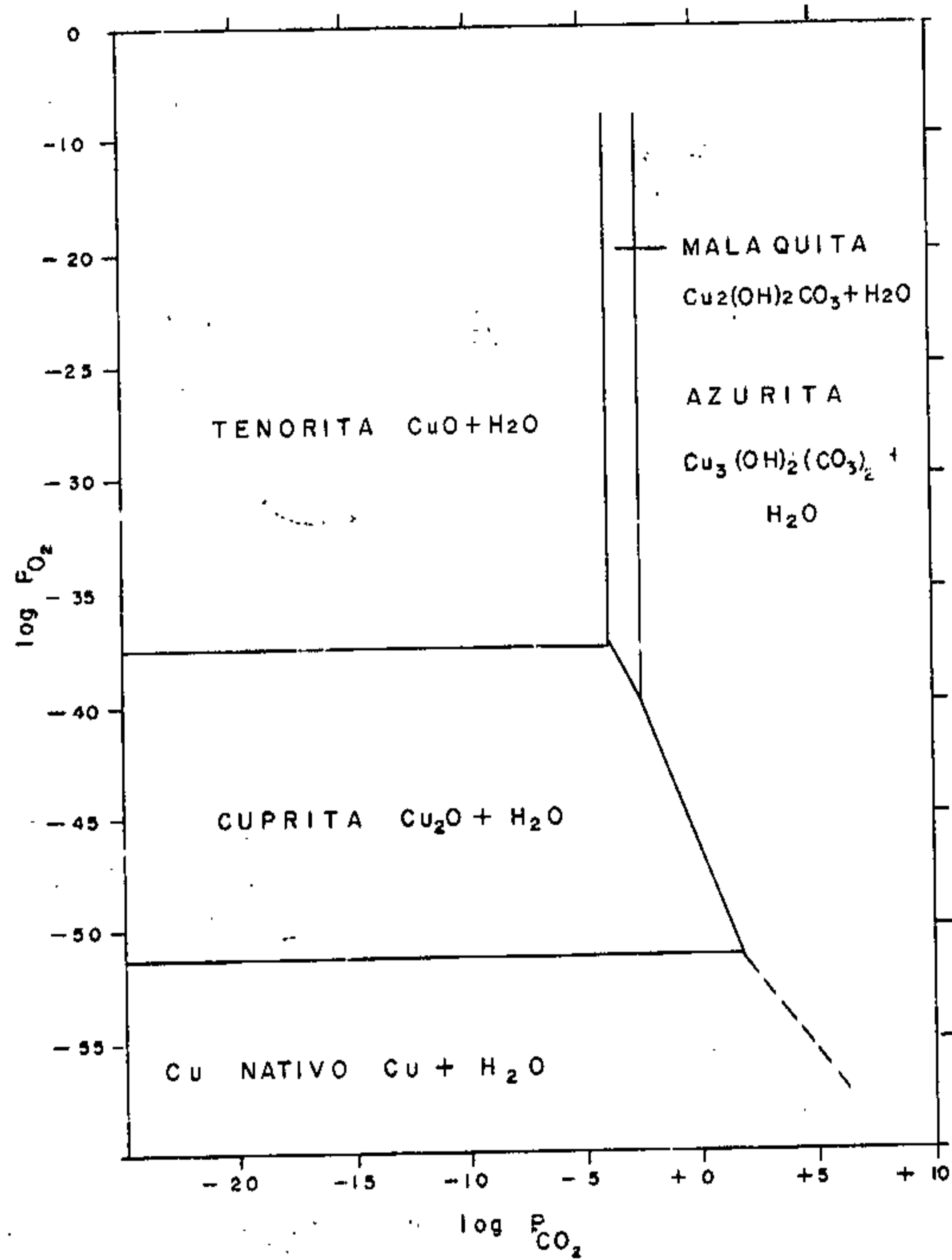
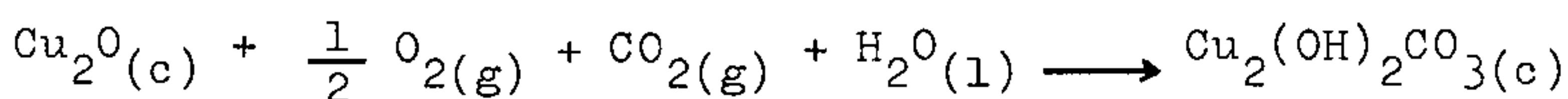
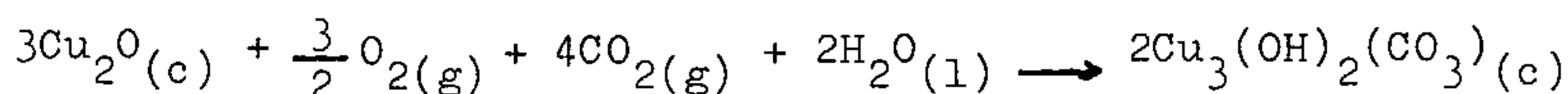
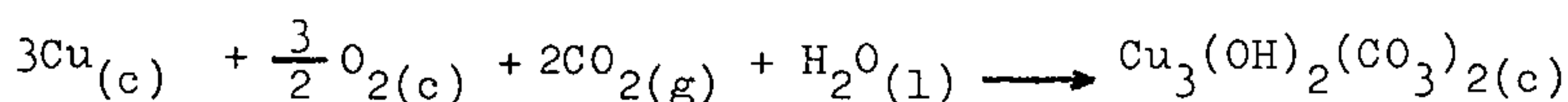
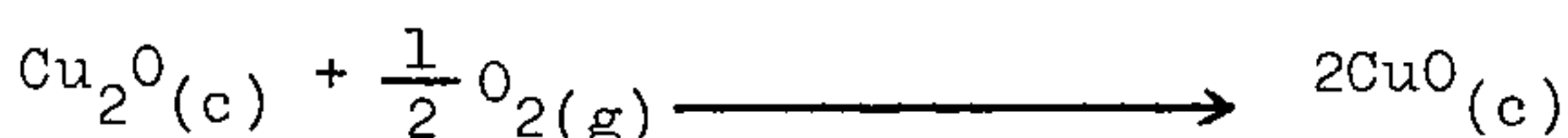


Figura 30 ESTABILIDADE DOS COMPOSTOS DE COBRE EM FUNÇÃO DE  $P_{O_2}$  e  $P_{CO_2}$  a  $-25^{\circ}C$  e 1 ATMOSFERA, OU LEVEMENTE SUPERIOR DE 1 ATMOSFERA, — COMO PRESSÃO TOTAL. A ÁGUA PURA É O LÍQUIDO ASSUMIDO EM TODOS OS CASOS.

quita ( $[\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3]$ ) e azurita  $[\text{Cu}_2(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2]$ . Se se restringe o valor de  $P_{\text{O}_2}$  dentro do campo de estabilidade D' água, ou seja  $P_{\text{O}_2} = 10^{-83.1}$  até  $10^0$ , é possível interrelacionar as várias espécies de compostos de cobre com a água no estado líquido.

As reações de interrelações são as seguintes:



Os resultados destas reações, com base nos seus respectivos limites de estabilidade estão plotados na Figura 30. Este diagrama permite especular, que em condições supergenéticas, a entrada de alto conteúdo de  $P_{\text{CO}_2}$ , torna o Cu nativo instável, transformando-o prontamente em malaquita e azurita, justificando deste modo a primeira hipótese.

O diagrama da Figura 31 GARRELS & CHRIST (op. cit.) relaciona os campos de estabilidade de alguns compostos de cobre num sistema Cu-H<sub>2</sub>O-O<sub>2</sub>-S-CO<sub>2</sub> a 25°C e 1 atmosfera de pressão total, em função do Eh-pH. A análise desse diagrama mostra a medida que as condições reinantes, tornam

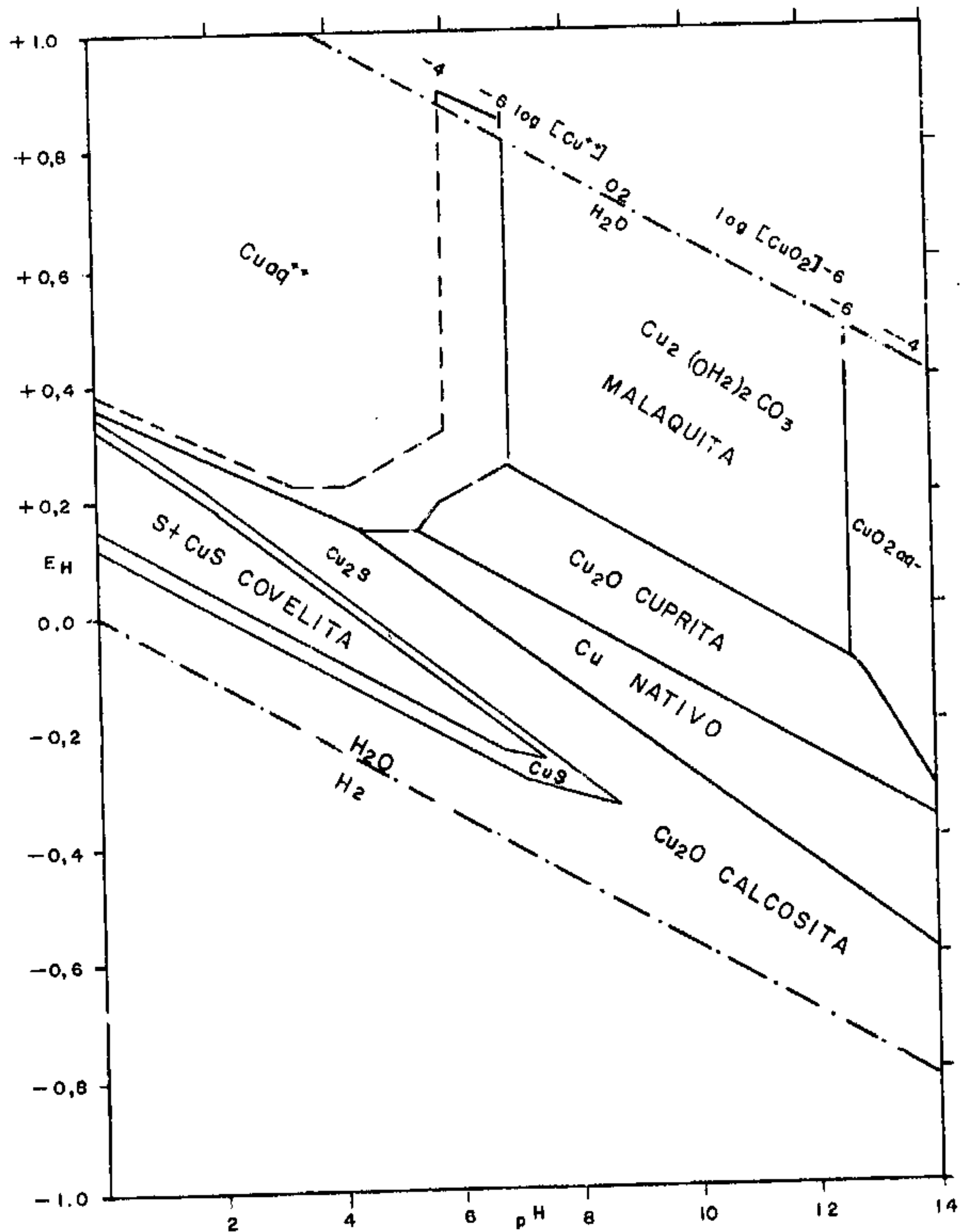


Figura 31 RELAÇÕES DE ESTABILIDADE ENTRE ALGUNS COMPOSTOS DE COBRE NO SISTEMA Cu-H<sub>2</sub>O-O<sub>2</sub>-S-CO<sub>2</sub> a 25° C E 1 ATMOSFERA DE PRESSÃO TOTAL.  $P_{CO_2} = 10^{-3,5}$ ; TOTAL DE ESPECIES DE S DISOLVIDAS =  $10^{-1}$

-se do lado alcalino e mais oxidante, o cobre nativo transforma-se numa primeira instância a cuprita, e em condições de maior severidade de oxidação, a cuprita por sua vez transforma em malaquita ou azurita. A figura mostra ainda a medida que se adiciona  $\text{CO}_2$  e S ao sistema a malaquita vai ocupando o lugar da tenorita e tornando-se mais estável.

b. A segunda hipótese diz respeito ao resultado da análise da amostra (2124-MJG-CC-778-N-100R<sub>1</sub>-GAJ-293) recolhida na trincheira, revelou tratar-se de um piroxenito com impregnações de malaquita. A hipótese baseia-se na eventual possibilidade da malaquita estar se formando a partir de alguns sulfetos de cobre primário, ocasionalmente existente na rocha ultramáfica. Então poder-se-ia pensar na possibilidade desses minerais secundários de cobre serem reflexos, em superfície, da oxidação de sulfetos primários de cobre, provavelmente situados em posição mais profunda.

#### 6.5.2.6.3. Apresentação dos Resultados

##### 6.5.2.6.3.1. Generalidades

Na interpretação dos resultados foram considerados somente os elementos geneticamente relacionados, isto é, os que tinham a mesma filiação ultrabásica, como Cr, Ni, Co e Cu entre os elementos traços, Fe e Mn entre os elementos maiores.

A justificativa para investigação destes últimos dois elementos, é porque em determinadas condições de oxidação do meio ambiente, precipitam-se comumente óxidos de manganês e hidróxidos de ferro e são de particular interesse na prospecção geoquímica por duas razões:

1. Durante sua precipitação pode incorporar, por coprecipitação outros elementos que normalmente não seriam afetados pela simples oscilação.

2. Uma vez formados apresentam a tendência de absorver certos elementos, que estão em contato. O resultado final é que alguns metais como Cu e Co, que são normalmente muito móveis, pelo menos em soluções levemente ácidas, tendem a se concentrar nos precipitados de Fe e Mn. Isto provoca uma redução considerável nos halos de dispersão secundária, relativos a estes elementos móveis, bem como leva à interpretação de falsas anomalias, simulando uma acumulação do metal, que não existe na realidade.

#### 6.5.2.6.3.2. Estimativa do Limiar e "Background" Local

É feito de duas maneiras básicas: a primeira mais rápida e às vezes mais segura consiste na inspeção direta dos mapas e perfís geoquímicos, onde tem-se uma distribuição espacial dos dados obtidos; a segunda seria com base na curva de frequência cumulativa, conforme expõe-se nas Figuras (32 a 34). Segundo LEVINSON (1974) o valor do "background" local pode ser estimado pelo valor da mediana da distribuição obtida, e é definida como sendo o ponto médio dos dois valores que divide a distribuição a metade. Os valores do "background" local também podem ser obtidos pelo uso da média aritmética ( $\bar{X}$ ) ou geométrica ou ainda pela moda ( $\hat{X}$ ). O limiar (threshold) é comumente estimado pela fórmula  $L = \bar{X} + KS$ , onde K, é uma constante arbitrária, e depende de alguns conceitos subjetivos, ligados à área onde se desenvolve

Figura 32 DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA CUMULATIVA DE COBRE

N = 402 OBSERVAÇÕES

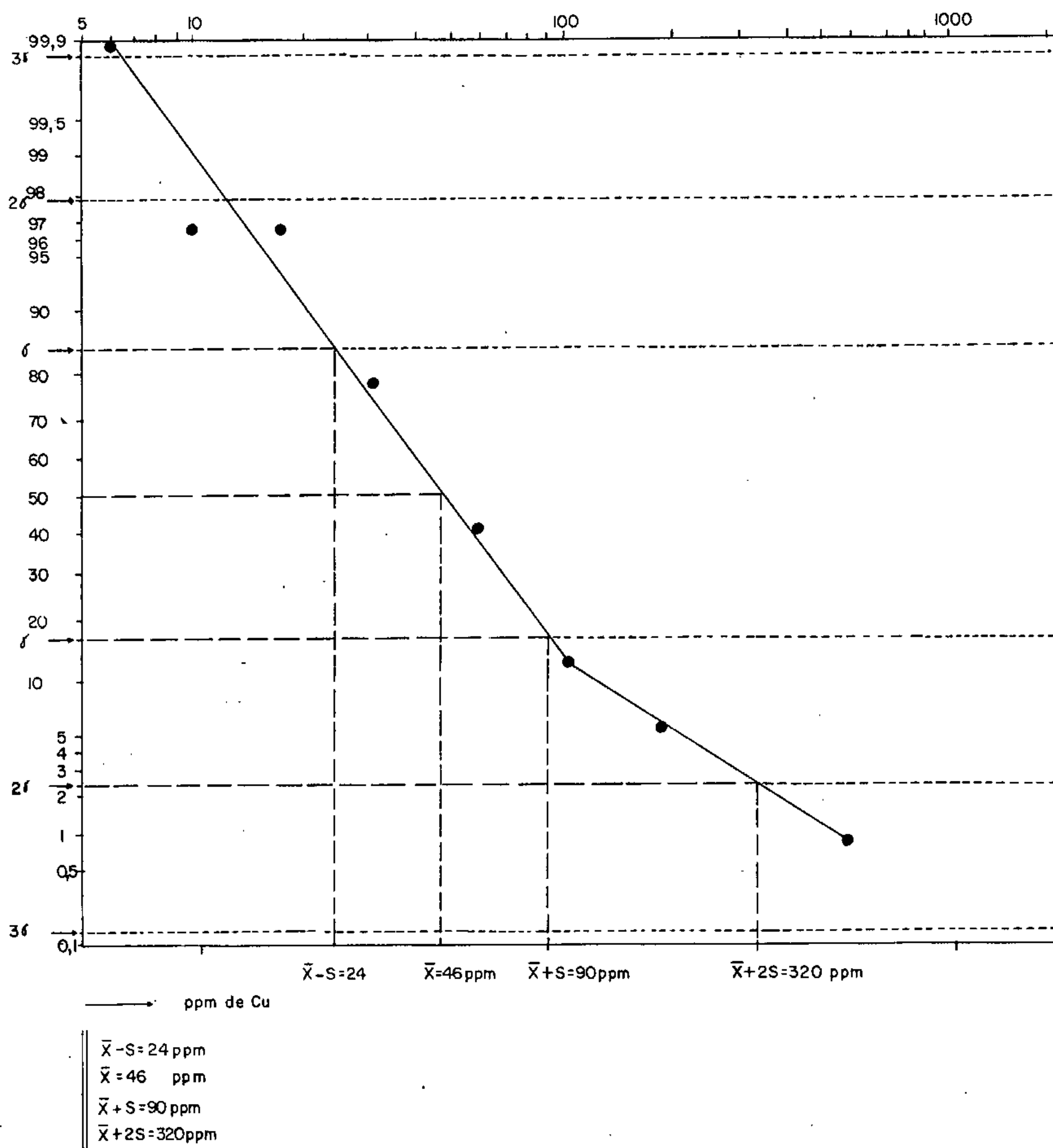




Figura 33 DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA CUMULATIVA DE NÍQUEL

N = 402 OBSERVAÇÕES

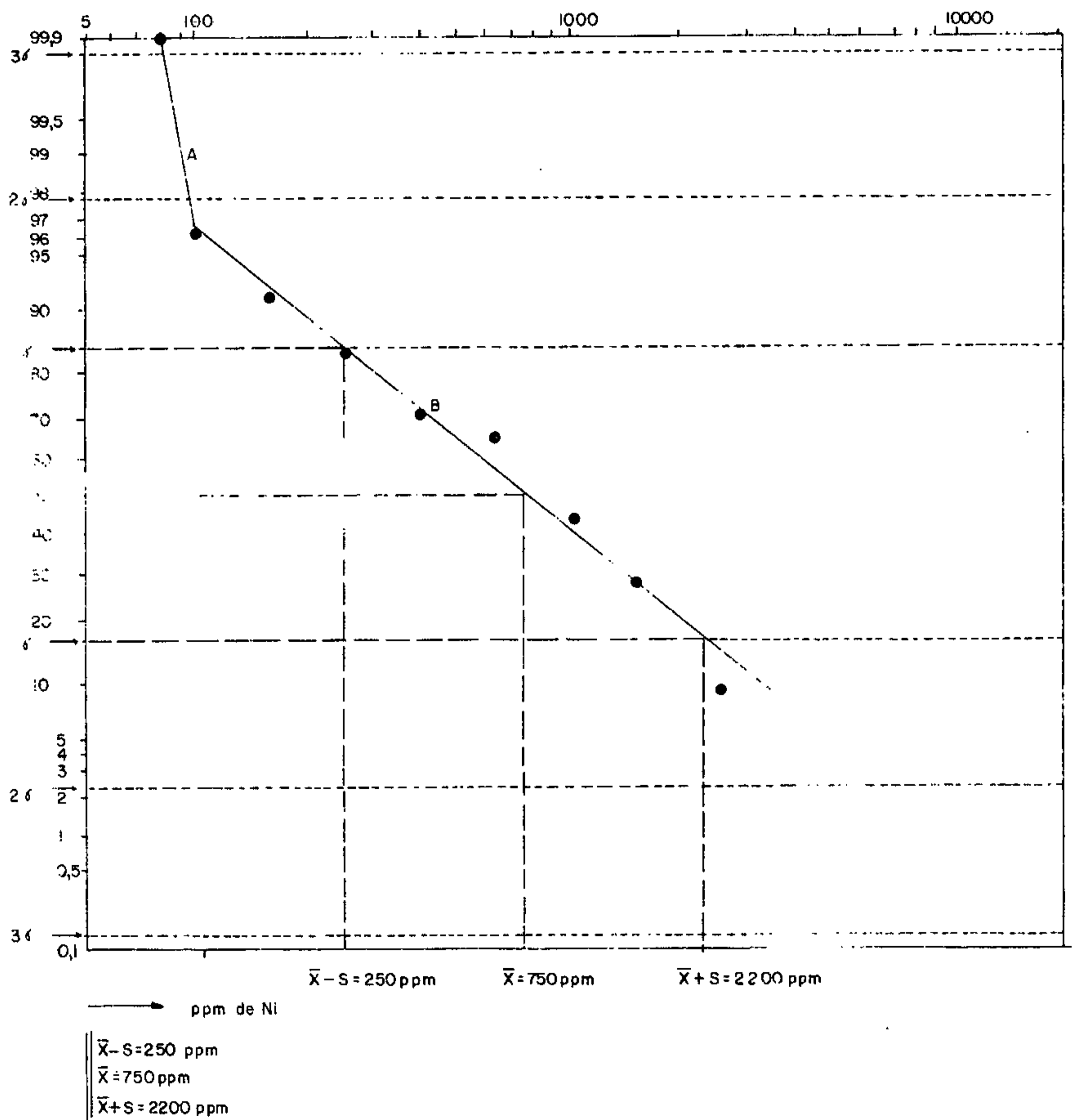
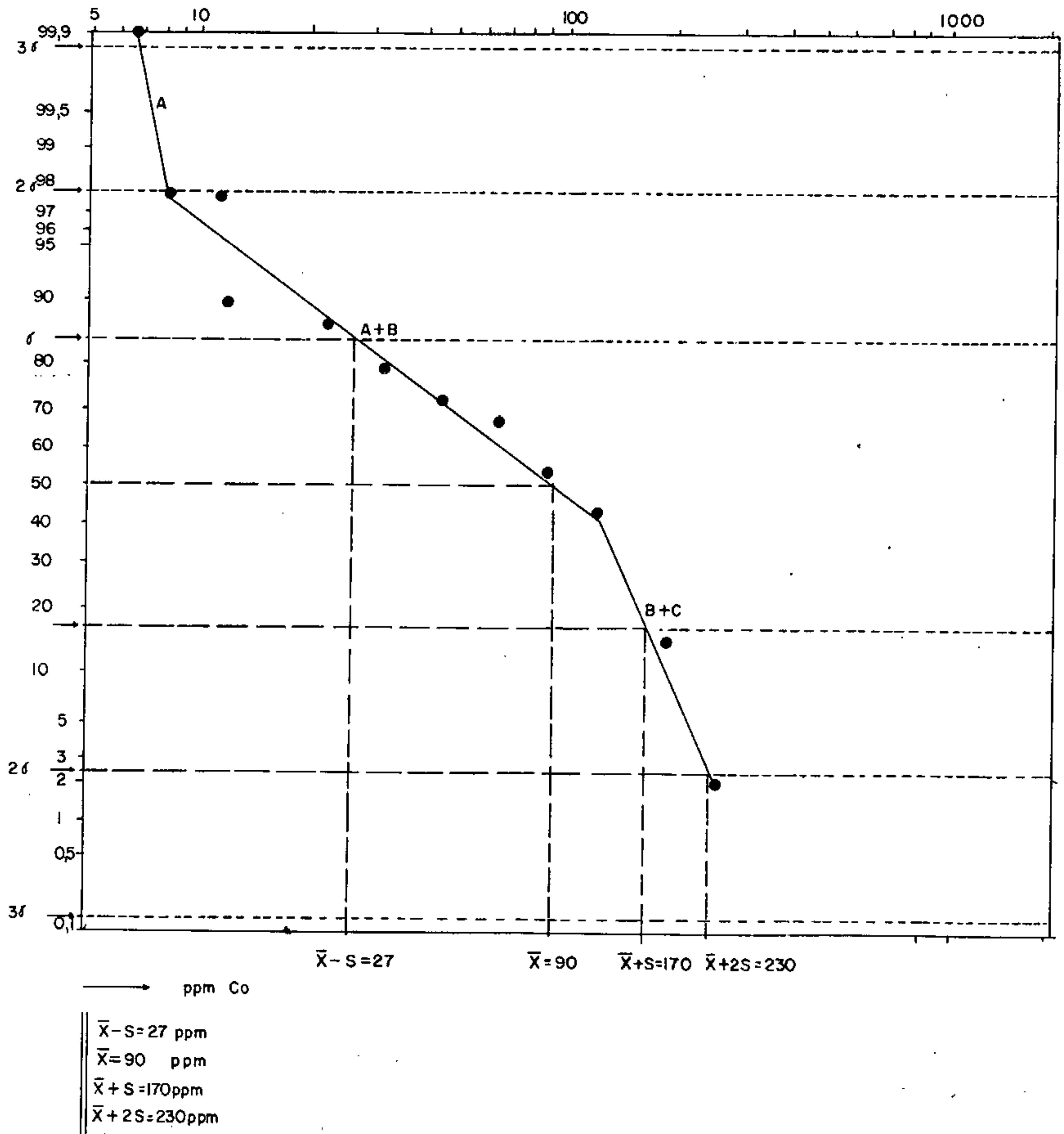


Figura 34 DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA CUMULATIVA DE COBALTO

N = 402 OBSERVAÇÕES



a prospecção; e S é o desvio padrão, que é uma medida de dispersão em torno da média, expressado na mesma unidade que a média.

HAWKES & WEBB (1962) sugere que para uma simples população de valores, que está simetricamente distribuída, o limiar deste material é convencionalmente tomado como média ( $\bar{X}$ ) mais duas vezes o seu desvio padrão. Então a fórmula acima reduziria para:  $L = \bar{X} + 2S$ . Isto significa dizer que somente 1 em 40 amostras de "background" é suscetível de exceder ao conteúdo do limiar, calculado desta maneira. Este procedimento, embora seja de grande utilidade, não pode ser aplicado rigidamente, sem incorrer em riscos de interpretação.

Neste trabalho julgou-se por bem, estimar os valores de "background" e limiar em termos de "faixas de valores", ao invés de emprestar-lhes valor fixo e invariável.

TABELA XXI

Valores de "Background" e Limiar para área do Morro Jenipapo (Área I).

PARÂMETROS ELEMENTOS	LOCAL	
	"BACKGROUND" (ppm)	LIMIAR (L) (ppm)
Cobre	25,50	320
Níquel	750	≈ 2.000
Cobalto	90	≈ 230

Da análise da curva de frequência acumulada de

Cu (Figura 32) construída a partir da Tabela XXII, pode-se extrair os seguintes parâmetros:

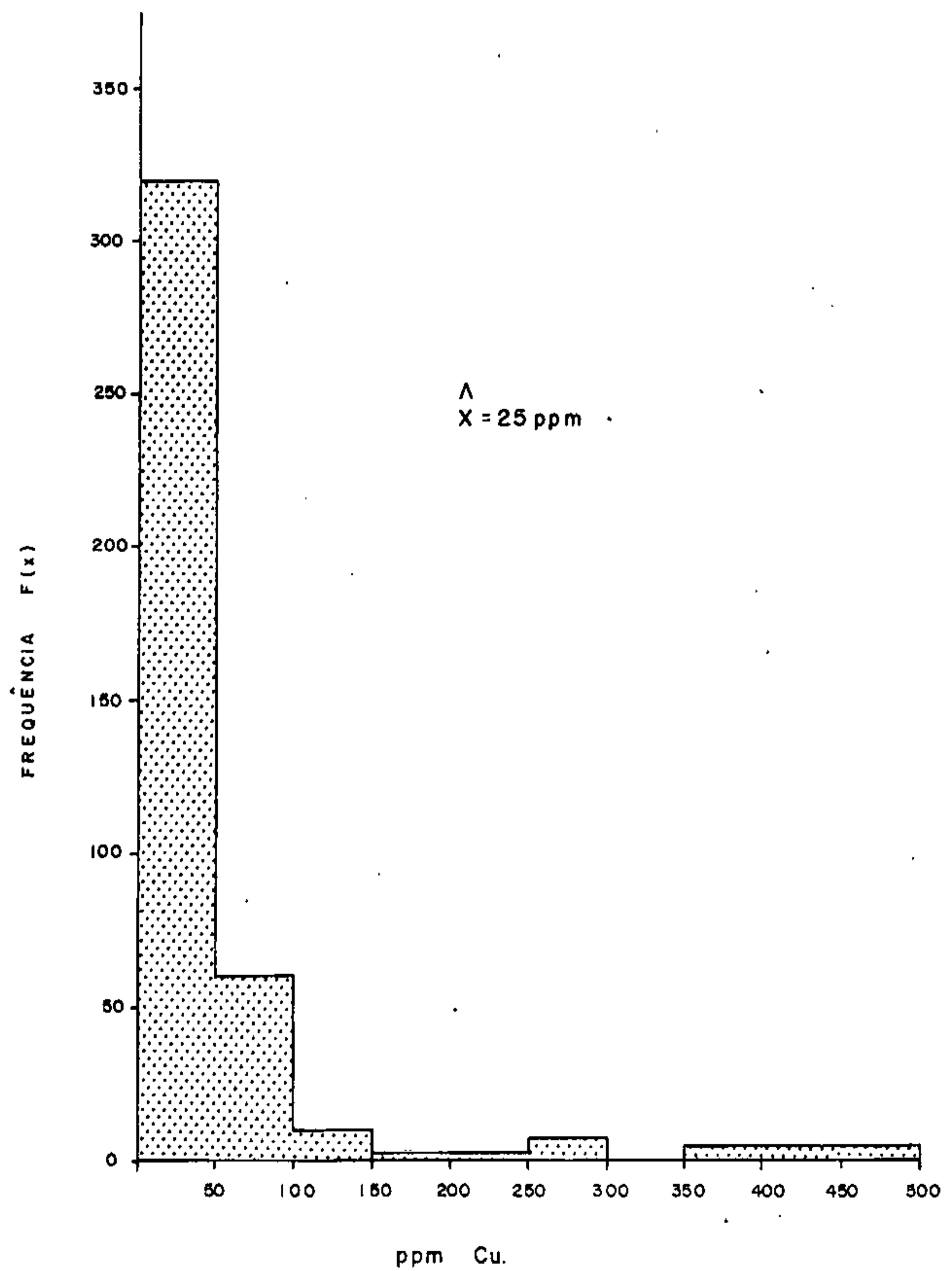
Para o "background" local considera-se o valor de 50 ppm de Cu, identificado como o valor da média do conjunto de dados. Os valores obtidos pela análise dos histogramas referentes aos dados brutos (Figura 35) e dados transformados (Figura 36), forneceram valores em torno de 24 ppm de Cu, igual ao parâmetro  $\bar{X} - S = 24$  ppm, extraído da curva de frequência cumulativa. Este valor pode fazer parte das flutuações de baixo "background", com grandes possibilidades, de estar incorporado aos níveis do "background" regional.

TABELA XXII

Distribuição de frequência acumulada para um conjunto de observações de cobre em amostras de solo do Morro Jenipapo.

LIMITE DE CLASSE		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA RELATIVA PERCENTUAL	FREQUÊNCIA ACUMULADA PERCENTUAL
Log X	X	f (x)	%	
0,75	6,00	15	3,73	100,00
1,00	10,00	0	0,00	96,32
1,25	18,00	71	17,66	96,32
1,50	31,00	148	36,82	78,66
1,75	56,00	117	29,15	41,84
2,00	100,00	29	7,22	12,69
2,25	178,00	12	2,98	5,87
2,50	316,00	7	1,74	2,49
2,75	562,00	3	0,75	0,75
		$\Sigma = 402$	$\Sigma = 100,00$	

Figura 35 HISTOGRAMA DE 402 OBSERVAÇÕES DE COBRE  
EM AMOSTRAS DE SOLO DA ÁREA MORRO JENIPAPO  
— DADOS BRUTOS —



O valor do limiar local foi estimado a partir da curva de frequência cumulativa, considerando a média mais duas vezes o desvio padrão, ou seja:  $\bar{X} + 2S = 320$  ppm de Cu. Este valor somente foi excedido por dois valores, onde se delineiam dois polos anômalos bem nítidos. (Anexo XXVIII).

Da análise da curva de frequência cumulativa de níquel (Figura 33) obteve-se um valor de 750 ppm para o "background" local, enquanto a análise do histograma referente aos dados brutos (Figura 37) e dados transformados (Figura 38) evidenciaram uma distribuição bimodal, tendo a primeira moda um valor em torno de 12 ppm e a segunda 501 ppm para os dados transformados, 125 e 625 ppm para os dados brutos. A primeira moda encontrada pode refletir as flutuações de baixo "background" local, enquanto que a segunda moda corresponde ao teor de fundo local. Pela análise direta da curva de frequência cumulativa (Figura 33), observa-se que os valores estão lognormalmente distribuídos, demonstrado pelo perfeito alinhamento do segmento de reta, que não chega a atingir a linha  $2\sigma$ , impossibilitando o cálculo do parâmetro  $\bar{X} + 2S$ , que convencionalmente é tido como o limiar. Isto prova que todos os dados de níquel chegam de uma população de "background", sem maiores destaques. Este fato é também corroborado pelo mapa geoquímico de níquel (Anexo XXIX), correspondente.

Figura 37 HISTOGRAMA DE 402 OBSERVAÇÕES DE NÍQUEL  
EM AMOSTRAS DE SOLO DA ÁREA MORRO JENIPAPO  
— DADOS BRUTOS —

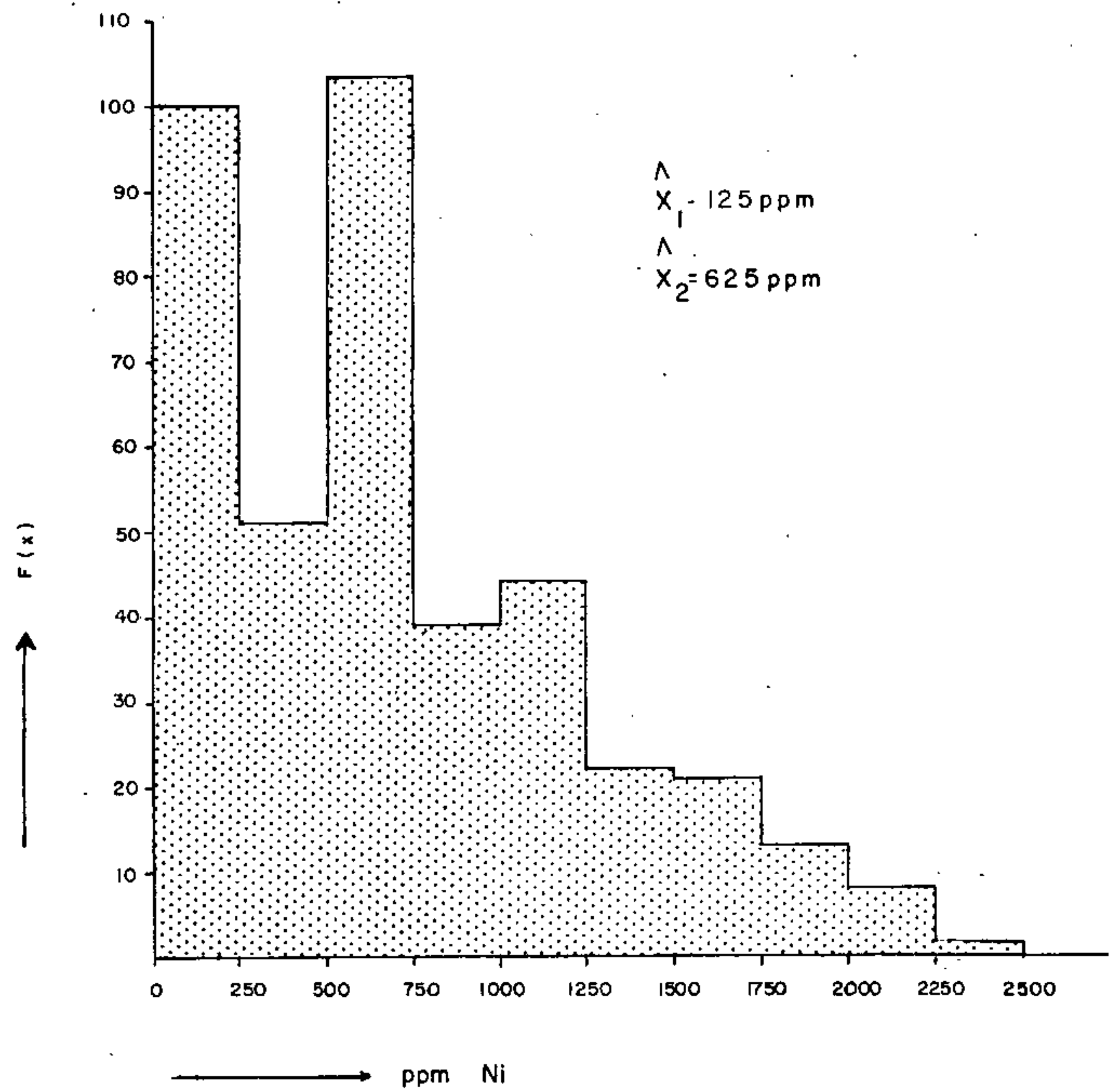


Figura 38 HISTOGRAMA DE 402 OBSERVAÇÕES DE NÍQUEL

EM AMOSTRAS DE SOLO DA ÁREA MORRO JENIPAPO

— DADOS TRANSFORMADOS —

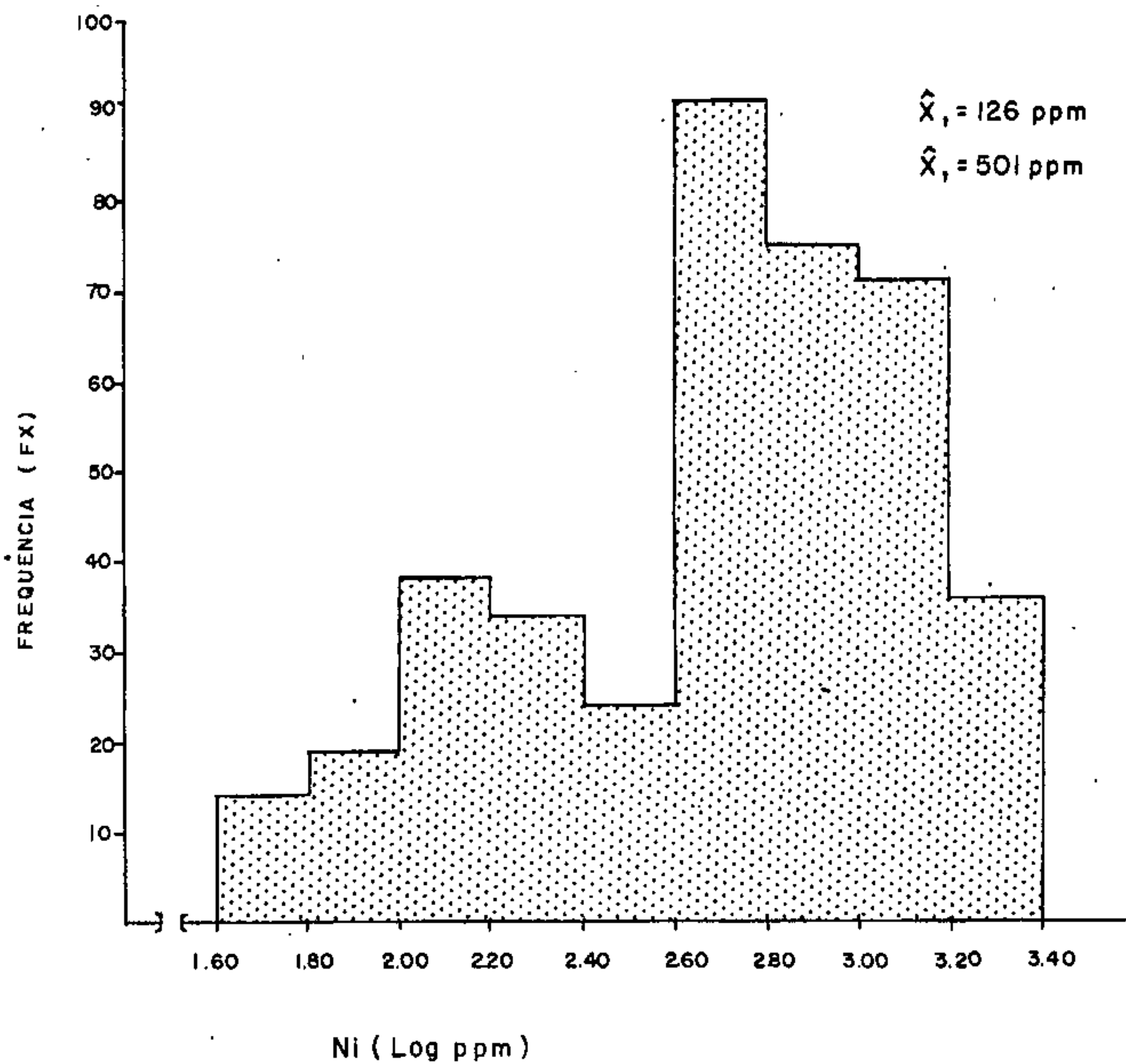




TABELA XXIII

Distribuição de frequência acumulada para um conjunto de 402 observações de níquel em amostras de solo - Morro do Jenipapo.

LIMITE DE CLASSE		FREQUÊNCIA f (x)	FREQUÊNCIA RELATIVA PERCENTUAL %	FREQUÊNCIA ACUMULADA PERCENTUAL
Log X	X			
1,80	63,00	14	3,48	99,96
2,00	100,00	19	4,72	96,48
2,20	158,00	38	9,45	91,76
2,40	251,00	34	8,45	82,31
2,60	398,00	24	5,97	73,86
2,80	631,00	91	22,63	67,89
3,00	1000,00	75	18,65	45,26
3,20	1585,00	71	17,66	26,61
3,40	2512,00	36	8,95	8,95
		$\Sigma = 402$	$\Sigma = 99,96$	

Procede-se igualmente para os dados de cobalto e pela análise da curva de frequência cumulativa (Figura 34) registra-se para o "background" local, um valor de 90 ppm, ao passo que a análise dos histogramas relativos aos dados brutos (Figura 39) revelou a presença de 3 modas ( $\hat{X}_1 = 12$  ppm;  $\hat{X}_2 = 62$  ppm e  $\hat{X} = 112$  ppm). Os valores das duas primeiras modas parecem estar ligados ao baixo "background" e possivelmente nivelados aos "trends" regionais. O valor do limiar também estabelecido pela análise da curva de frequência cumulativa (Figura 34) é da ordem de 230 ppm de cobalto. Pela análise visual do mapa de isotores (Anexo XXX) e perfil geoquímico de cobalto (Figura 41) observa-se uma extrema po

Figura 39 HISTOGRAMA DE 402 OBSERVAÇÕES DE COBALTO  
EM AMOSTRAS DE SOLO DA ÁREA MORRO JENIPAPO  
— DADOS BRUTOS —

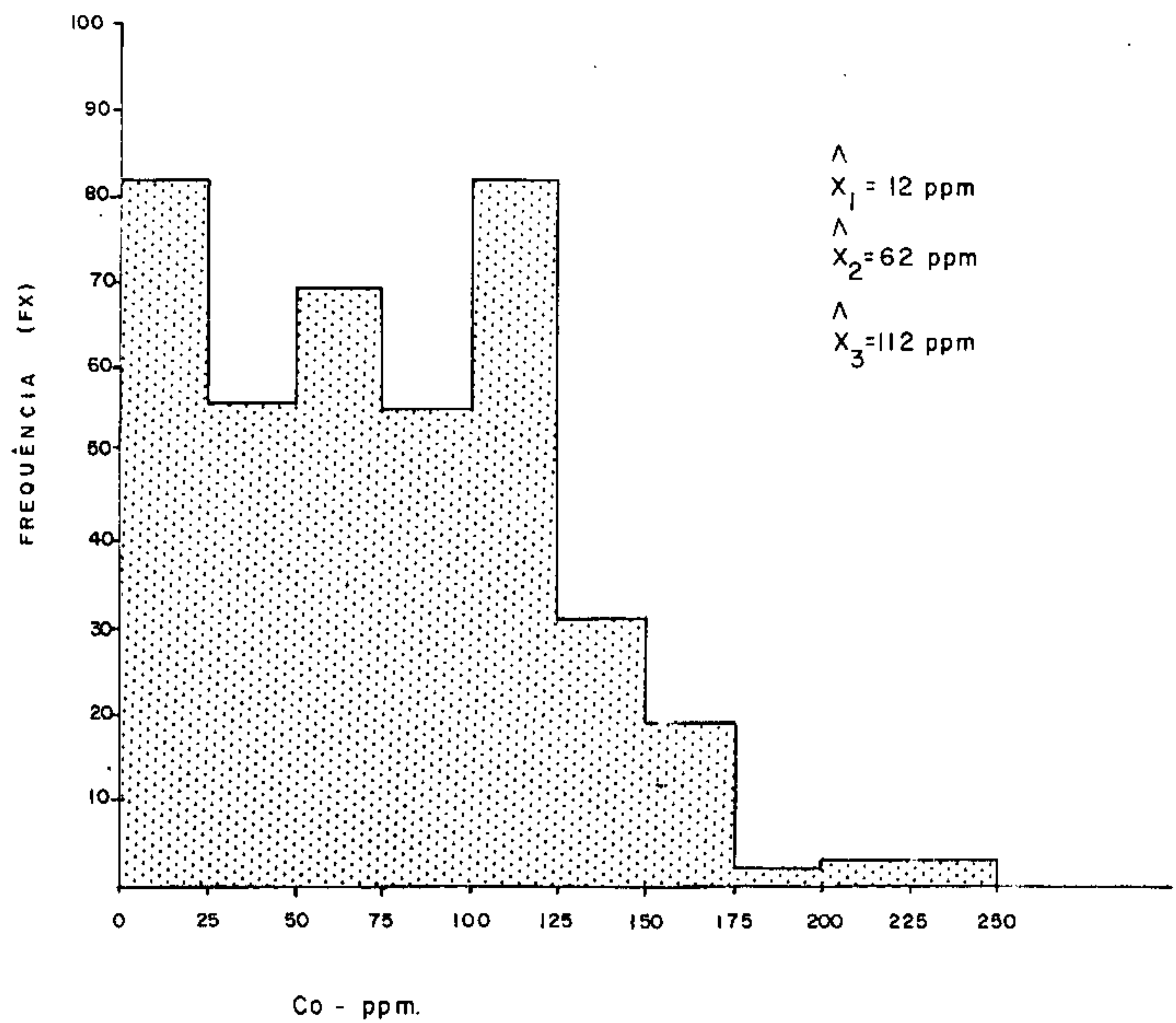


Figura 40 HISTOGRAMA DE 402 OBSERVAÇÕES DE COBALTO  
 EM AMOSTRAS DE SOLO DA ÁREA MORRO DO JENIPAPO  
 — DADOS TRANSFORMADOS —

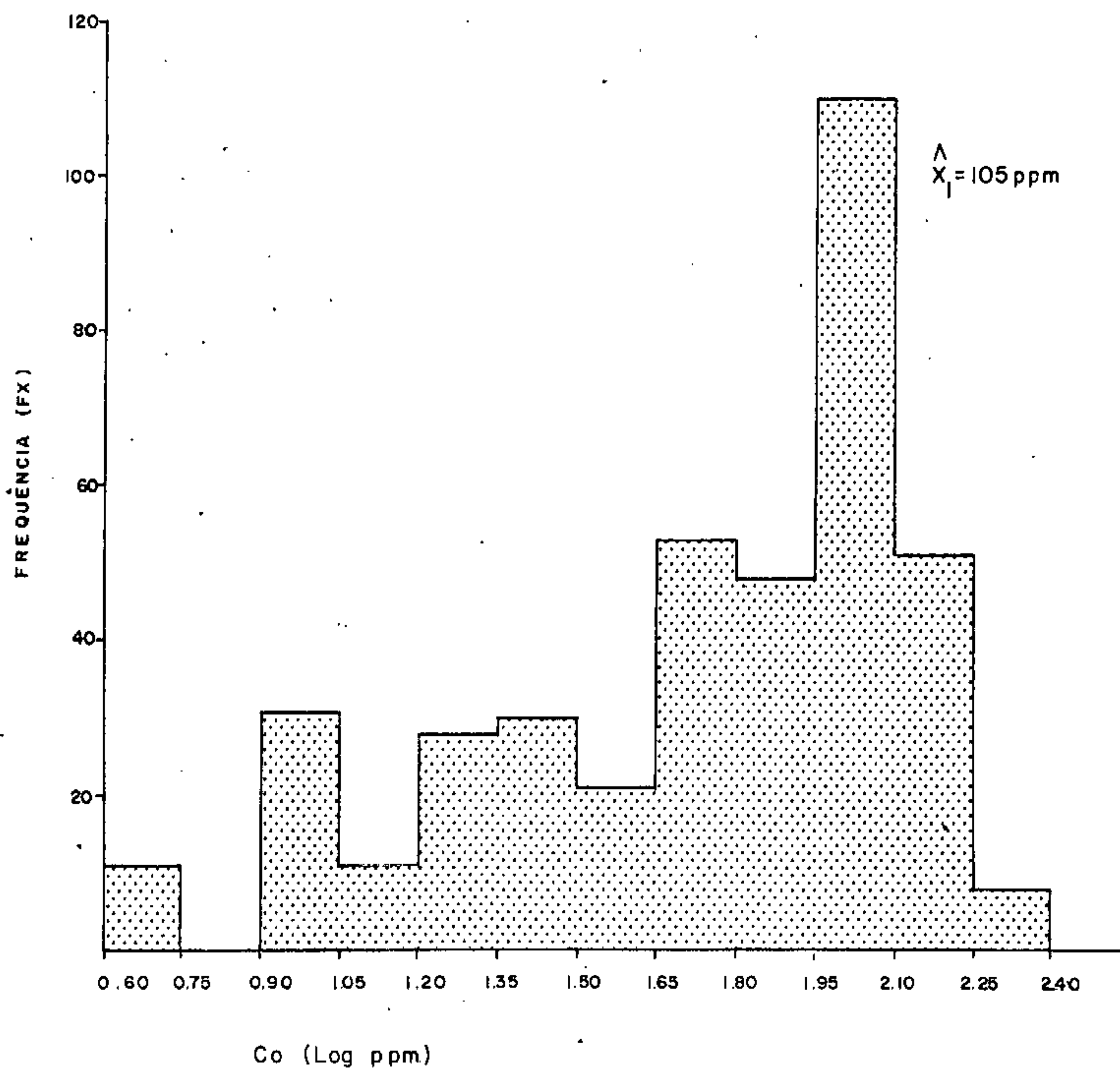
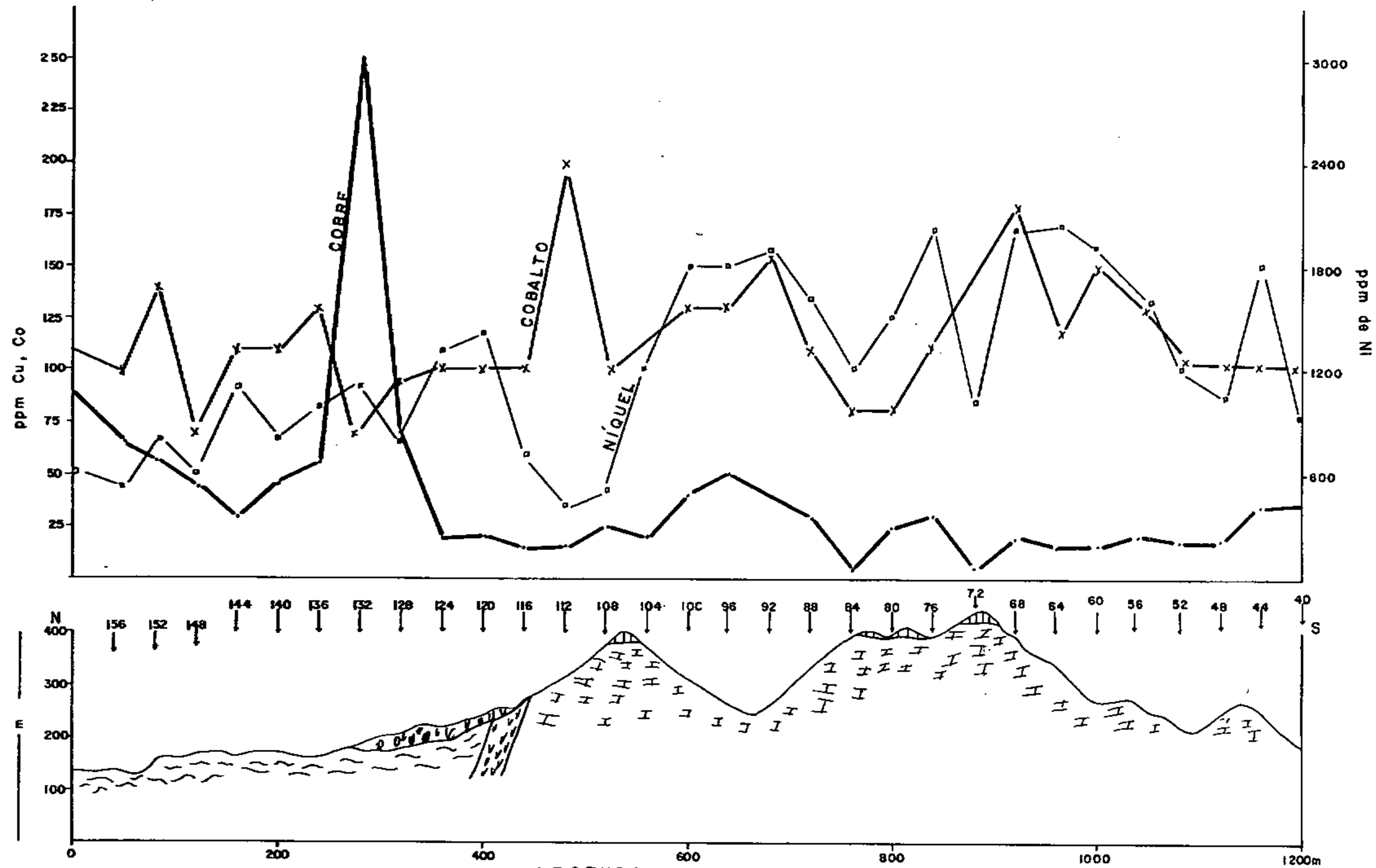


Figura 41 PERFIL GEOQUÍMICO GEOLÓGICO Cu, Ni e Co LINHA N 760



LEGENDA

- |                                                                                                            |                                                                                             |                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| MATERIAL DE MISTURA COLUVIONAR CONSTITUIDO POR BLOCOS DE DIABÁSIO, PIROXENITO, E SERPENTINITO SILICIFICADO | CROSTA DE SILEXITO                                                                          | DIQUE DE DIABÁSIO C/ COBRE NATIVO |
| ROCHA SILICO-TALCOSA E/OU SERPENTINITO TALCIFICADO                                                         | ROCHA SILICO-CARBONÁTICA E/OU CALCO-SILICÁTICA, ASPECTO BRECHÓIDE, MACIÇA E S/ ACAMADAMENTO |                                   |

breza do material amostrado e somente um valor excede este limiar, constituindo-se numa única e pálida anomalia.

TABELA XXIV

Distribuição de frequência acumulada para um conjunto de 81 observações de cobalto em amostras de solo da área - Morro do Jenipapo.

LIMITE DE CLASSE		FREQUÊNCIA	FREQUÊNCIA RELATIVA PERCENTUAL	FREQUÊNCIA ACUMULADA PERCENTUAL
Log X	X	f (x)	%	
0,75	6,00	11	2,73	99,96
0,90	8,00	0	0,00	97,23
1,05	11,00	31	7,71	97,23
1,20	16,00	11	2,73	89,52
1,35	22,00	28	6,96	86,79
1,50	32,00	30	7,46	79,83
1,65	45,00	21	5,22	72,37
1,80	63,00	53	13,18	67,15
1,95	89,00	48	11,94	53,97
2,10	126,00	110	27,36	42,00
2,25	178,00	51	12,68	14,67
2,40	251,00	8	1,99	1,99
		$\Sigma = 402$	$\Sigma = 99,96$	

#### 6.5.2.6.4. Interpretação

##### 6.5.2.6.4.1. Histogramas e Curvas de Frequência Acumulada

Nas Figuras (32 a 34 e 35 a 40) estão represen

tados os histogramas e curvas de frequências cumulativas de cobre, níquel e cobalto, relativos aos dados da área em estudo.

Da análise das formas dos histogramas e das curvas de frequências cumulativas pode-se emitir os seguintes pareceres:

#### COBRE

Da análise do histograma dados brutos (Figura 35) observa-se uma distribuição com excessos de valores baixos e uma assimetria positiva. A seguir os dados foram transformados logaritmicamente (Figura 36), e a curva de frequência se aproxima ao formato de um sino, sendo bem provável que esse conjunto tenha uma distribuição lognormal, ou pelo menos mais lognormal do que normal.

Os histogramas revelaram uma única moda, de 25 ppm, que está diretamente relacionada à população regional formada por rochas encaixantes, silexitos e algumas rochas sílico-talcosas e/ou sílico-carbonáticas.

A disposição da curva de frequência cumulativa (Figura 32) revelou uma mudança brusca na curva, e segundo TENNANT & WHITE (1959), isto evidencia a presença de duas distribuições limitadas geometricamente, pelo ponto de inflexão das duas retas.

#### NÍQUEL

Da observação feita aos histogramas relativa ao conteúdo de níquel correspondente aos dados brutos (Figura 37) e aos dados transformados (Figura 38) conclui-se que a distribuição é bimodal  $\hat{X}_1 = 126$  ppm e  $\hat{X}_2 = 501$  ppm (dados brutos),  $\hat{X}_1 = 125$  ppm e  $\hat{X}_2 = 625$  ppm (dados transformados). A primeira moda não apresenta variação significativa entre

os dados brutos e os dados transformados, parecendo provir da população de baixo "background", representada por rochas encaixantes. Enquanto que a segunda moda parece refletir uma mistura de populações, provenientes de amostras de baixo "background" com amostras de alto "background". Esta mistura corresponderia na área, às zonas de contato entre as rochas encaixantes e o corpo de serpentinito, representado aqui por rochas sílico-carbonáticas, calco-carbonáticas e sílico-talcosas, produtos normais da alteração do serpentinito.

Os histogramas não evidenciam resultados anômalos significativos, com os valores concentrando-se na sua parte central. Isto está em perfeito acordo com a análise do mapa de isoteores de níquel (Anexo XXIX).

A curva de frequência cumulativa (Figura 33) acha-se definida por dois segmentos de retas, com declividades diferentes, e segundo TENNANT & WHITE (op. cit.) e WILLIAMS (1967) a explicação é devida à presença de duas populações bem distintas: a primeira representada pelo segmento de reta A, que define a população de baixo "background", formada por amostras que constituem o "trend" regional. Enquanto a segunda população definida pelo segundo segmento de reta B, está diretamente relacionado com as rochas, que são os produtos normais da alteração de serpentinito, e constituem o alto "background". Deste modo a curva de frequência cumulativa concorda perfeitamente com os dados revelados pelos histogramas.

#### COBALTO

Investigando os histogramas relativos aos dados brutos (Figura 39), constatou-se uma distribuição poli

modal ( $\hat{X}_1 = 12$  ppm,  $\hat{X}_2 = 62$  ppm e  $\hat{X}_3 = 112$  ppm), bem corroborada pela curva de frequência cumulativa (Figura 34). Quando os dados são transformados nos seus respectivos logaritmos, tem-se um aparente desaparecimento destas modas, ressaltado num gráfico unimodal (Figura 40), com grandes tendências a um perfeito ajustamento da curva à lei Gaussiana ou log-normal.

A análise da curva de frequência cumulativa (Figura 34) mostra vários ramos de retas com declividades diferentes e a explicação é devida à presença destas populações múltiplas, que podem ser individualizadas em distribuições log-normais correspondentes. A análise destas curvas de frequência cumulativa complexa é feita, considerando de início a população principal de "background" que se mistura com as outras populações de distribuição mais reduzidas, como é o caso da população anômala. No diagrama da Figura 34) o braço A corresponderia às populações de baixo "background" representadas na área por rochas encaixantes e correlatas. Enquanto o braço A + B representa uma mistura de população de baixo "background" com populações provenientes de alto "background". Esta mistura corresponderia na área aos produtos derivados de serpentinito, como rochas calcossilicáticas, sílico-carbonáticas e sílico-talcosas. E finalmente a população representada pelo braço B + C que representa a mistura das populações de alto "background" com a população anômala. No entanto, observa-se que este último ramo de reta, inclina-se para a esquerda em busca de valores baixos, indicando que a população anômala, é bastante reduzida, chegando a ser insignificante como evidencia o mapa de isoteores para cobalto (Anexo XXX).



#### 6.5.2.6.4.2. Mapas e Perfís Geoquímicos

A interpretação dos mapas (Anexos XVIII, XXIX e XXX) e perfís geoquímicos (Figura. 41) forneceu uma visão espacial da distribuição dos elementos investigados. Destes, somente cobre, níquel e cobalto foram selecionados para investigações mais detalhadas, como a construção de mapas e perfís geoquímicos correspondentes. Isto em parte, deveu-se a uma provável origem congênita destes elementos ligados a uma filiação ultrabásica.

As curvas de isoteores dos mapas geoquímicos, foram delineadas a partir dos parâmetros revelados pelas curvas de frequência cumulativa.

A análise global dos mapas possibilitou o reconhecimento e significado real de alguma anomalia, bem como delimitou os halos de dispersão secundária dos elementos investigados.

#### COBRE

Analisando o mapa de isoteores de cobre (Anexo XXVIII) observou-se a ocorrência de dois máximos de concentrações, que se acham bem delineados, com valores acima de 400 ppm. O primeiro máximo de concentração acha-se situado geograficamente no canto noroeste da área onde desenvolveu um halo de dispersão secundária, cujo eixo maior, apresenta uma orientação NE, que se inflete a norte-sul à medida que se prolonga para o norte da área trabalhada.

Este polo máximo de concentração é perfeitamente explicado pela ocorrência de malaquita e azurita, detectada através de trabalhos geológicos anteriores neste local. Balizando este halo de dispersão secundária, encontra-se um

dique de diabásio mineralizado em Cu nativo, e como nas proximidades ocorrem também rochas carbonáticas, é bastante viável a proposição em favor da formação destes minerais secundários de Cu a partir de fatores supergenéticos.

O segundo polo de concentração máxima situa-se no canto SE da área em estudo, e apresenta um halo de dispersão, cujo eixo maior apresenta uma orientação em torno de  $N45^{\circ}E$ , e a intensidade da anomalia é de 430 ppm, superior à verificada anteriormente. Apresenta, no entanto um halo com dimensões superficiais bem mais reduzidas que o anterior.

### NÍQUEL E COBALTO

Os mapas de isoteores relativos ao níquel e cobalto (Anexos XXIX e XXX) apresentam muitos pontos em comum. Em primeiro lugar observa-se uma dispersão irregular e bastante heterogênia, com ausência quase total de polos de concentrações máximas. Este caráter irregular dos "trends" parece refletir os processos que guiaram a formação dessas rochas, tais como os de esteatização e carbonatação do serpentinito. Como esses processos agem de modo irregular e parcialmente, são os responsáveis diretos pela falta de formação de halos de dispersão secundária notáveis, atuaram também como agentes dispersantes, provocando a liberação destes elementos da rocha original, através de solubilização parcial dos seus constituintes, acarretando um empobrecimento nos seus produtos imediatos. Isto é perfeitamente explicado pelo valor máximo de níquel nestas rochas calco-silicatadas ou talcosas, que não ultrapassa a 2.200 ppm, enquanto para cobalto não vai além do 280 ppm. Os valores máximos de Ni e Co nesta área, quando comparados com os obtidos na região de Campestre da Buritirana (área vizinha), ficam inteiramente

contidos nas flutuações do "background" local, daquela área.

Com relação aos máximos de concentração obtidos para Ni e Co, além de serem bastante reduzidos, apresentam um "Cut-off" bastante insignificante, e completamente desacompanhado de um halo normal de dispersão, não chegando a provocar maiores suspeitas.

#### 6.5.2.6.4.3. Seção Vertical da Trincheira

No local da ocorrência de cobre, foi aberta uma trincheira, cujas dimensões são mostradas na (Figura 13). Em uma das paredes foram abertos 4 canais ( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  e  $S_4$ ), espaçados igualmente entre si, para se fazer a amostragem.

Os resultados analíticos das amostras coletadas estão convenientemente plotados (Figura 13). A análise do conteúdo em cobre de cada amostra, mostrou um decaimento em profundidade. A análise global das curvas de isoteores nas quatro seções (Figura 13), evidencia um halo de dispersão secundária, concêntrico, em torno de um máximo de 4.70% de Cu, obtido na metade do canal  $S_2$ . Este halo decresce lateralmente e em profundidade, e ao atingir o ponto  $h$  ainda neste canal, o seu conteúdo reduziu-se para 0.32%.

A interpretação mais viável para este fato, seria considerar este polo de mineralização de cobre, como sendo o resultado da ação de blocos de rochas impregnados em malaquita e azurita, que estão imersos num solo de origem coluvionar. Os blocos têm uma constituição litológica diversa, aparecendo diabásio, piroxenitos e serpentinitos.

#### 6.5.2.6.5. Conclusões e Recomendações

Do ponto de vista geoquímico, os resultados obtidos através da análise dos mapas e perfís, mostraram uma pronunciada discordância entre a associação Ni-Co e os padrões revelados para cobre. A primeira caracteriza-se por apresentar um padrão irregular e heterogêneo, bastante dispersivo quanto ao modelado das curvas de isoteores, com a ausência quase total de polos anômalos. Enquanto o padrão de distribuição de cobre mostra dois polos de máxima concentração, com amplo halo de dispersão secundário, bem delimitado e bastante regular.

Estas duas associações também mostram profundas diferenças, com relação à fonte supridora. A associação Ni-Co, parece estar mais ligada à formação dos corpos ultrabásicos, representados na área, somente pelos seus produtos normais de alteração, como serpentinitos, rochas sílico-carbonáticas, calco-silicáticas e sílico-talcosas. Enquanto que o conteúdo de cobre parece provir de uma filiação básica, representada por diques de diabásios, mineralizados em, Cu nativo.

Os processos de esteatização e carbonatação parecem posteriores aos processos de serpentinização, e atuaram nesta área como um agente favorável à liberação de níquel e cobalto, haja vista a completa ausência de halos anômalos, e o baixo conteúdo apresentados por estes elementos.

Com respeito à ocorrência de malaquita e azurita situada na parte NW da área estudada, sua origem parece estar ligada apenas a uma alteração supergenética, agindo sobre Cu nativo, que aparece em quantidades razoáveis nos diabásios desta área. A presença de rochas carbonatadas, aflo

rando nas adjacências, teve participação decisiva na formação de malaquita e azurita. Finalmente, como agente controlador, tivemos as condições de Eh-pH, do meio ambiente local, situados provavelmente na faixa alcalina e oxidante. E de conformidade com esta hipótese, a ocorrência não desperta muito interesse do ponto de vista econômico. Existe no entanto, uma outra remota hipótese, que se baseia na origem desses minerais secundários de cobre, a partir de uma mineralização primária associada a rochas ultrabásicas. Em favor desta hipótese, tem-se a ocorrência de blocos de piroxenito impregnados de malaquita. Então, para cientificar-se da veracidade ou não deste fato, solicitou-se um estudo detalhado dos minerais opacos contidos neste piroxenito, com a finalidade de observar alguma provável ligação entre os minerais secundários de Cu e os minerais opacos. Em caso afirmativo, recomenda-se que os estudos sobre essa ocorrência sejam levados avante, com a utilização de métodos geofísicos, como IP, no sentido de se aquilatar a real intensidade desta anomalia.

A outra anomalia situada no canto sudeste da área, mostra uma intensidade superior à anterior, e delimita um halo de dispersão bem nítido. Então, recomenda-se que seja feita uma malha restrita de poços acima deste polo de maior concentração, para se saber a causa que provocou a formação desta anomalia. E paralelo a este trabalho, sejam efetuados perfís geofísicos pelo método IP (Induced Polarization) para a individualização de possíveis corpos sulfetados em profundidade. (Ver item 6.6.).

Outras conclusões que podem ser extraídas deste trabalho, são os cálculos de alguns parâmetros verdadeiramente anômalos para Cu, pois constatou-se que acima de 320 ppm (limiar) delineou-se dois halos de dispersão secundá

rios, em que num deles tem-se uma ocorrência de cobre prova  
da. Este dado pode conduzir à descoberta de novas ocorrên  
cias de cobre similares.

## 6.6. Prospecção Geofísica

### 6.6.1. Introdução

Dentre os trabalhos conduzidos dentro da área de pesquisa, destacam-se a aplicação de métodos geofísicos (Anexos XXXI e XXXII), tais como:

- Magnetometria com medida de campo magnético vertical;
- Polarização induzida (Arranjo dipolo-dipolo);
- V.L.F. (Very Low Frequency-Eletro Magnetic).

Todos esses métodos foram aplicados, em caráter de reconhecimento e/ou de detalhe, sendo que o último (V.L.F.) teve um caráter mais de teste sobre as anomalias detectadas pelos métodos anteriores, do que propriamente um levantamento sistemático.

Nas principais anomalias detectadas foram per  
furados vários furos de sonda, onde foram constatadas minera  
lizações de magnetita e pirita disseminadas ou preenchendo  
veios.

As anomalias magnéticas foram causadas pela presença de magnetita, muito comum em rochas básicas e ultrá  
básicas (diabásios e serpentinitos), permitindo a separação dessas rochas das encaixantes.

No método de polarização induzida cada tipo de rocha ou solo caracteriza-se por exibir apreciável efeito de

polarização, confinado normalmente a uma pequena faixa de amplitude ("background"). Então, as anomalias detectadas por esse método poderiam ter sido causadas em princípio, por certas argilas e minerais lamelares como a serpentina, sericita, clorita e talco, sulfetos metálicos (com excessão da esfalerita), grafita, carvão, alguns óxidos como magnetita e pirolusita, metais nativos, alguns arsenietos e outros minerais de brilho metálico.

Infelizmente, não se pode distinguir os efeitos anômalos causados por minerais de interesse, daqueles que constituem "ruídos", no método de I.P.

#### 6.6.2. Trabalhos de Reconhecimento

Foram efetuados um total de 68,9 km lineares de magnetometria, sendo que desse total, 43,7 km correspondem a trabalhos efetuados na área do Morro do Rio Jenipapo e 25,2 km na área do Campêstre da Buritirana.

No levantamento magnetométrico foi utilizado um magnetômetro "Flux Gate" modelo MF-2 da Scintrex, para medida da componente vertical do campo magnético. Os espaçamentos utilizados foram de 400 metros entre as linhas e de 50 metros entre as leituras.

Nos trabalhos com utilização do método de polarização induzida, foram realizados 6,3 km lineares distribuídos em nove perfís, em caráter de reconhecimento, com espaçamento de 30 metros e leituras em até 6 níveis, com arranjo dipolo-dipolo. Nesse método, foi utilizado um aparelho de fabricação MACPHAR, modelo P-660 que se mostrou perfeitamente adaptável às condições climáticas da região.

### 6.6.2.1. Considerações dos Resultados

#### 6.6.2.1.1. Magnetometria

O mapa magnetométrico (Anexos XXXIII e XXXIV) com curvas de isogamas na escala 1:10.000, permite separar a área em duas unidades magnéticas principais: uma correspondente às rochas serpentínicas e básicas, com limites bem delineados e caracterizadas por anomalias positivas e negativas de grande intensidade; e outra unidade, correspondentes às rochas encaixantes e sílico-carbonáticas com fraco efeito magnético.

As anomalias de grande amplitude que ocorrem localmente dentro dos serpentinitos, parecem ser provenientes de concentrações superficiais e locais de magnetita. Este fato foi considerado em vista da grande variação nas leituras em pontos imediatamente adjacentes.

Apesar dos perfís magnetométricos não caracterizarem anomalias típicas de falhamentos, os alinhamentos e lineações apresentadas no mapa e evidências geológicas permitem indicar as direções preferenciais dos falhamentos principais, NW-SE e NE-SW que cortam a área (Anexos XXXV e XXXVI).

O comportamento magnético nos locais de ocorrência de diabásio dentro da malha levantada foi de fraco contraste, quando não ocorreram interferências dos campos, provocadas pelas rochas ultramáficas serpentinizadas.

O mapa foi parcialmente prejudicado devido à mudança da direção dos perfís e a irregularidade da densidade de dados dentro da área, que provocou fortes influências e deformações sobre as curvas, representando mais o efeito de correlação entre os perfís. Isto pode ser observado a SE



da área do Morro do Rio Jenipapo onde a densidade de dados é maior, e na área do Campestre da Buritirana, onde os perfís foram efetuados na direção este-oeste.

#### 6.6.2.1.2. Polarização Induzida (I.P.)

Nos perfís de I.P. executados em caráter de re conhecimento, após vários testes locais, constatou-se que as frequências adaptáveis seriam de 2,5 e 0,3 cps respectivamente para alta e baixa. Esses trabalhos indicaram sobre os serpentinitos, efeitos de frequência muito altos, mesmo as sim com anomalias bem definidas e normalmente associadas com anomalias magnéticas locais. Os perfís de resistividade apa rente indicaram contrastes marcantes, que permitiram definir zonas de contato litológico.

Foram executados um total de nove perfís com um espaçamento máximo de 30 metros entre os eletrodos. Em uma das anomalias na Área II (Figura 12), foram executados trabalhos de detalhe. As principais anomalias foram testa das através de furos de sonda, cujos testemunhos apresenta ram zonas altamente magnéticas, e também com ocorrência de pirita disseminada ou preenchendo fraturas.

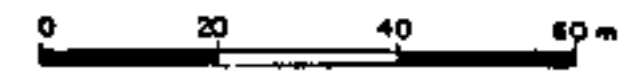
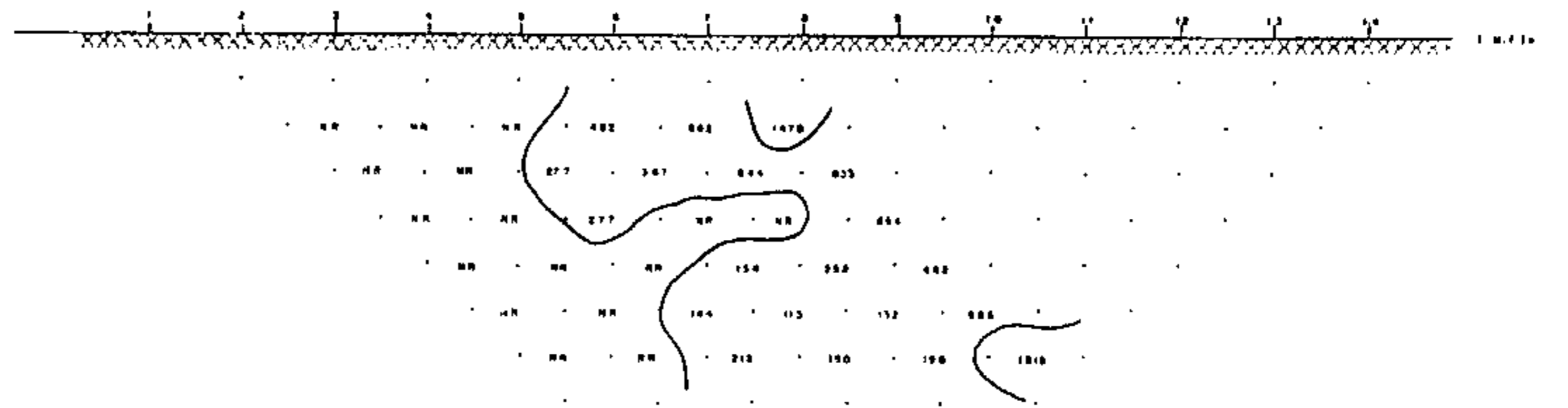
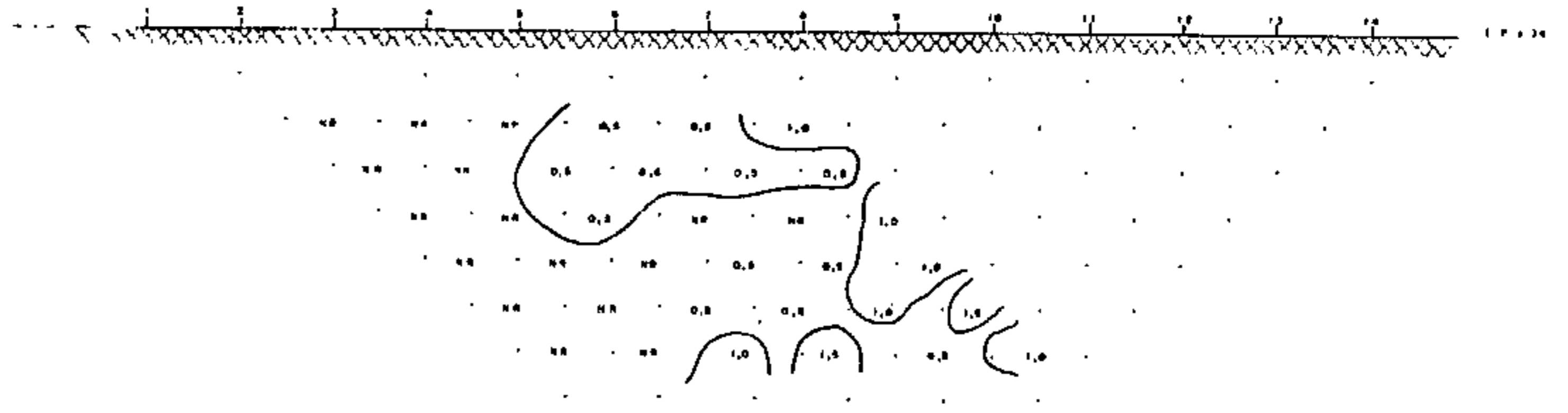
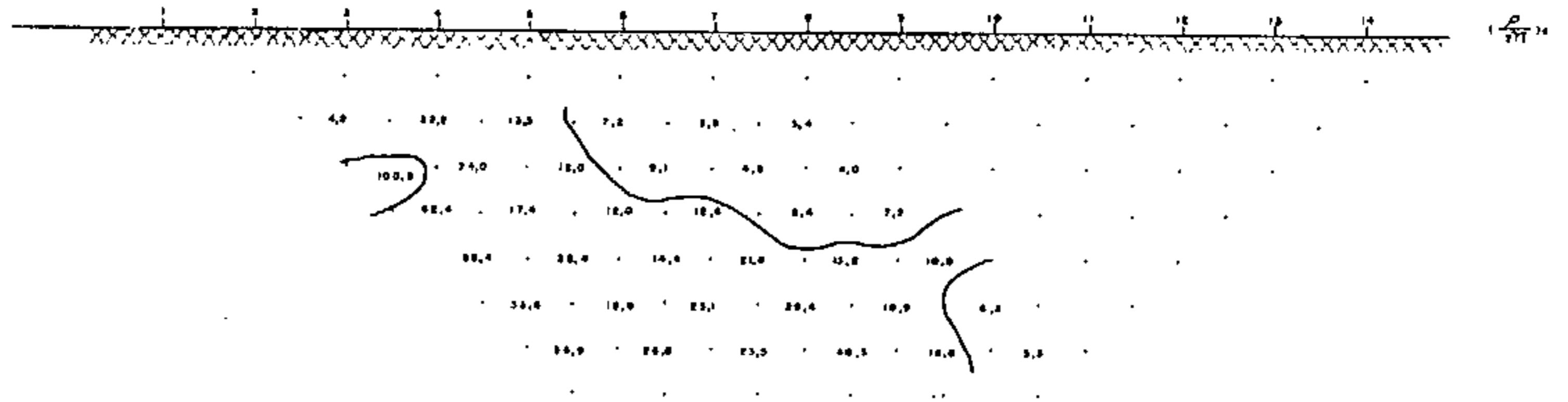
#### Perfil Nº 1 (Figura 42)

Este perfil foi realizado na linha N-120, sen do iniciado na estação 440-N-120, apresentando o espaçamento entre os electrodos de 20 m e frequências de 2,5 a 0,3 cps.

De caráter experimental sobre rochas intrusi vas (serpentinito), não foi registrada nenhuma anomalia dig na de nota, com valores baixíssimos de efeito de frequência (FE), como pode ser observado no perfil anexo.

Figura 42

PERFIL N/1 LINHA N/ 120



### Perfil Nº 2 (Figura 43)

Executado na linha 560, foi iniciado na estação 560-N-120, prolongado no sentido sul. Em toda a sua extensão afloram rochas serpentínicas, tendo-se verificado no trecho compreendido entre as estações 560-N-80 e 560-N-40 a maior anomalia geofísica.

Considerando-se a presença de magnetita na composição mineralógica da rocha em apreço e o alto efeito na polarização induzida que este mineral acusa, interpretou-se como sendo este, a principal causa dessa anomalia.

### Perfil Nº 3 (Figura 44)

Localizado na linha N-120 e iniciado a 164 metros da estação 680-N-120, estendeu-se no sentido oeste, cortando rochas ultrabásicas (serpentinito) e um dique de diabásio.

Não foram registradas anomalias de grande expressão, mas apenas alguns pontos onde o efeito de frequência (FE) é relativamente alto, atingindo até 4% e resistividade aparente baixa, demonstrando uma boa condutividade da rocha.

Como no perfil nº 2, depende de dados adicionais para uma interpretação mais precisa.

### Perfil Nº 4 (Figura 45)

Compreendido entre as estações 680-N-80 e 720-N-80, foi executado sobre rochas carbonatadas, não tendo sido registradas anomalias, apresentando resistividade aparente alta e fator metal (MF) e efeito de frequência (FE) baixos.

Constitui-se de rochas com baixa condutividade e dificilmente poderão estar mineralizadas com sulfetos sus

Figure 42

PERRL Nº 2 - LINDA 560

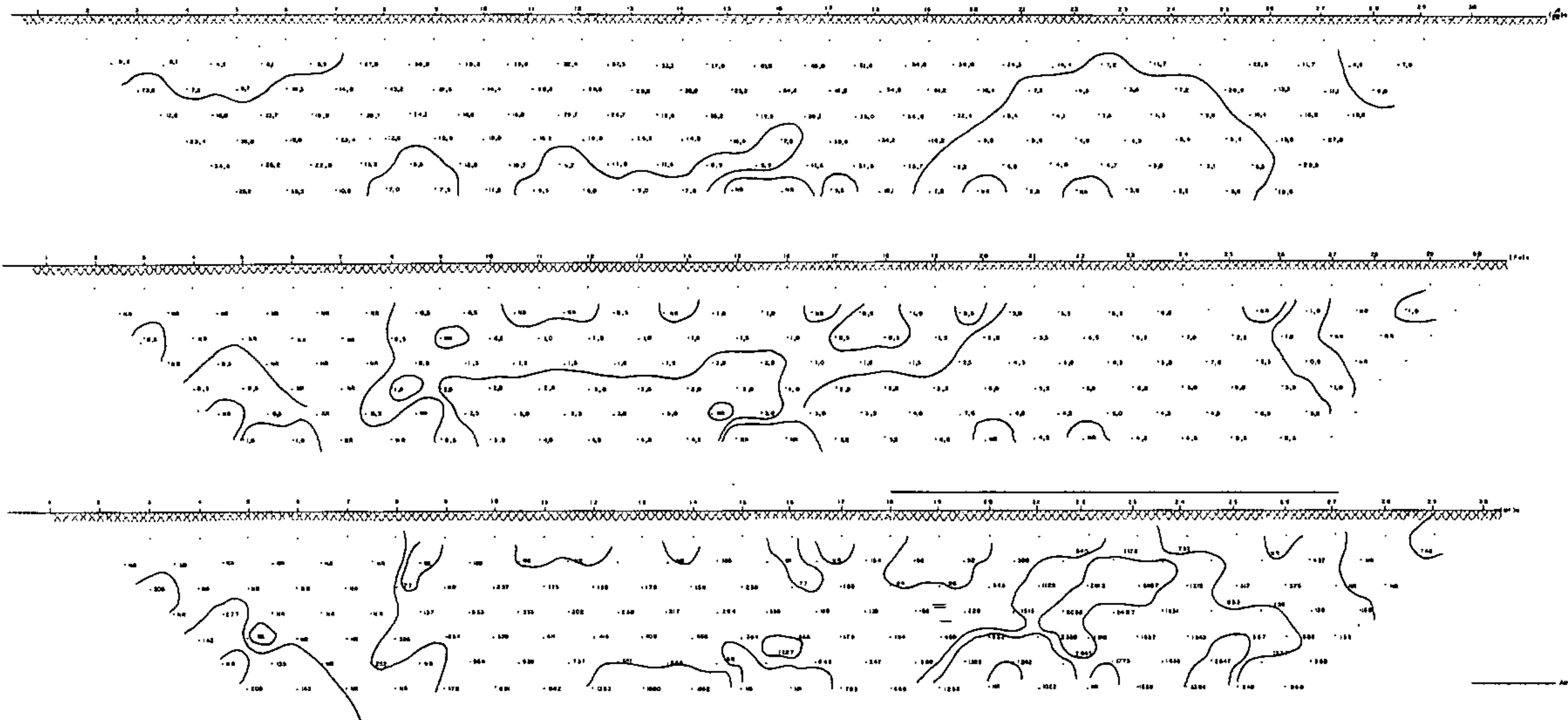
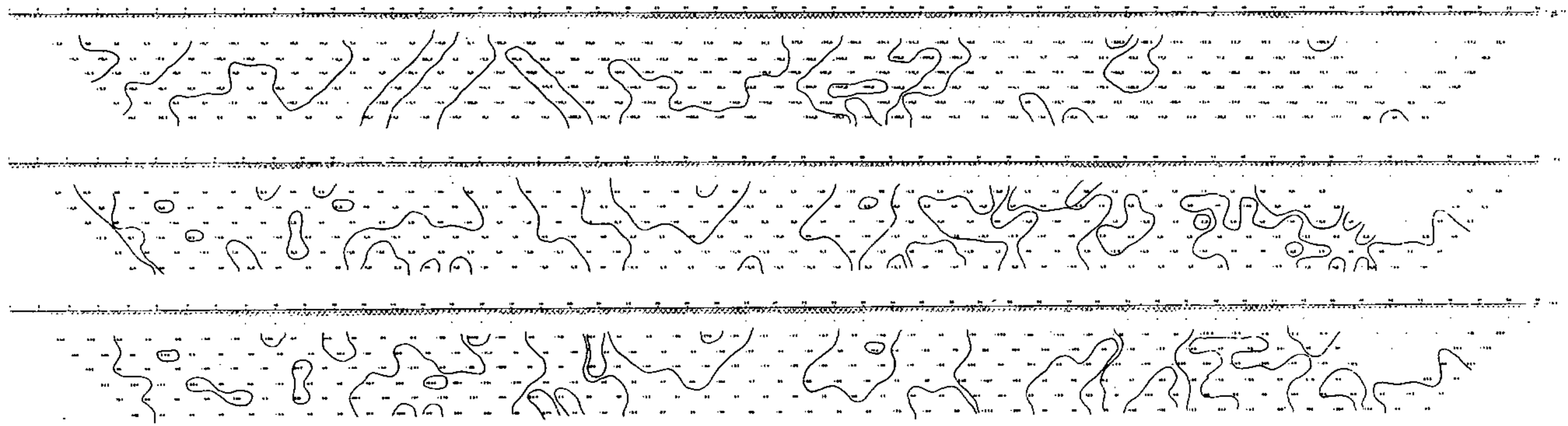


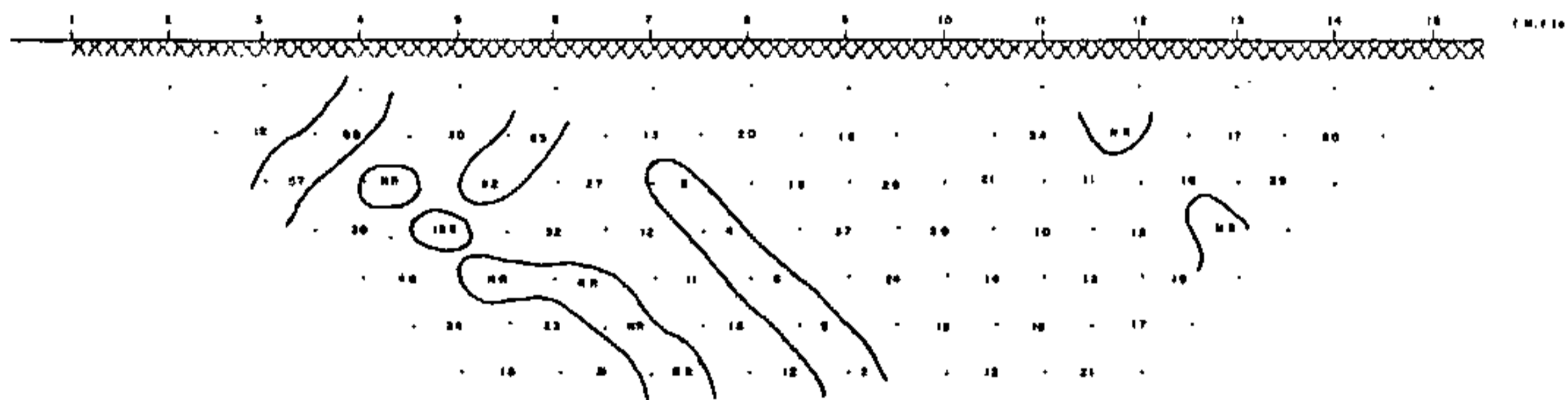
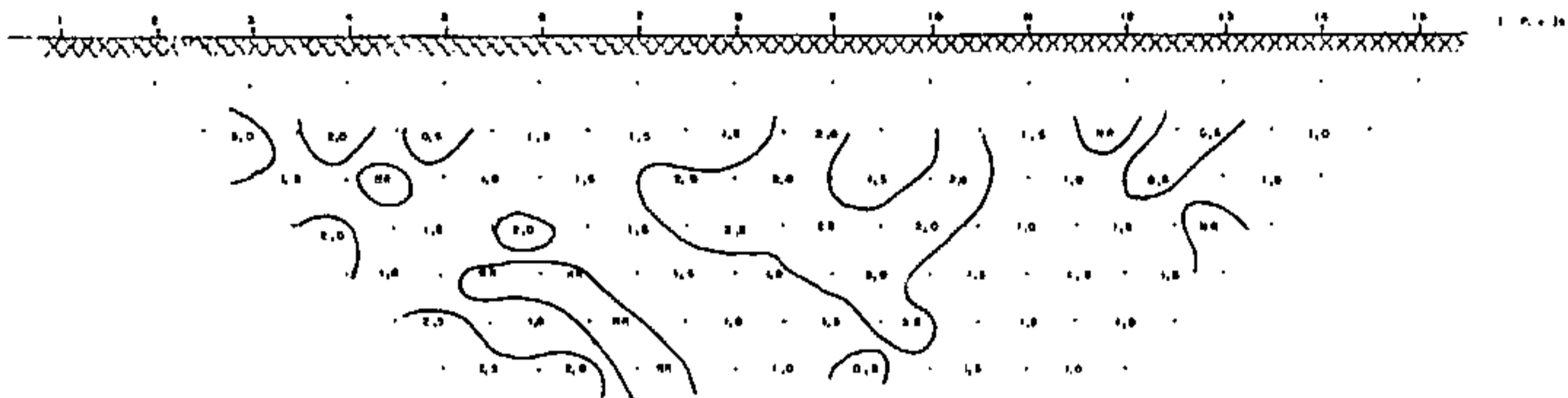
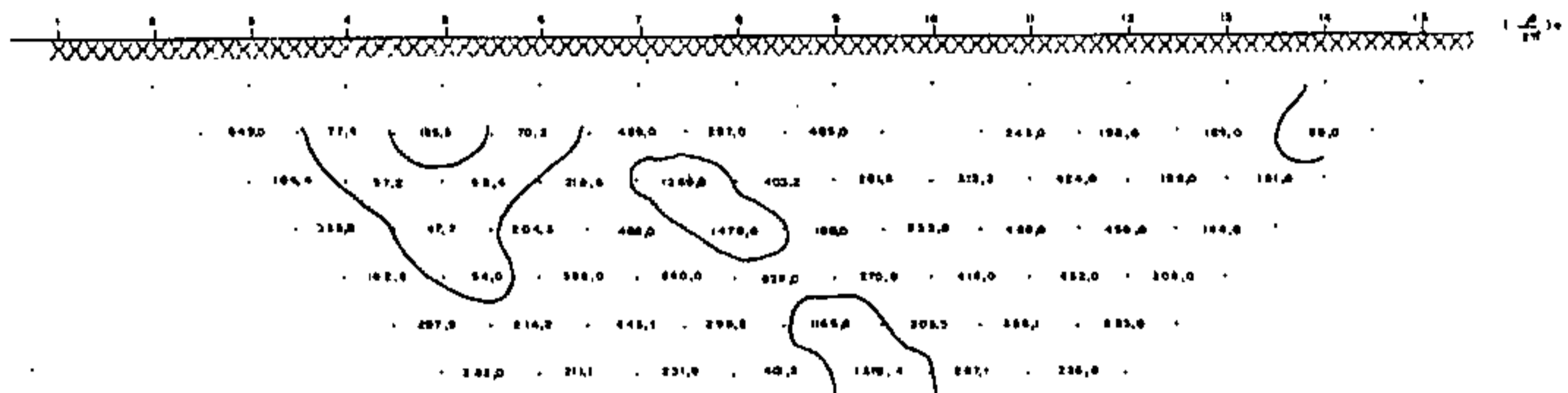
PLATE OF 3 - LINES OF 120



1000

Figura 45

PERFIL N/4 - LINHA N/80



ceptíveis de serem prospectados por I.P.

#### Perfil Nº 5 (Figura 46)

Este perfil situa-se na linha 560 e constitui a continuação do perfil nº 2 (dois), tendo sido iniciado no final deste e prolongado no sentido sul até a estação 560-EW.

Na sua primeira metade não foi observado efeito de polarização induzida. A outra parte do perfil, apresenta um leve efeito de frequência (FE), correspondendo a uma zona de resistividade altíssima que poderá ser devida a um corpo de baixa condutividade, talvez muito compacto (diabásio?).

#### Perfil Nº 6 (Figura 47)

Localizado na linha 520, foi iniciado na estação 520-N-120 prolongando-se no sentido sul em uma extensão de 930 metros, sendo aí interrompido em decorrência das dificuldades operacionais, causadas pela topografia muito acidentada.

A rocha aflorante é constituída de serpentinito, ocorrendo zonas bastante falhadas, com presença de intensa silicificação e formação de cataclasitos.

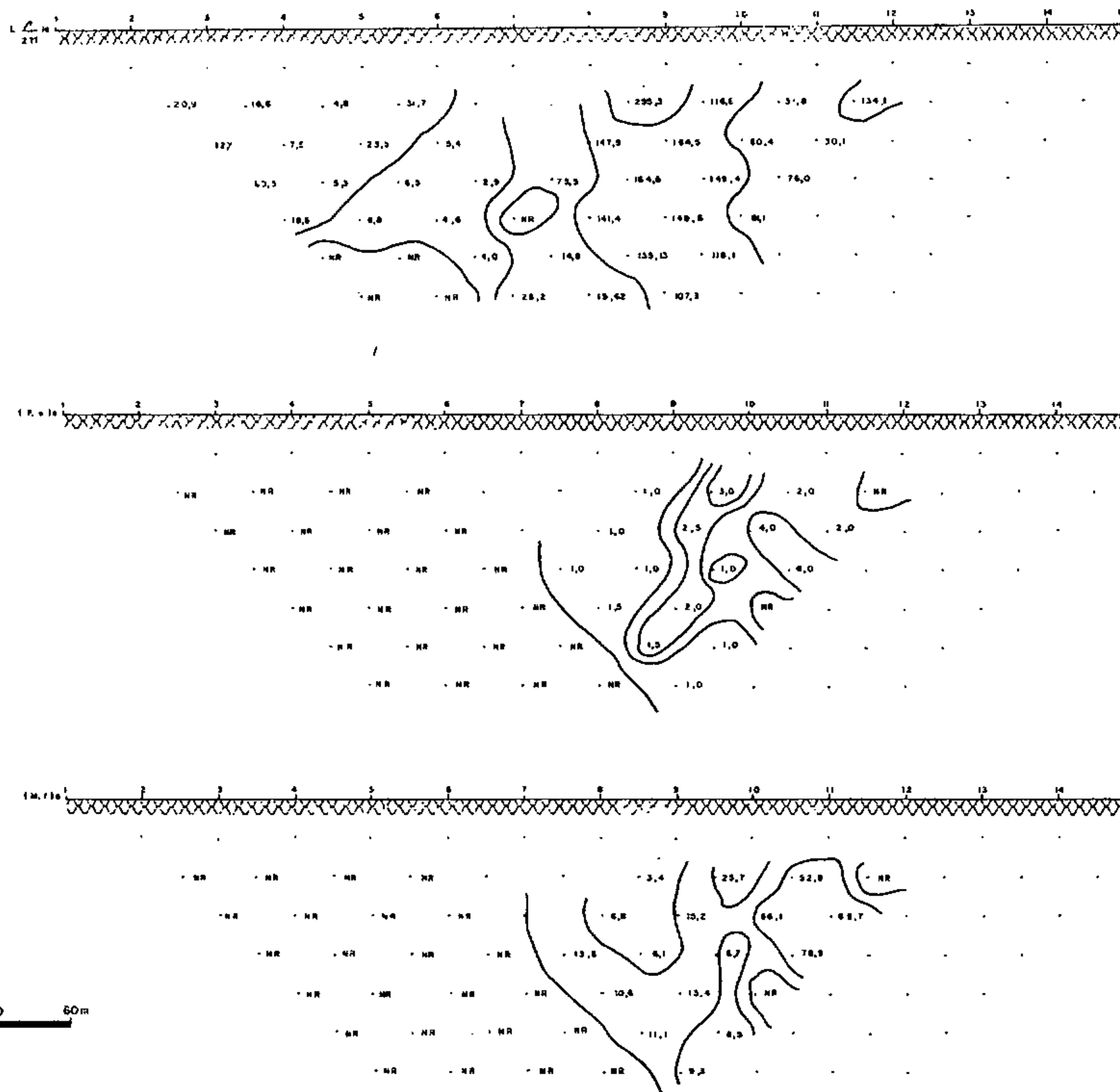
Não apresenta nenhuma anomalia digna de nota, pois os valores do efeito de frequência (FE), são relativamente baixos, menores do que 3,0%, e correspondentes valores de fator metal (MF), que apresentam-se sem expressão.

#### Perfil Nº 7 (Figura 48)

É um prolongamento para sul do perfil nº 6, que por motivo já abordado teve que ser interrompido, tendo sido iniciado logo após a escarpa existente, e prolongado para sul até a estação 520-EW.

Figura 46

PERFIL N/5 - LINHA N/560



0 30 60m



Figura Nº 47  
PERFIL N/6 - LINHA N/520

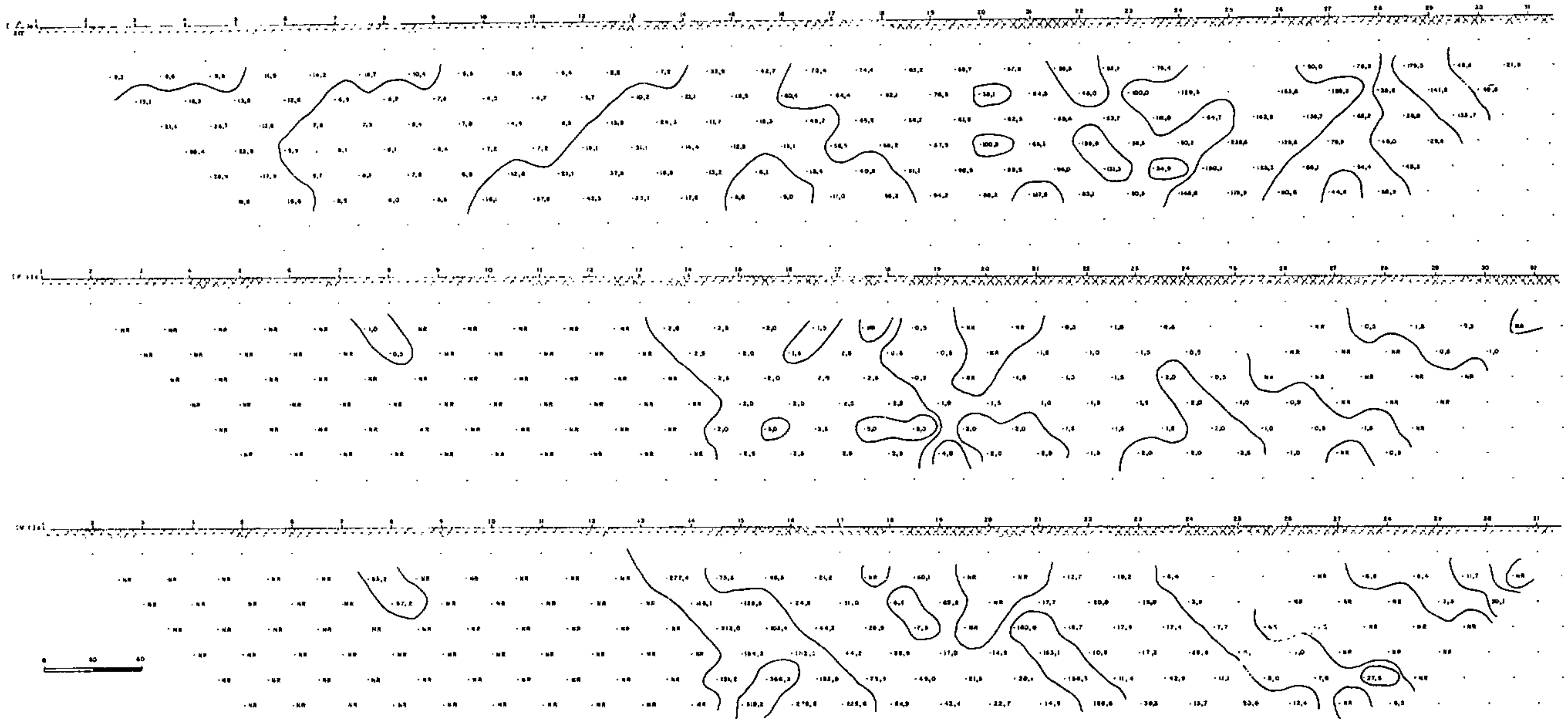
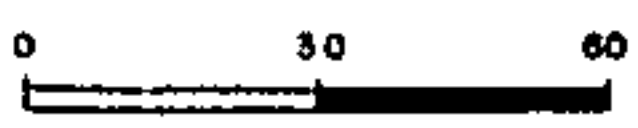
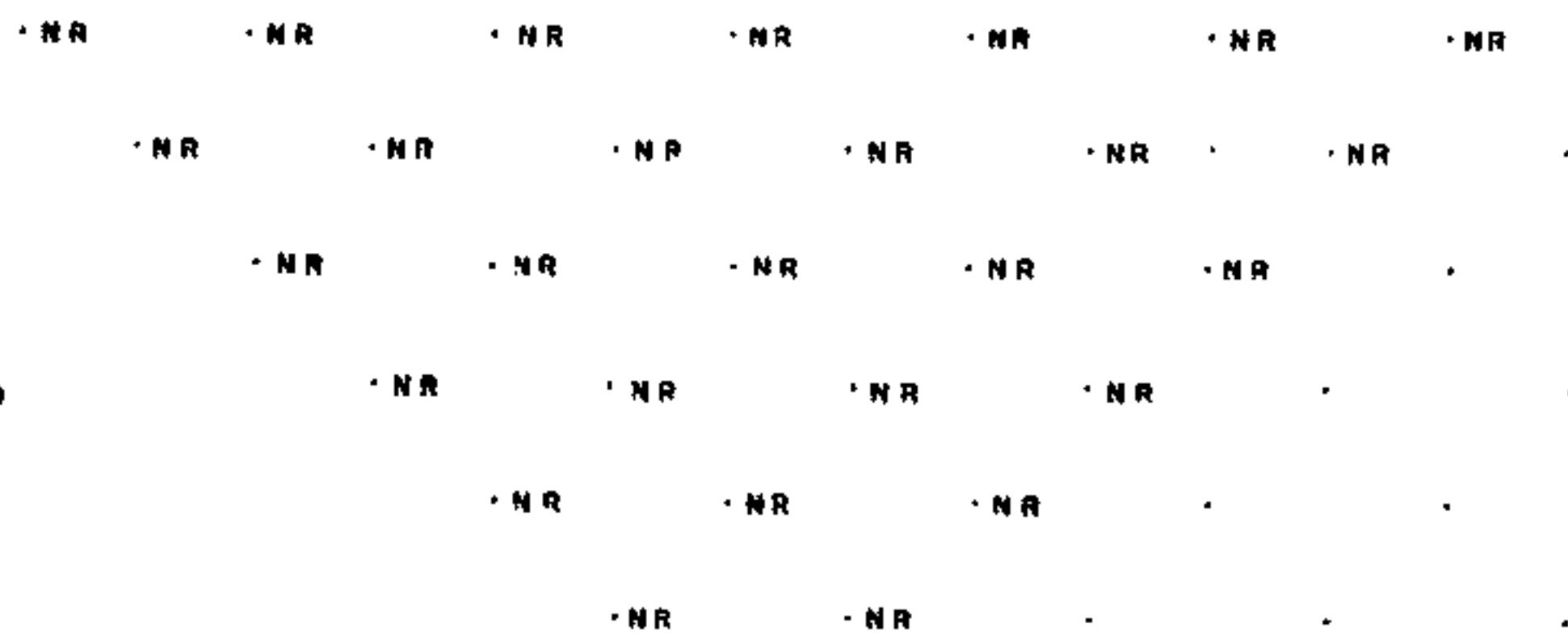
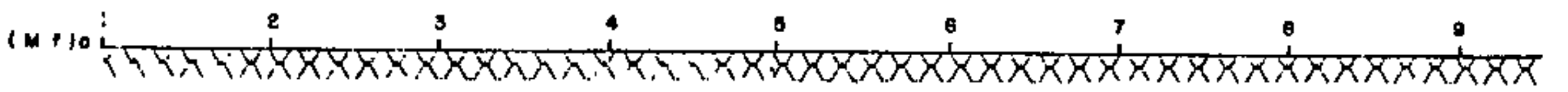
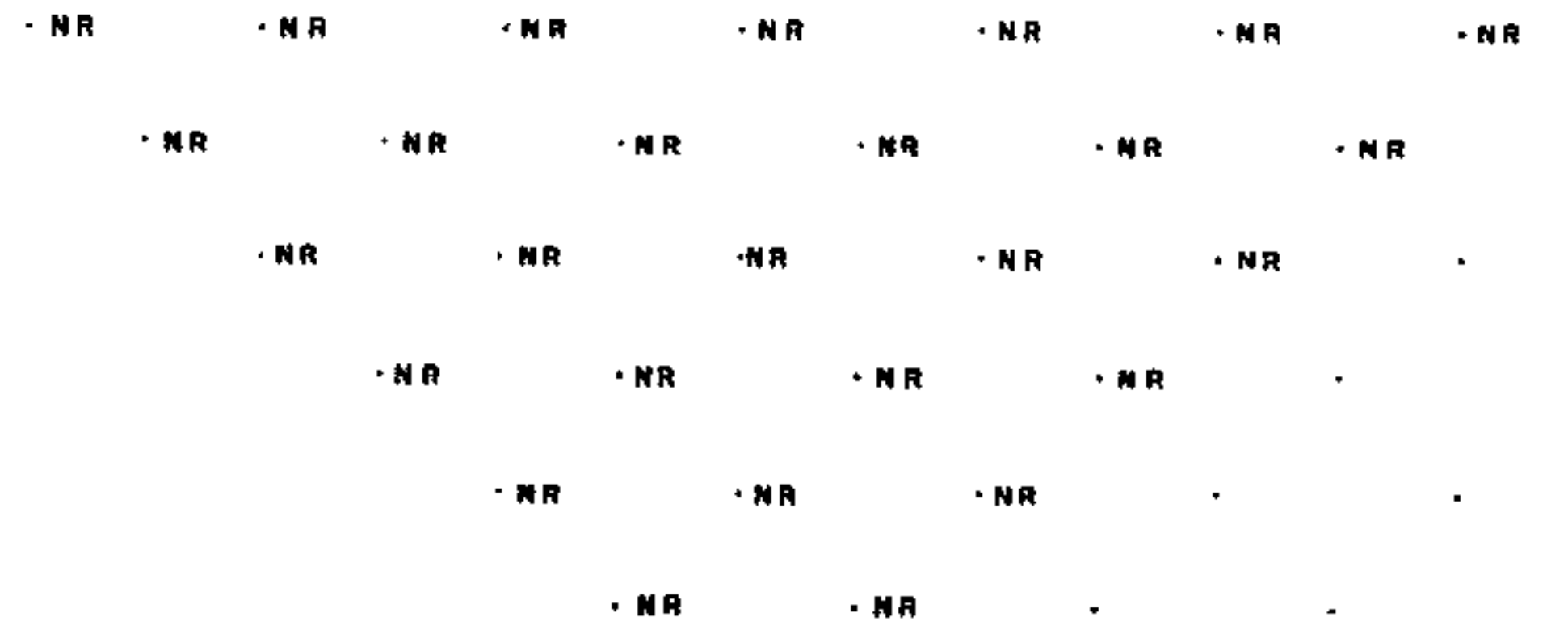
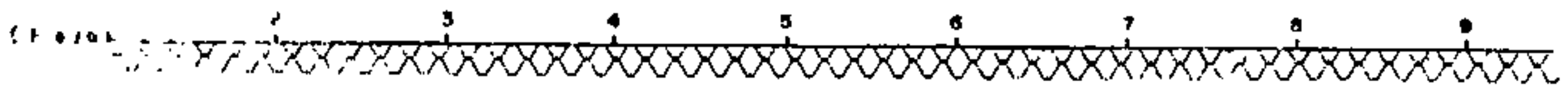
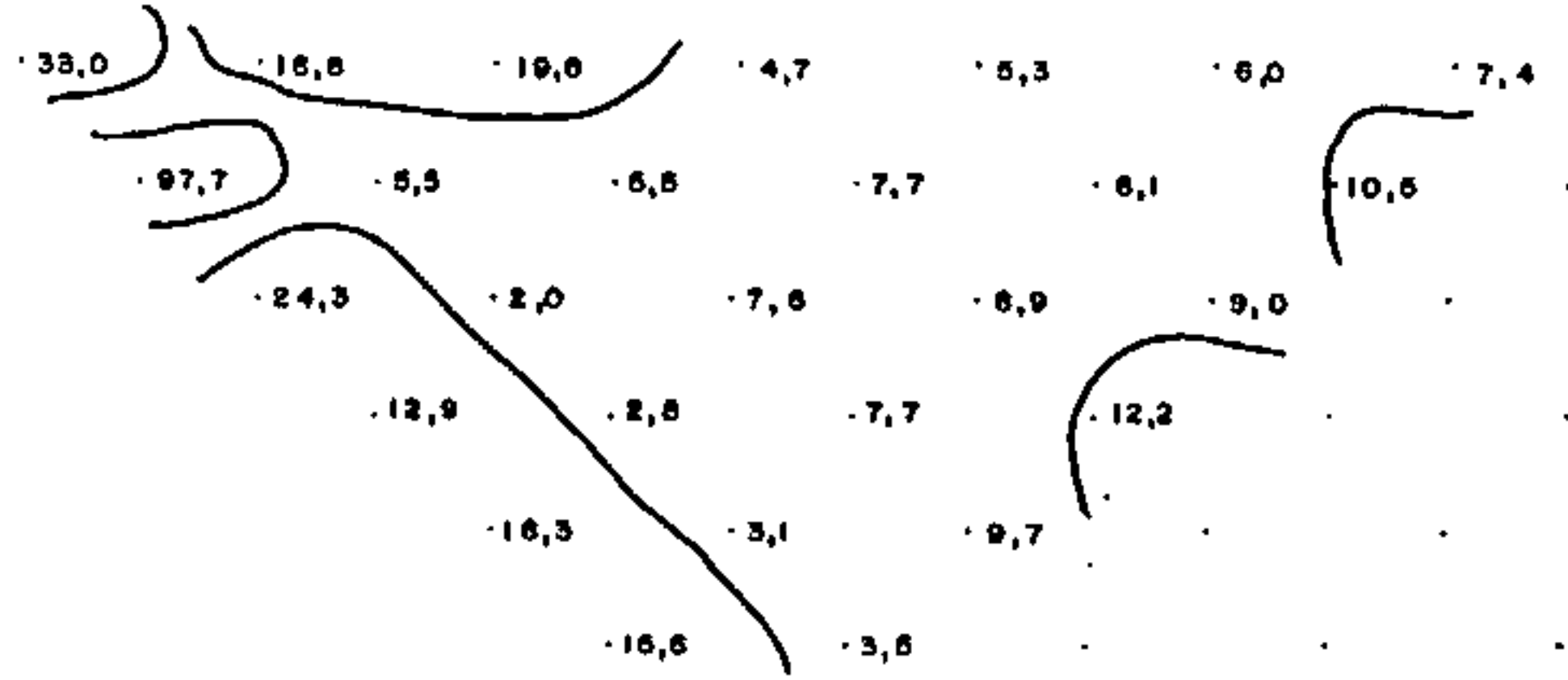
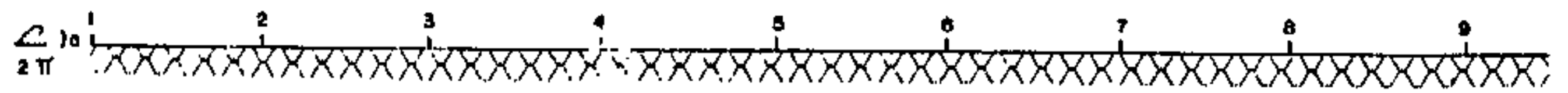


Figura 4 B

PERFIL N/7 - LINHA N/520



Não apresenta efeito de polarização induzida, como pode ser observado no perfil anexo, onde os valores de efeito de frequência (FE) são nulos.

#### Perfil Nº 8 (Figura 49)

Localizado na linha 600, foi iniciado na estação 600-N-120 e prolongado no sentido sul, em uma extensão de 990 metros, não sendo prosseguido em decorrência de uma escarpa abrupta que impossibilitou a operação de campo.

No intervalo compreendido entre os piquetes 1 a 14, ocorre uma anomalia geofísica, com razoável efeito de polarização induzida.

Pode-se verificar em foto aérea que este trecho anômalo corresponde a uma zona de falha, que possui direção SE-NW e corta também a anomalia do perfil nº 2.

#### Perfil Nº 9 (Figura 50)

Situa-se na linha 400 tendo sido iniciado na estação 400-N-80, prolongando-se no sentido sul por uma extensão de 690 metros.

No início do perfil, o efeito de frequência (FE), apresentou-se razoavelmente alto, com valores de até 5,5%, podendo-se observar no perfil anexo, que corresponde a uma zona com fator metal (MF) médio e resistividades aparentes baixas.

O restante do perfil não apresenta efeito de polarização induzida.

### 6.6.3. Trabalhos de Detalhe

Os trabalhos de magnetometria de semi-detalle

Figure 49

PERFIL N/S - LWHA N/600

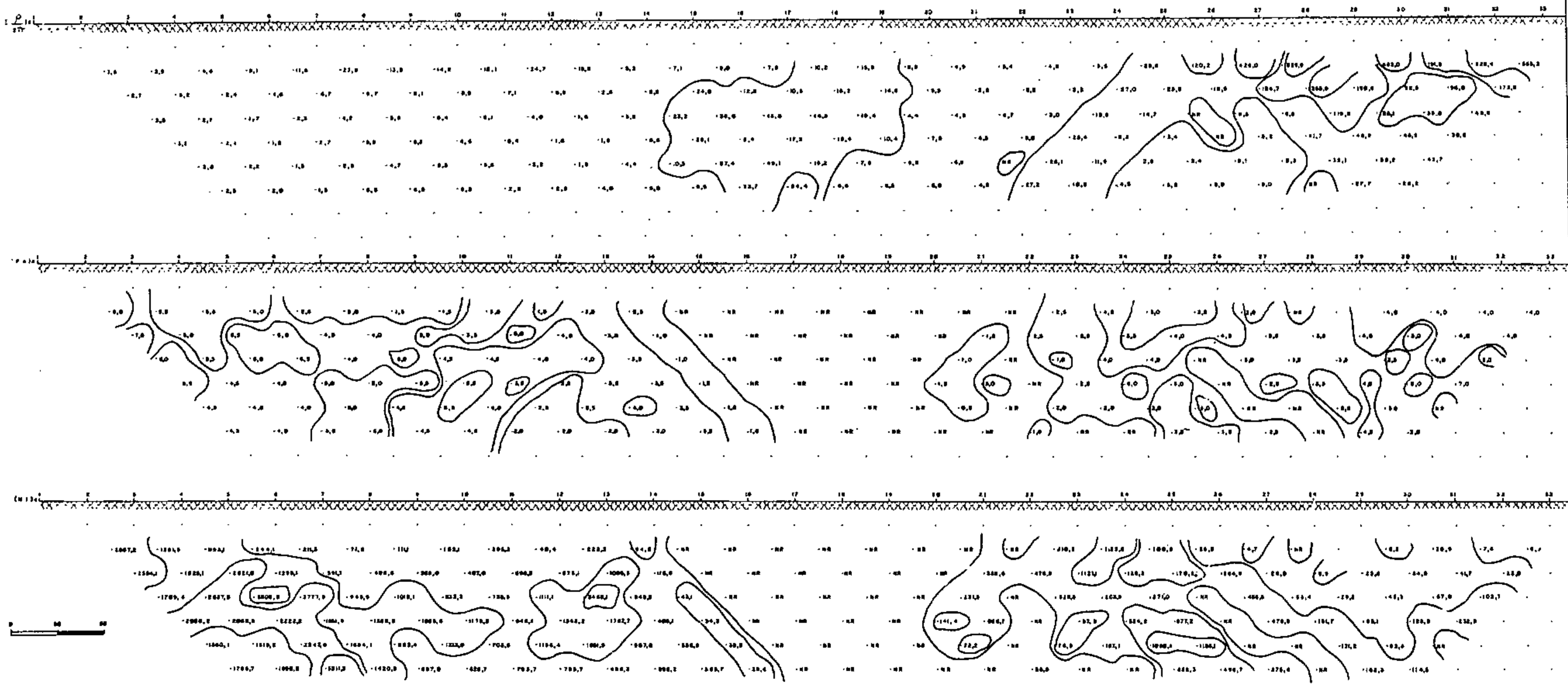
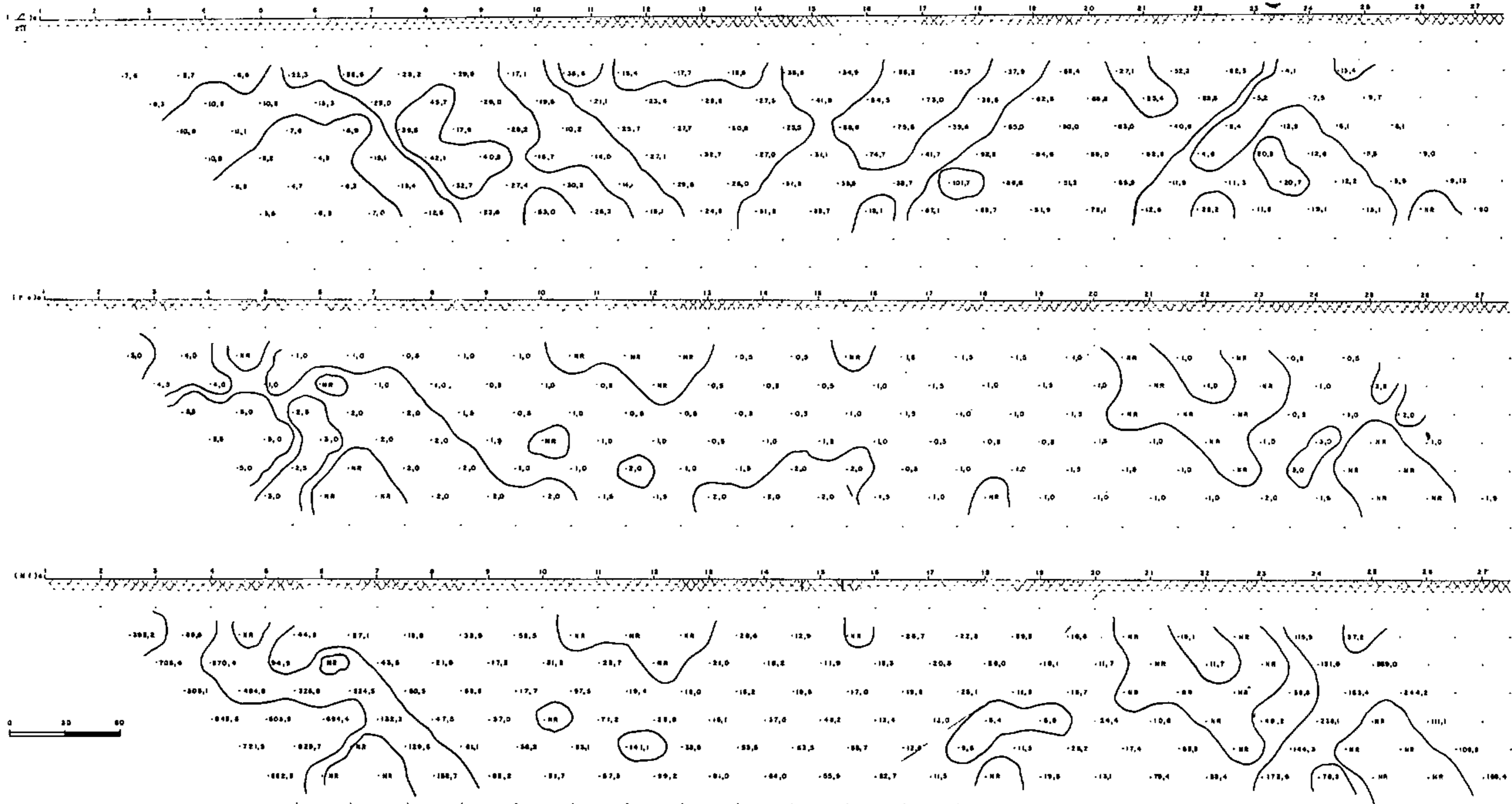


Figura 30

PERFL. N/9 - LINHA N/400



foram efetuados em duas áreas, dentro da área do Morro do Rio Jenipapo, com espaçamentos de 100 metros entre os perfís e 20 metros entre as estações. Estas áreas, retangulares, estão limitadas pelos vértices correspondentes às estações: (800-N-160, 680-N-160, 680-N-40 e 800-N-40); (620-N-140, 580-N-140, 580-N-80 e 620-N-80). As duas foram denominadas respectivamente, Área de Detalhe I e Área de Detalhe II (Figura 12) e foram objeto de um levantamento utilizando-se o método de polarização induzida em caráter de detalhe e de um levantamento com o método de V.L.F. em caráter de teste sobre as anomalias existentes.


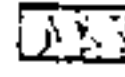
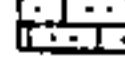



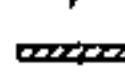


#### 6.6.3.1. Área de Detalhe I

Com a finalidade de se verificar a possibilidade de mineralizações abaixo da zona de oxidação, representada por blocos de rocha contendo carbonatos de cobre, foram efetuados alguns perfís de detalhe com o método elétrico de polarização induzida (I.P.), bem como alguns perfís com o método eletromagnético de V.L.F.

Trata-se de uma área relativamente restrita, inclinada topograficamente, situada no flanco de uma escarpa, geologicamente representada em superfície, por ocorrências de rochas sílico-carbonatadas com fraturas preenchidas por talco, blocos de diabásios finos e grosseiros, mineralizados com cobre nativo disseminado; xistos sericíticos representando provavelmente a encaixante; silixitos brechados, e ocorrências de malaquita e azurita em uma zona de oxidação e/ou enriquecimento supergênico (Figura 51). Esta figura mostra apenas os locais de ocorrência dos diferentes tipos litológicos, que nem sempre constituem afloramentos propria

CONVENÇÕES

MAPA LITOLÓGICO

-  DIABÁSIO
-  SILÍXITO ORICHOIDE
-  CALCÁRIO BILICADO AS VEZES COM NÍVEIS DE TALCO
-  POSSÍVEL ENSAIANTE
-  LATERITA
-  DRENAGEM
-  TRINCHERA
-  CONTATO APROXIMADO
-  FURO DE SONDA

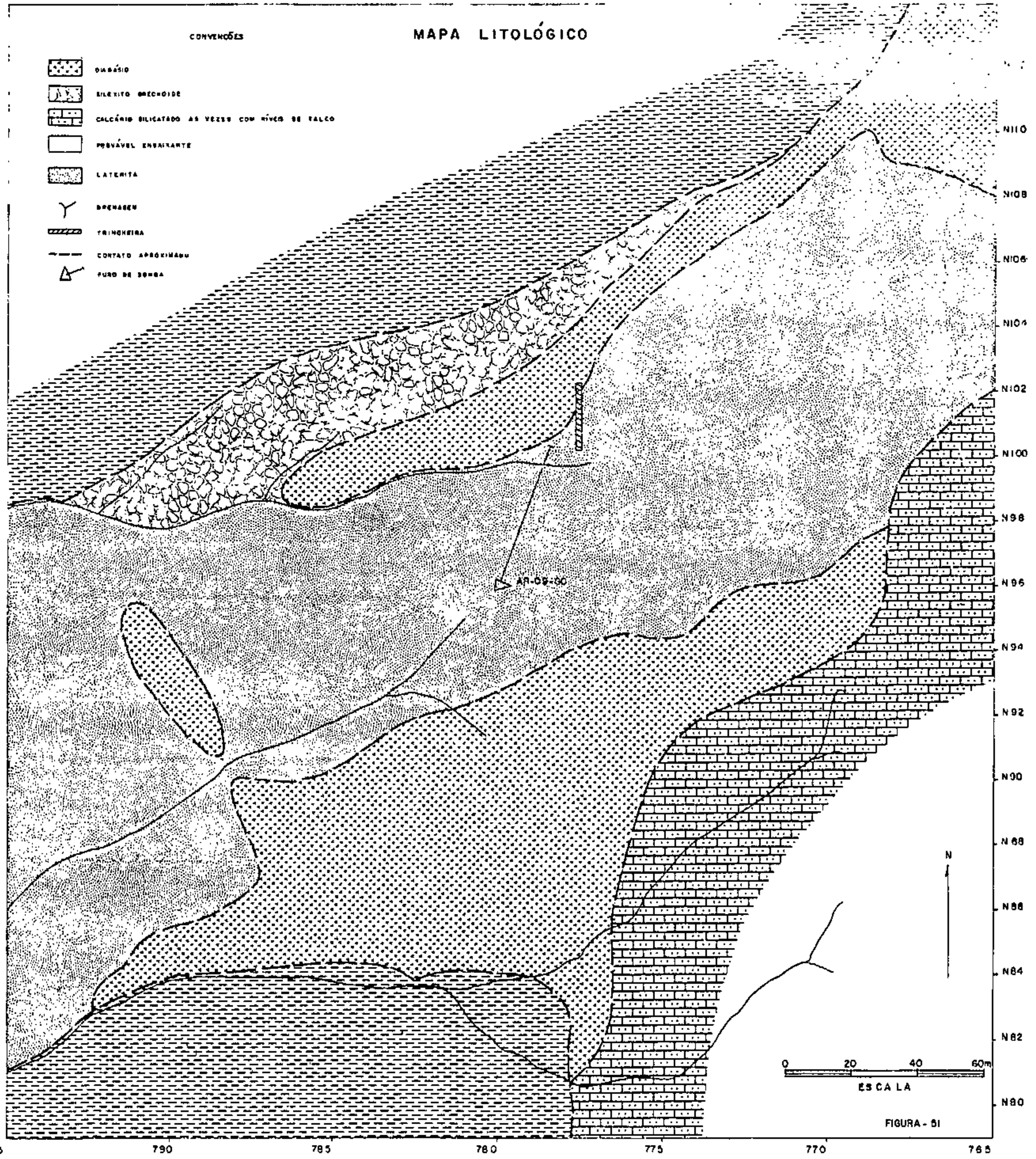


FIGURA - 51

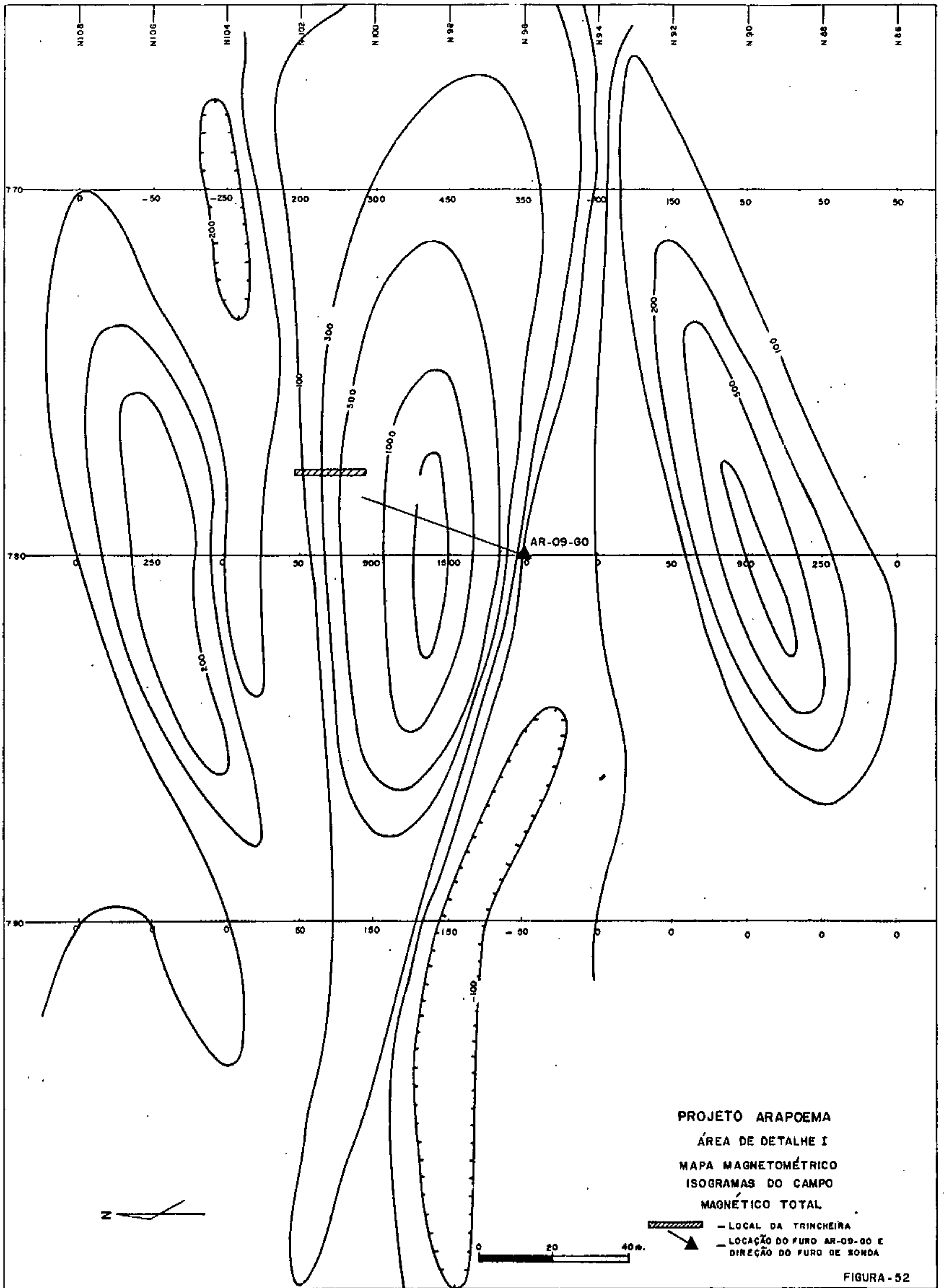


FIGURA-52



POLARIZAÇÃO INDUZIDA

ÁREA: ARAPOEMA

PERFIL: 770 (N-S)

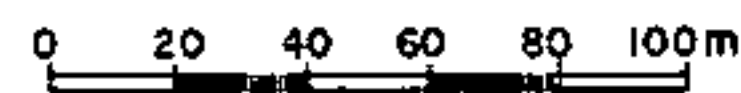
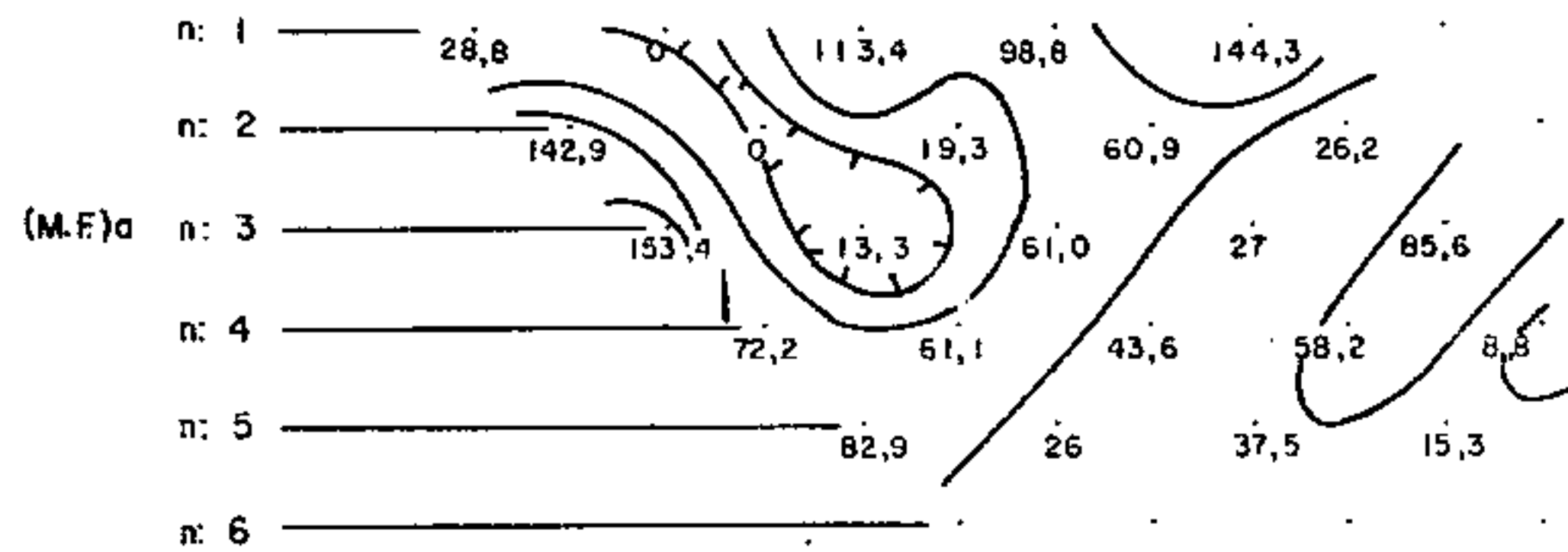
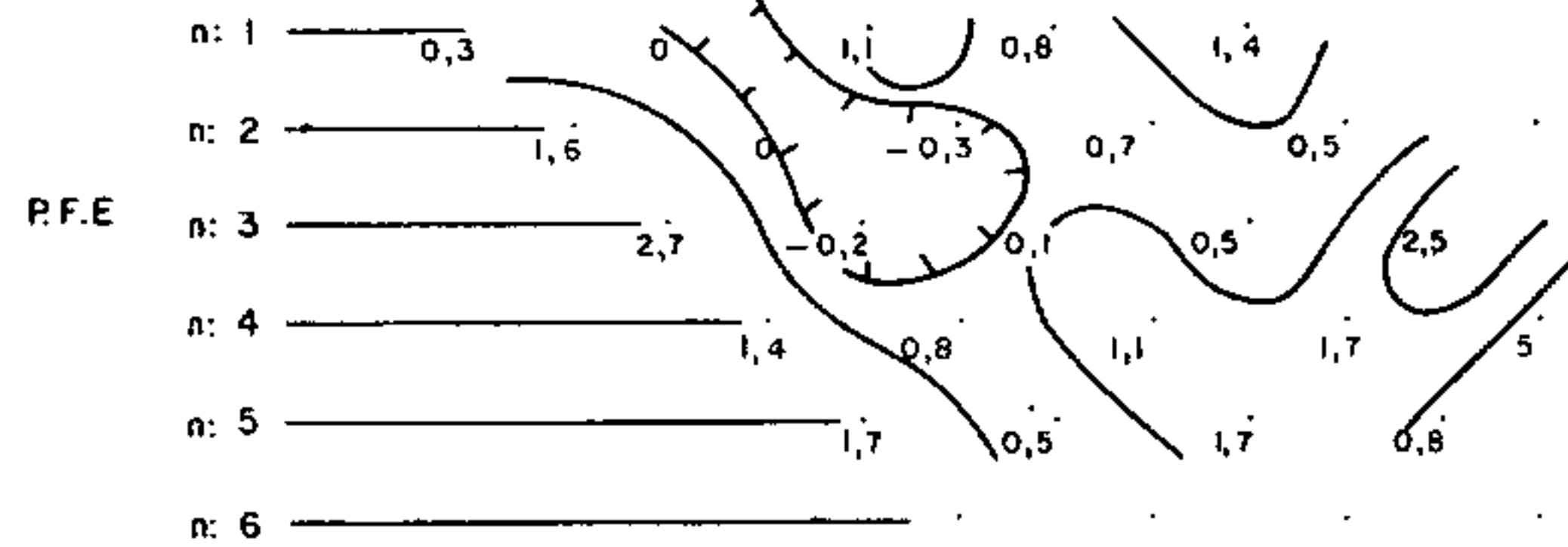
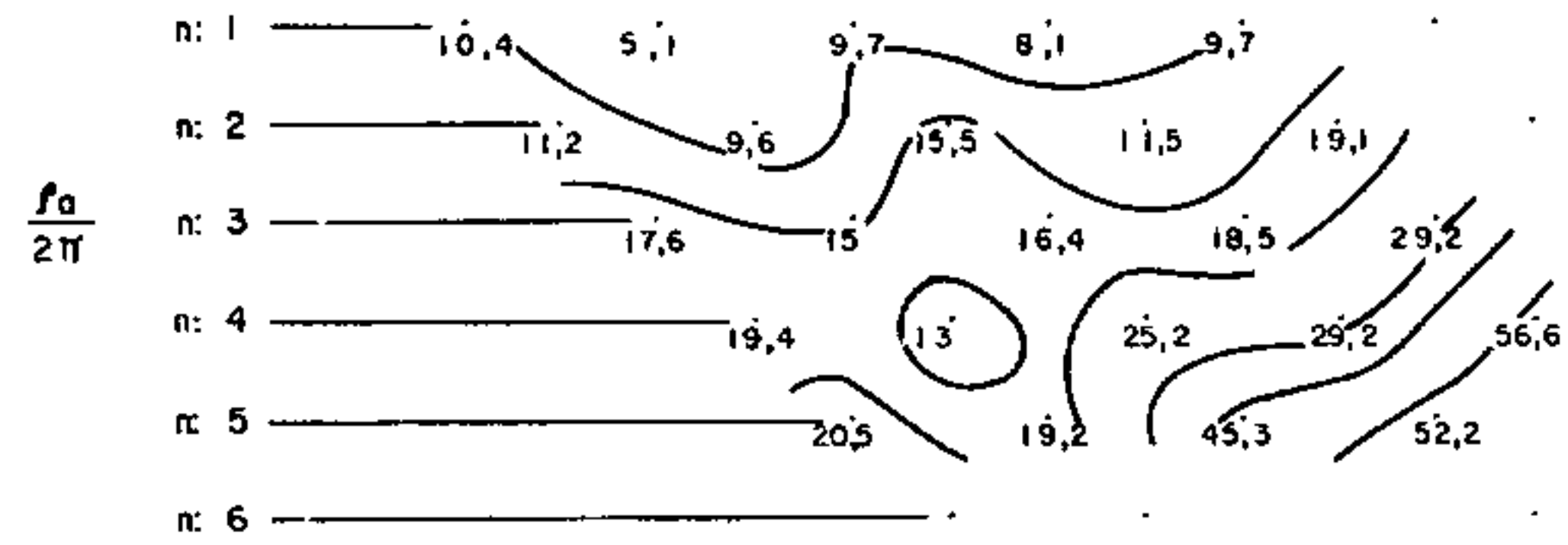
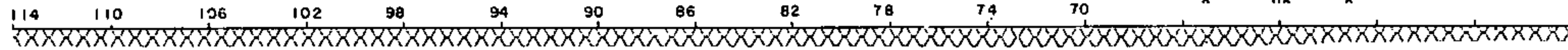
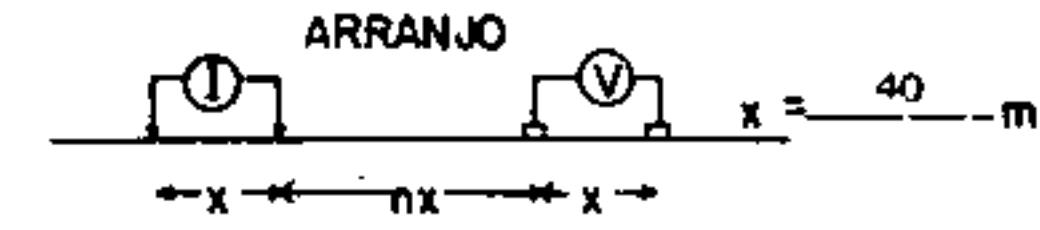


FIGURA - 53

POLARIZAÇÃO INDUZIDA

ÁREA: ARAPOEMA

PERFIL 773 (N-S)

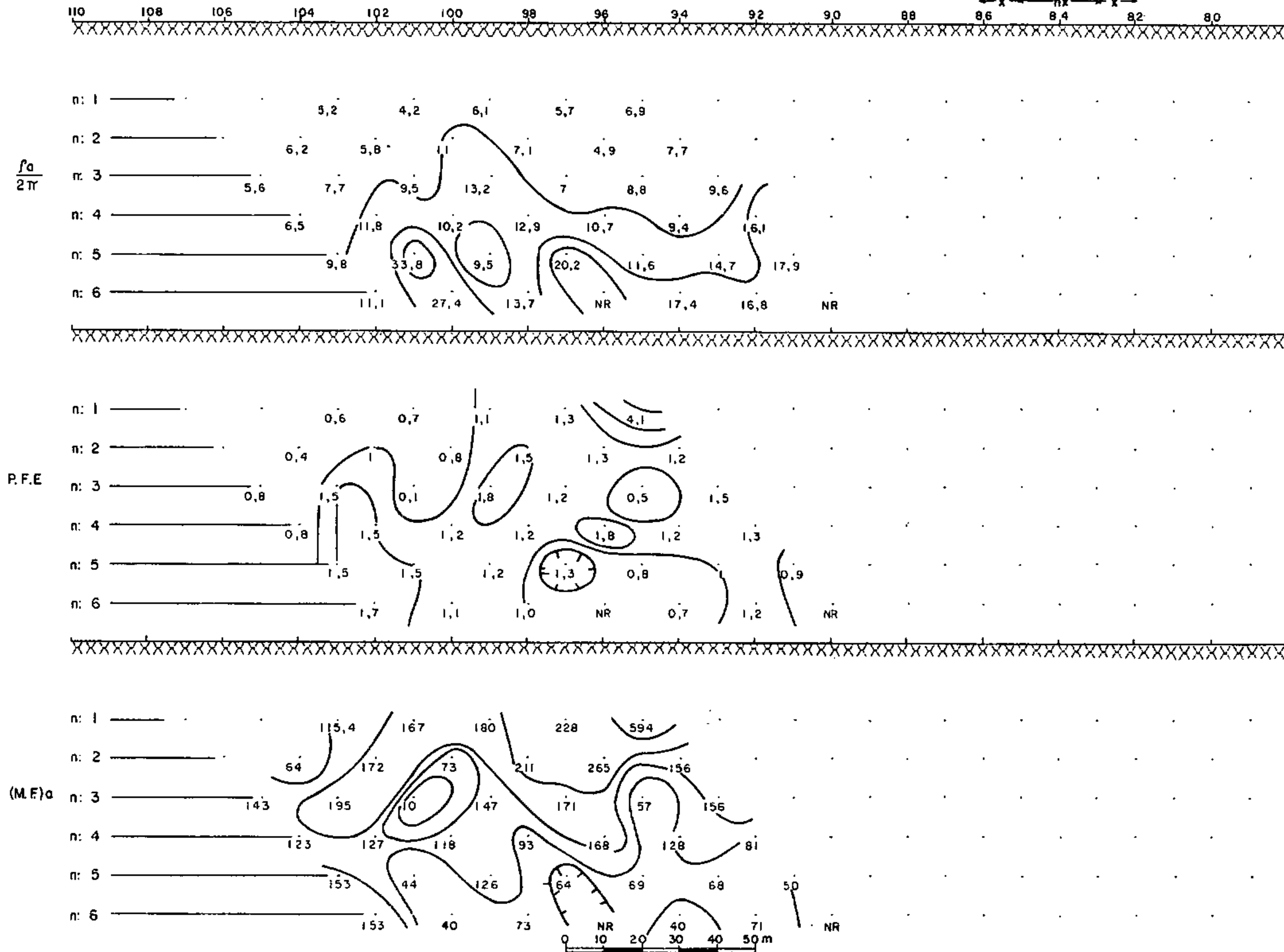
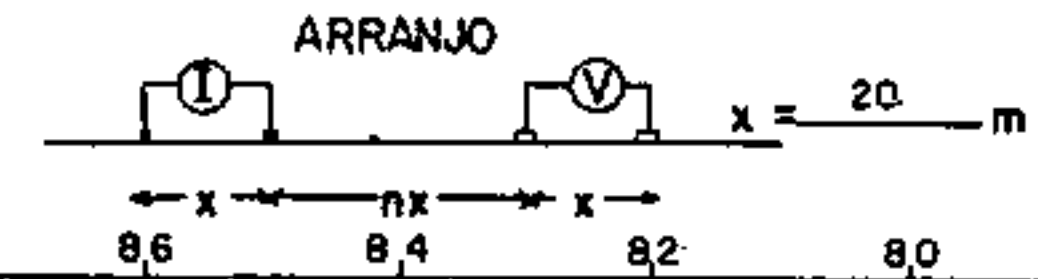


FIGURA-54

POLARIZAÇÃO INDUZIDA

ÁREA: ARAPOEMA

PERFIL : 775 (N-S)

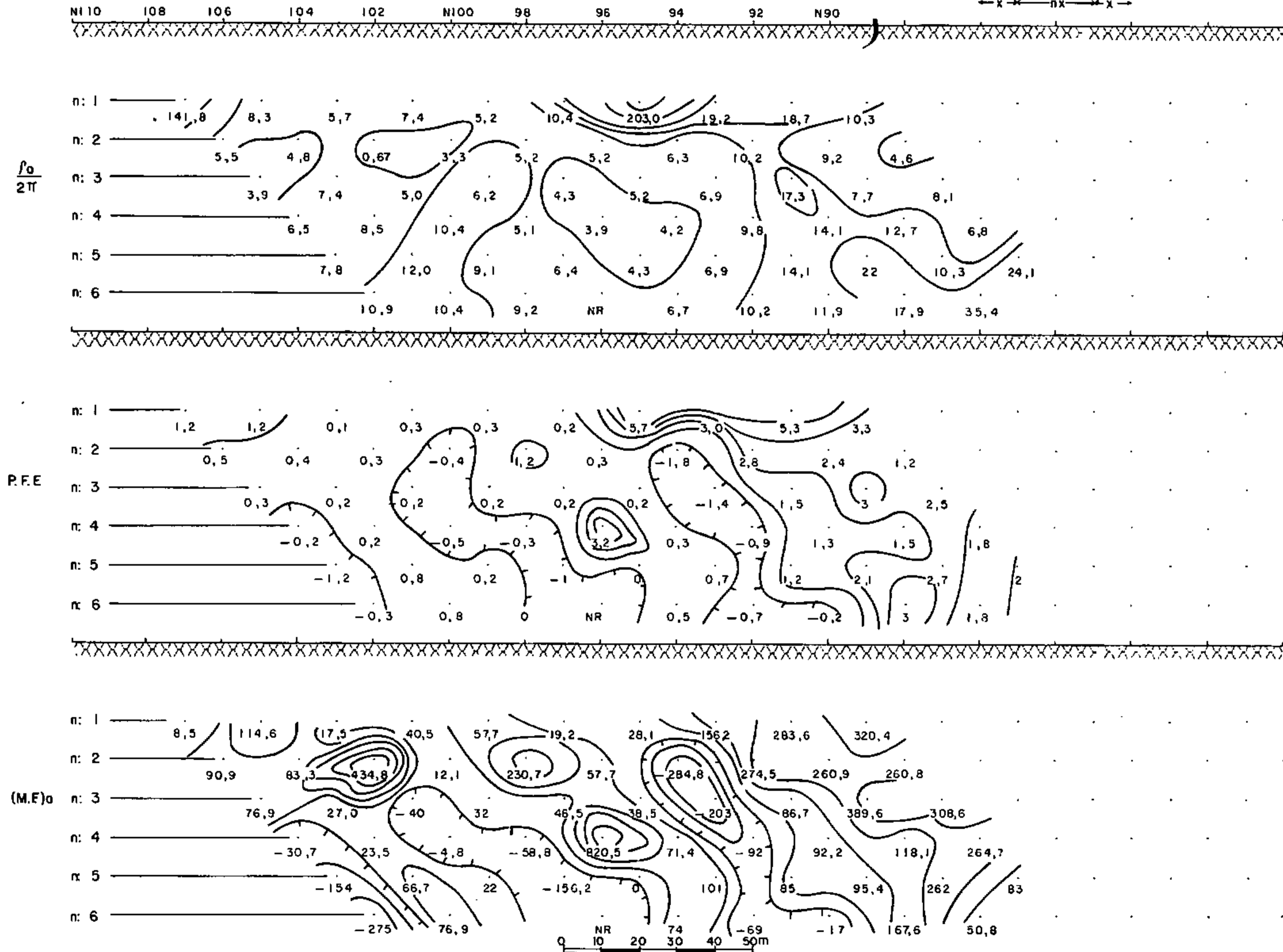
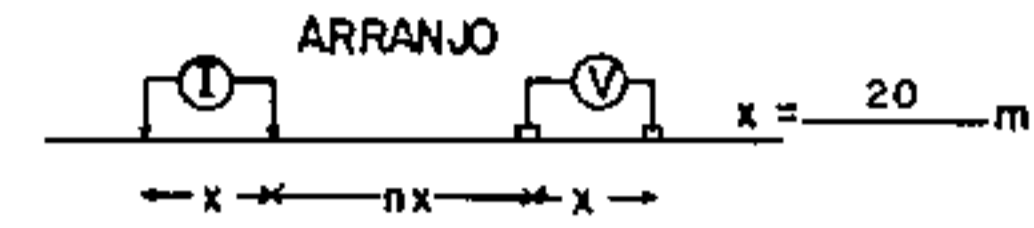


FIGURA - 55

POLARIZAÇÃO INDUZIDA

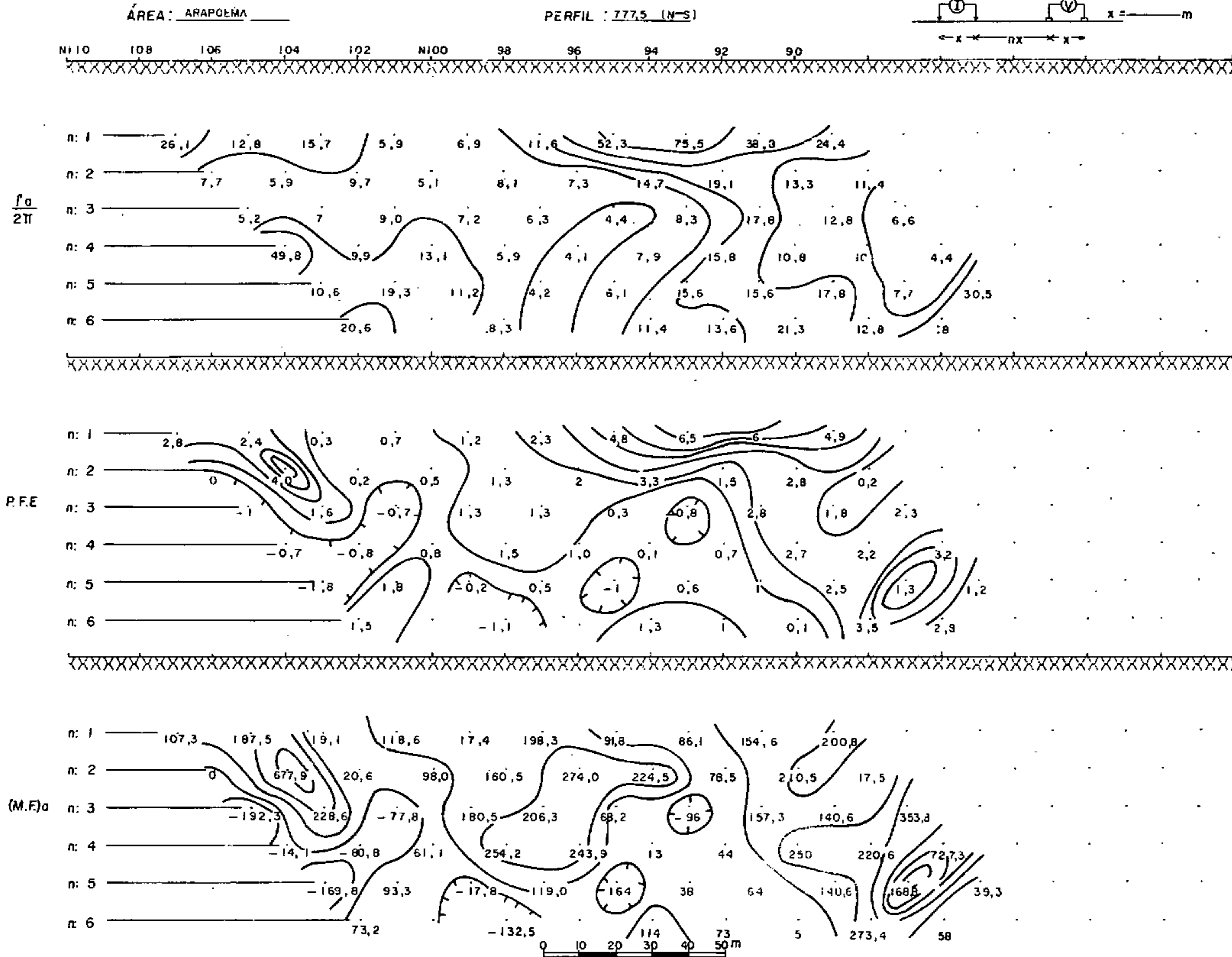
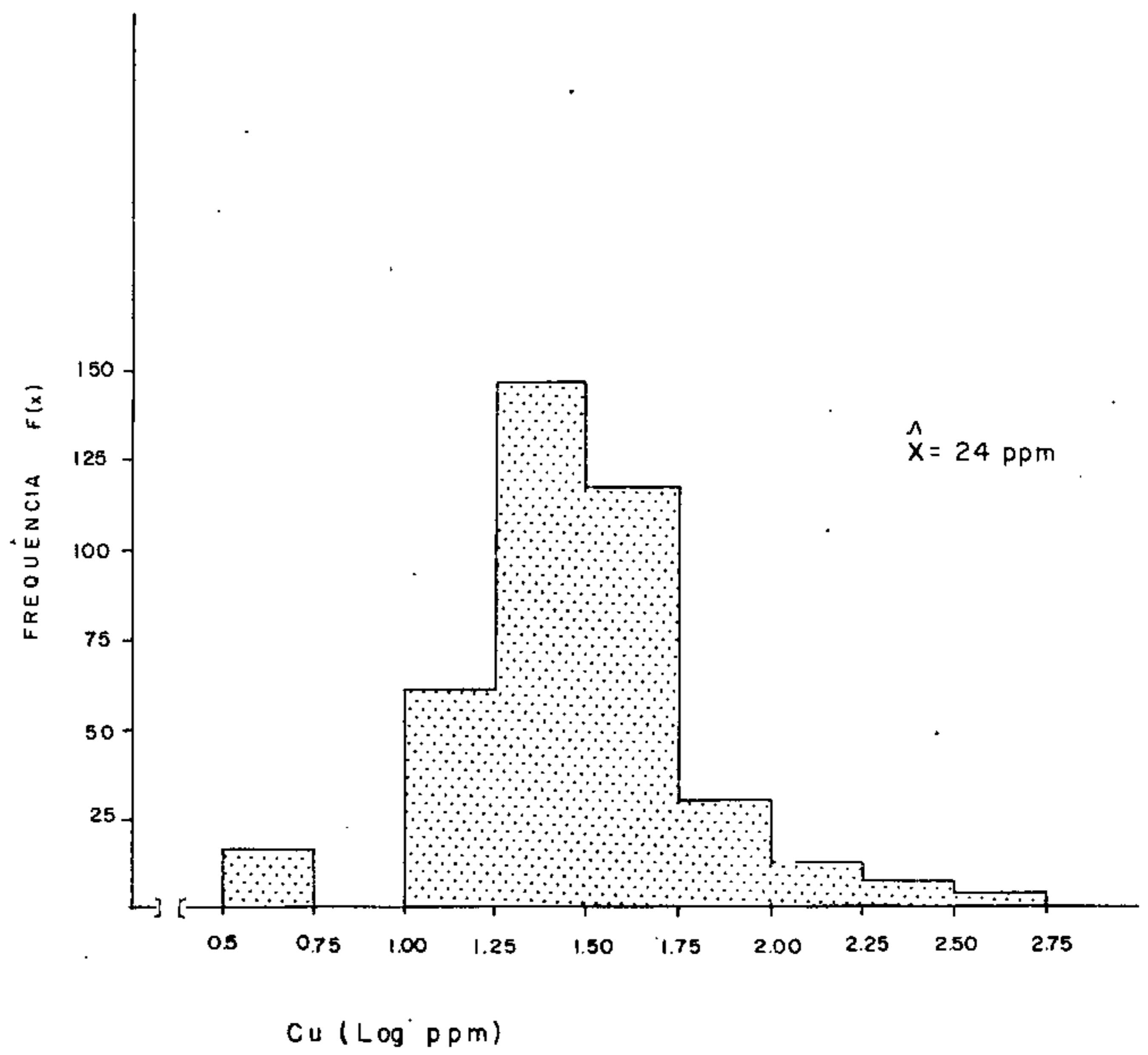


FIGURA-56

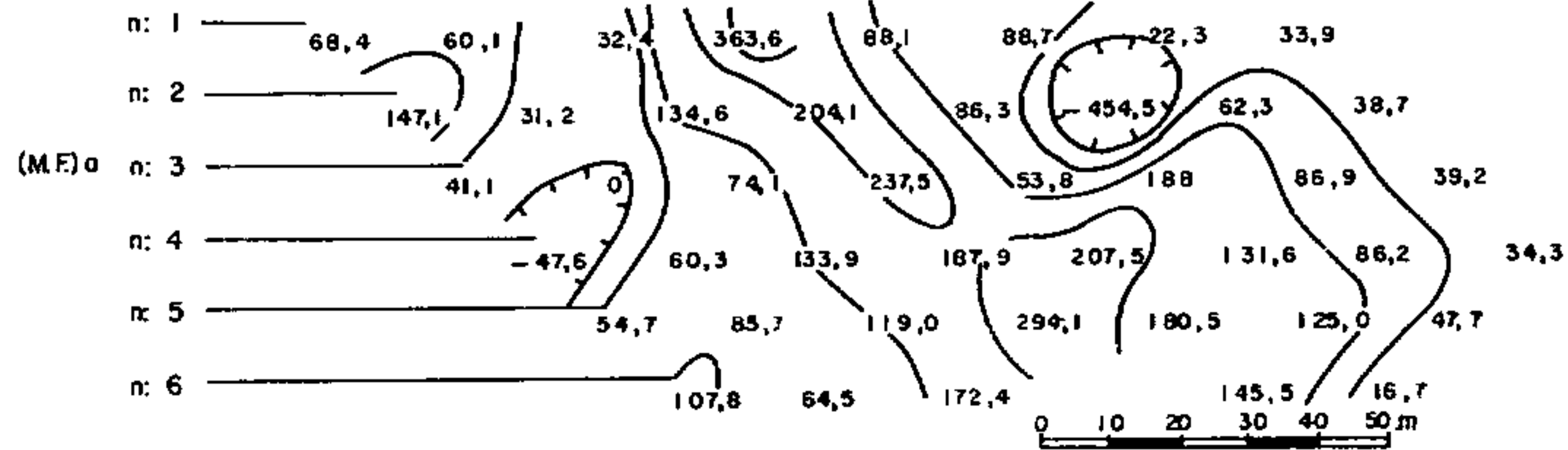
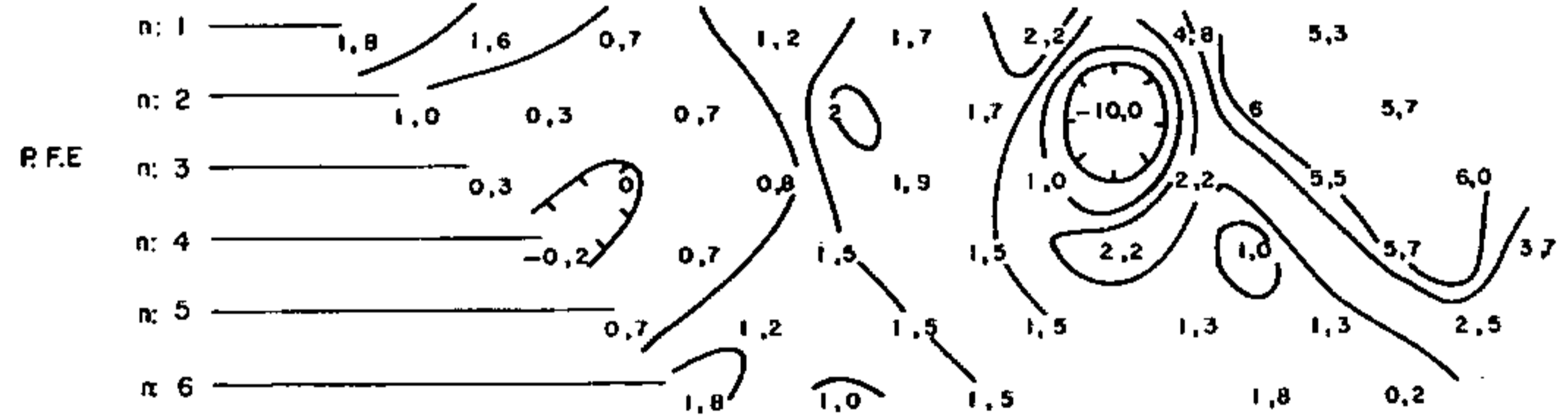
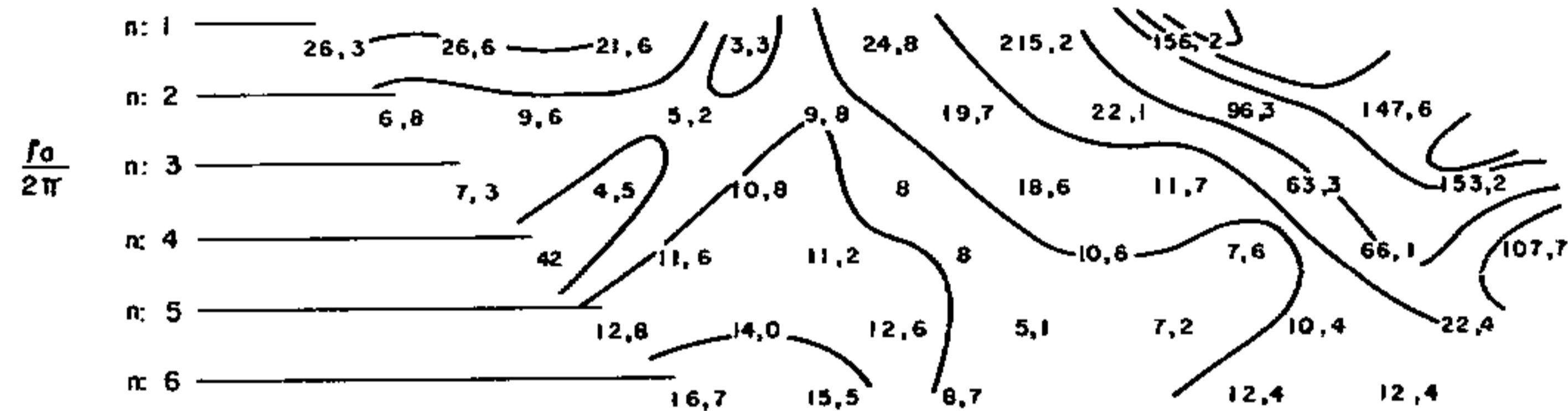
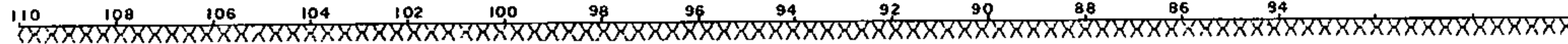
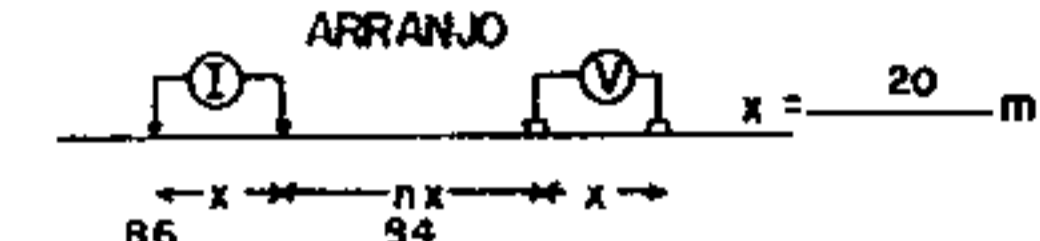
Figura 36 HISTOGRAMA DE 402 OBSERVAÇÕES DE COBRE  
EM AMOSTRAS DE SOLO ÁREA DO MORRO JENIPAPO  
— DADOS TRANSFORMADOS —



POLARIZAÇÃO INDUZIDA

ÁREA: ARAPOEMA

PERFIL: 780 (N-S)



POLARIZAÇÃO INDUZIDA

ÁREA: ARAPOEMA

PERFIL: 785 (N-S)

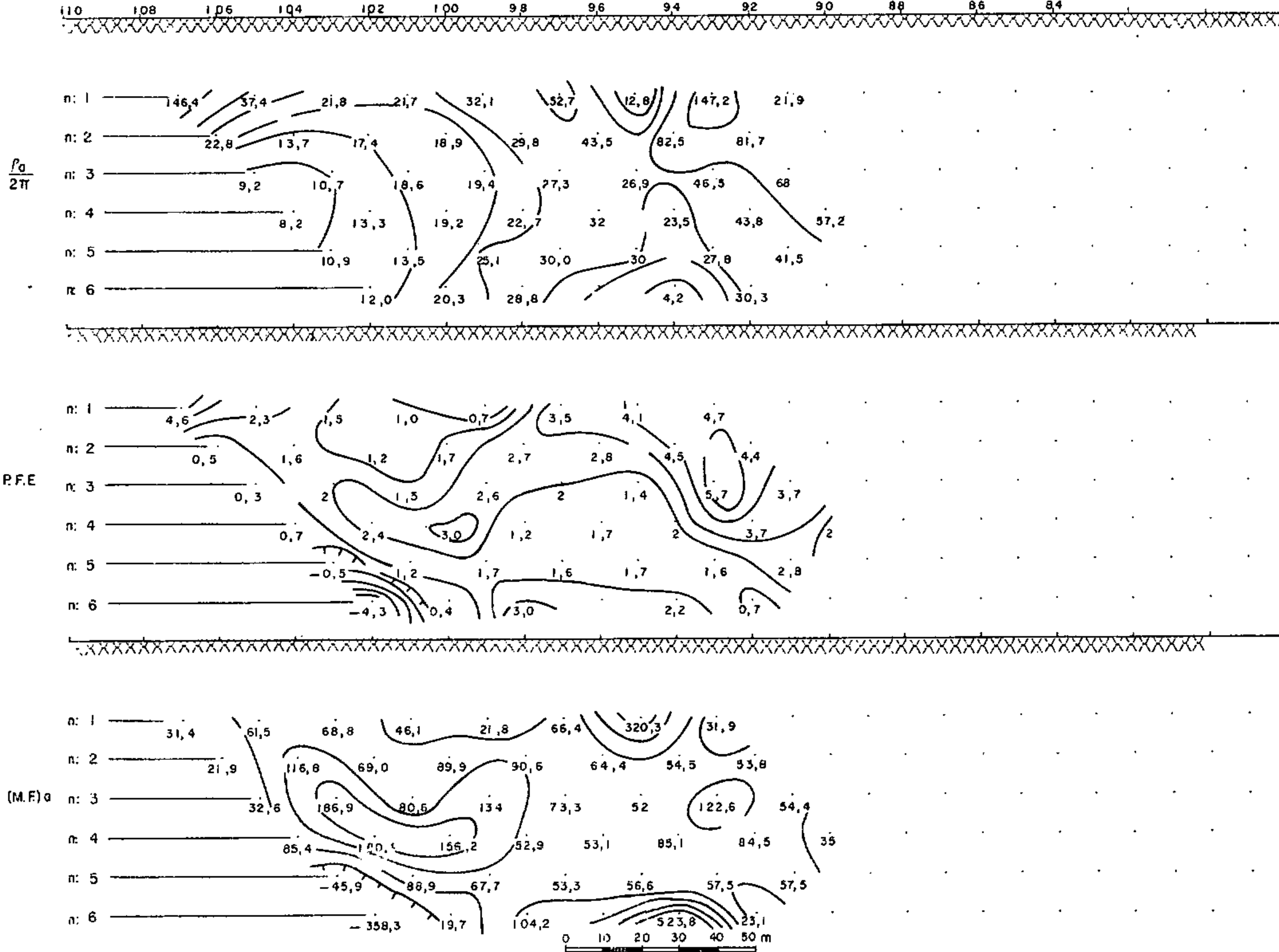
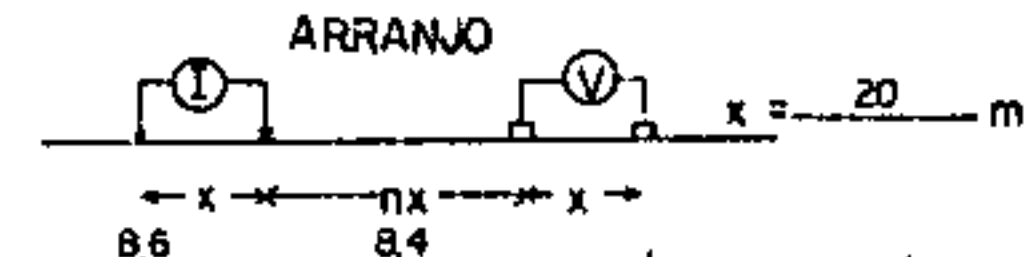
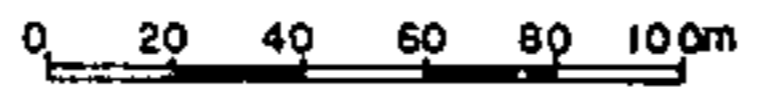
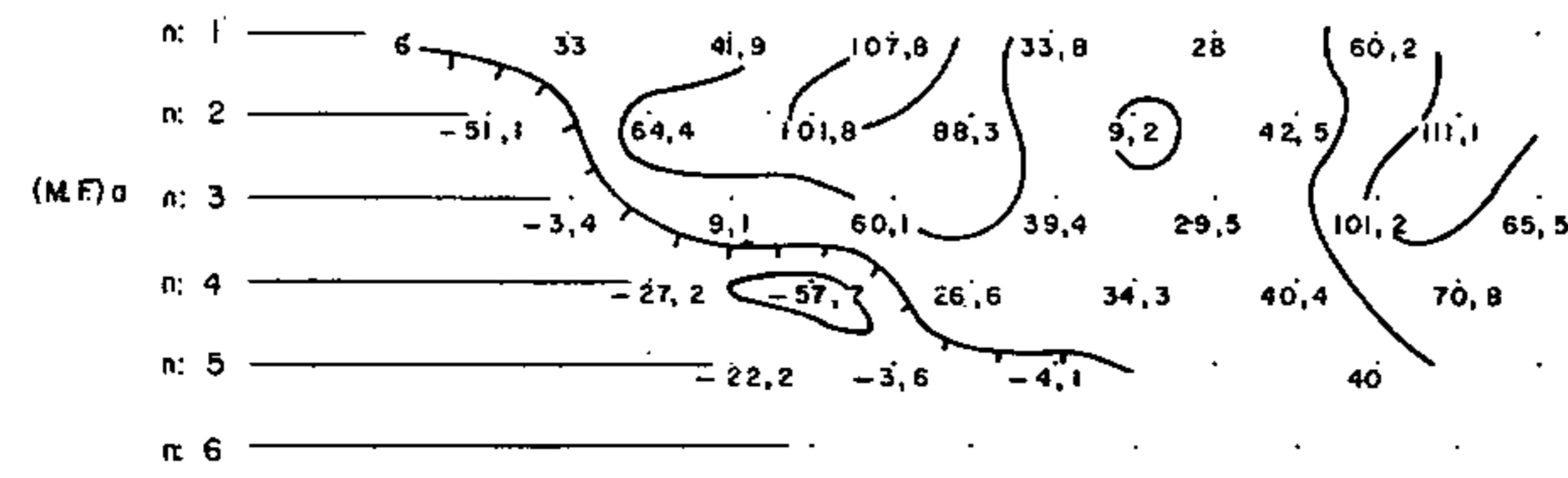
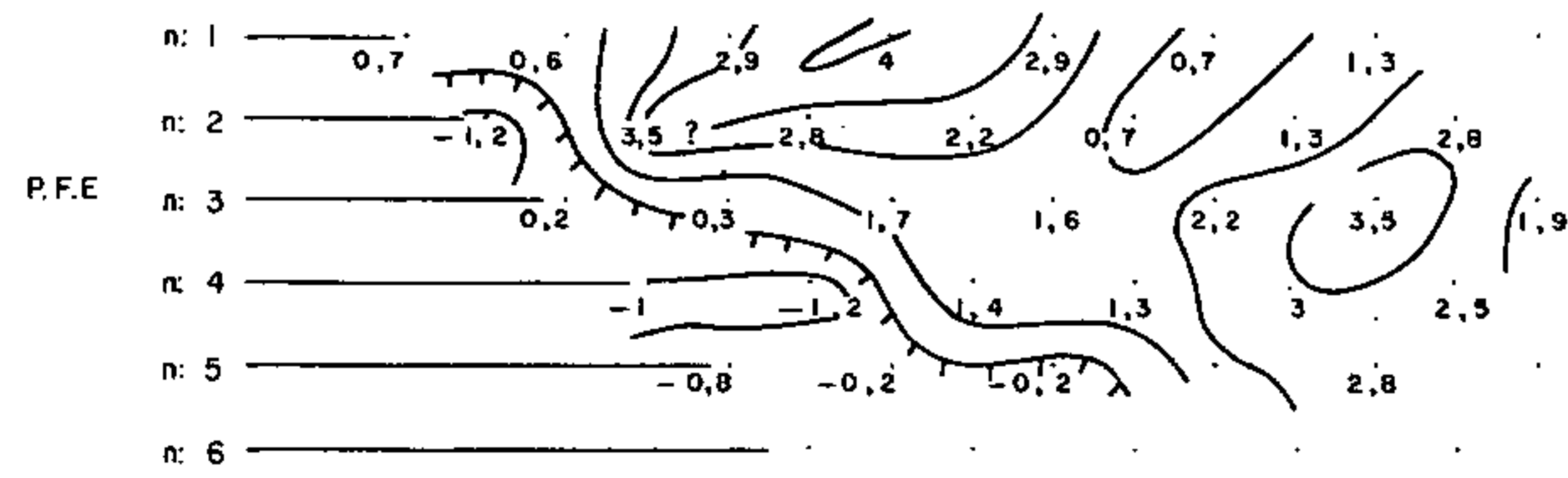
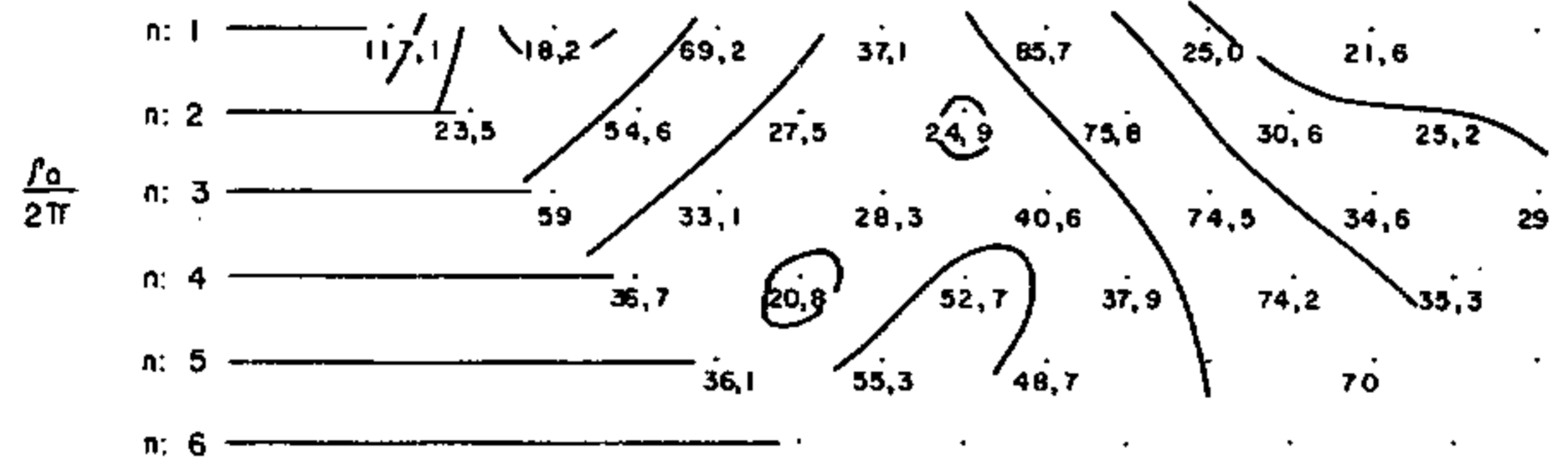
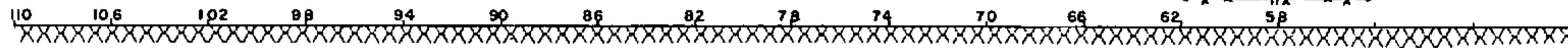
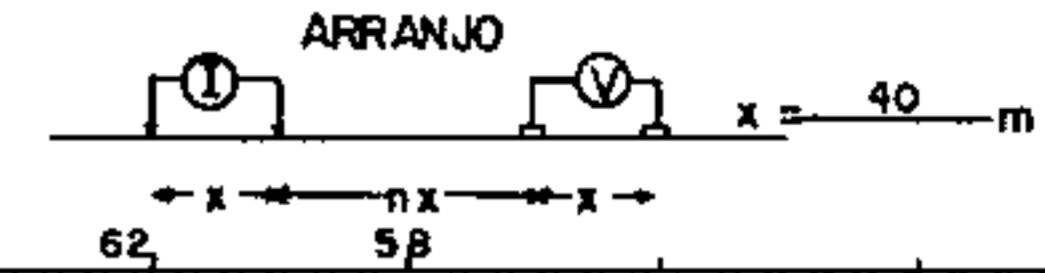


FIGURA - 58

POLARIZAÇÃO INDUZIDA

ÁREA: ARAPOEMA

PERFIL 790(N-91)





POLARIZAÇÃO INDUZIDA

ÁREA: ARAPOEMA

PERFIL: N100 (E-W)

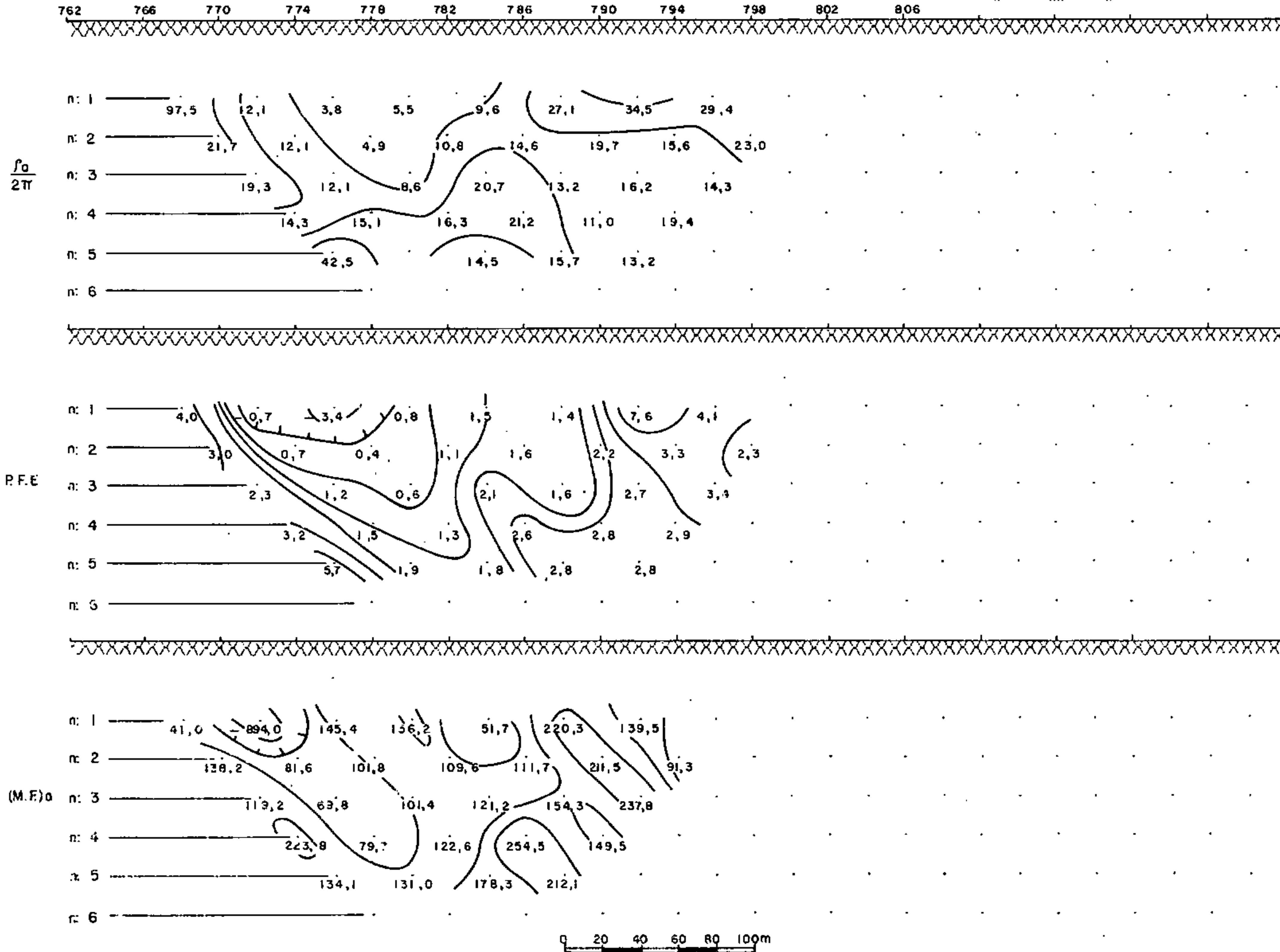
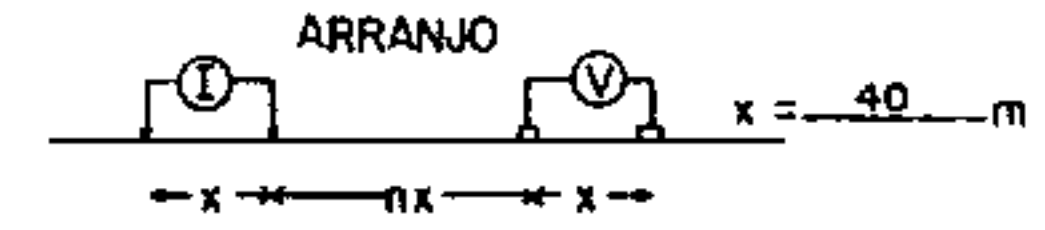
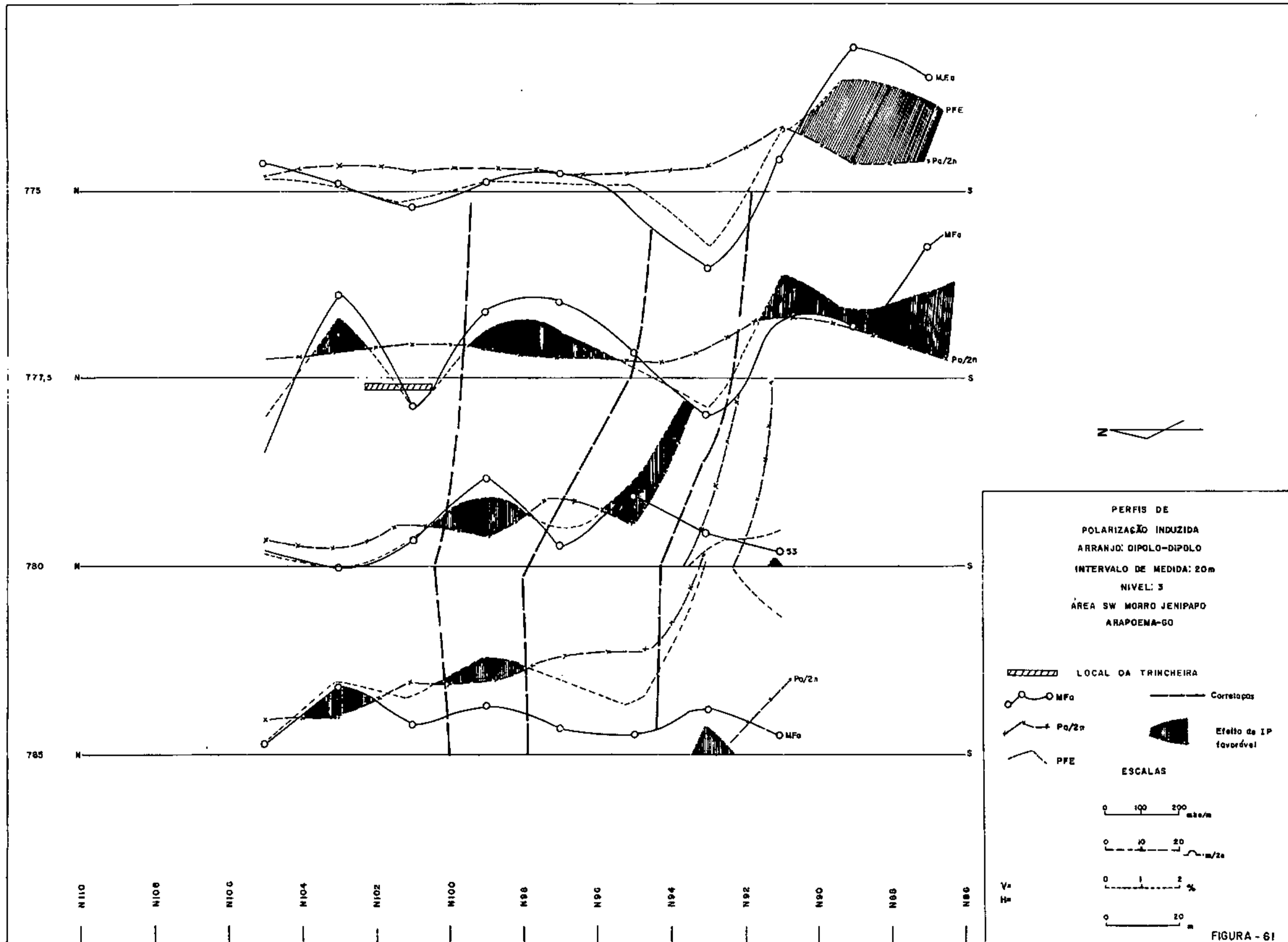


FIGURA - 60



mente ditos, como os diabásios, que em superfície apresentam-se em blocos arredondados e solo correspondente, sendo que, desse modo os contatos caracterizam os limites superficiais dos constituintes litológicos.

Da observação do mapa magnetométrico de semi-det<sup>al</sup>he, de onde foi efetuada uma ampliação da área em questão, (Figura 52 e Anexo XXXVII) nota-se que a anomalia principal, alongada no sentido E-W ficou localizada ao sul e adjacente à ocorrência da zona de oxidação, e a interpretação da seção desta anomalia na linha 780, indicou por vários métodos (TIBURG, PETERS, HANNEL) uma profundidade de 15 metros para a zona magnética.

Sobre essa anomalia foram efetuados oito perfís de I.P. (Figuras 53 a 60), utilizando-se espaçamentos entre os eletrodos de 20 e 40 metros, e leituras em até 6 níveis.

Ao contrário dos valores encontrados na área II, os valores dos efeitos de frequência (FE) foram bem baixos (em torno de 1%), como também os valores do fator de condutividade metálica (MF). Entretanto podem ser caracterizadas algumas anomalias, com efeito de frequência em torno de 4%, sendo a principal localizada sobre a anomalia magnética. Para se poder oferecer uma nova visualização e permitir possíveis correlações, foram representados em perfís, os valores do nível 3 como apresentado na Figura 61. Nesta representação as anomalias situadas no extremo sul das linhas 775 e 777,5 localizam-se próximas e na zona de rocha carbonatada (verificou-se a presença de talco lamelar nos interstícios das fraturas desta rocha, que poderia causar efeitos de polarização). As anomalias intermediárias nos perfís, coincidem com a anomalia magnética.

A representação através de seções (HALLOF, 1957) não define esquemas muito típicos, mas permite considerar algumas anomalias correspondentes àquelas citadas anteriormente, com valores de efeito de frequência (FE) intermediários e situados entre as duas zonas de ocorrências dos diabásios da Figura 51 e próximo da ocorrência de malaquita.

Foram ainda representados em mapas (Figuras 62 e 63) os valores de resistividade aparente  $\rho_a/2\pi$  e do fator metálico de condutividade (MF) correspondente ao nível 4 (aproximadamente 50 metros de profundidade) mostrando também a zona mais condutora, próxima à trincheira escavada sobre a ocorrência de blocos de malaquita.

Quatro perfís executados de V.L.F., indicaram a presença de condutor coincidente com a principal anomalia acima citada (Figuras 64 e 65).

Um furo inclinado (AR-09-G0), foi efetuado na estação 780-N-96, com azimute N20°E e 30°NE de inclinação, atingiu uma profundidade de 94,20 m, cerca de 80 metros sob o local da ocorrência da zona de oxidação. O exame dos testemunhos não caracterizou as causas que provocaram as anomalias, salvo a presença de argilas e teor de sulfeto muito fraco. O furo atravessou uma seção de rochas de características sedimentares, não magnéticas, argilosas e carbonatadas, com zonas filonitizadas e veios de quartzo.

#### 6.6.3.2. Área de Detalhe II

O detalhe dessa área foi realizado em função da anomalia de polarização induzida, verificada nas proximidades da estação 600-N-120, durante a fase de reconhecimento na linha 600. Além desse, foram efetuados mais 4 perfís de

POLARIZAÇÃO INDUZIDA  
RESISTIVIDADE APARENTE ( $\rho_a/2T$ )  
n=4 (prof. ± 50m)

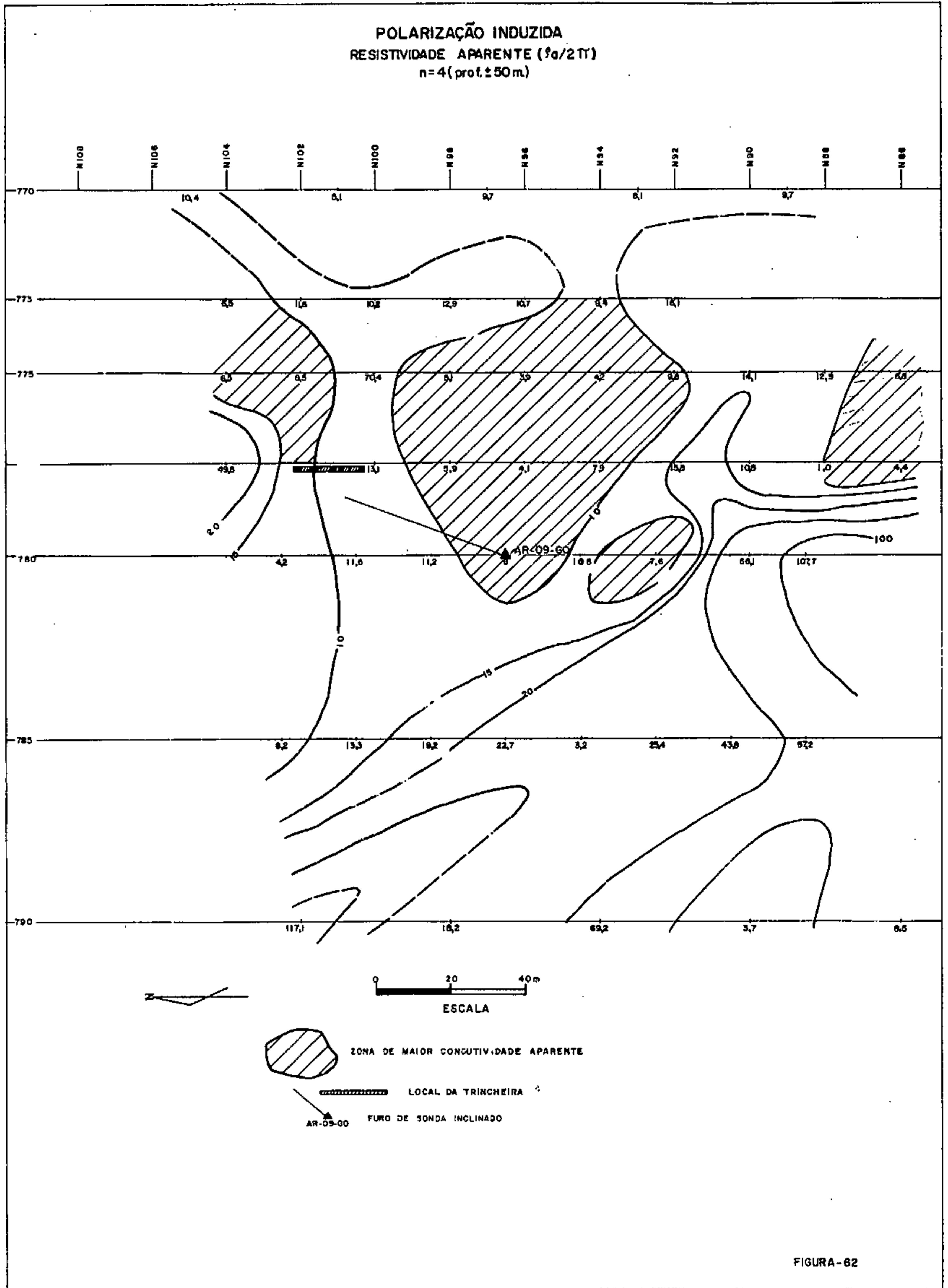
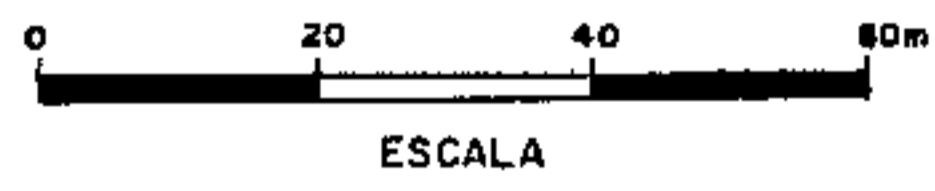
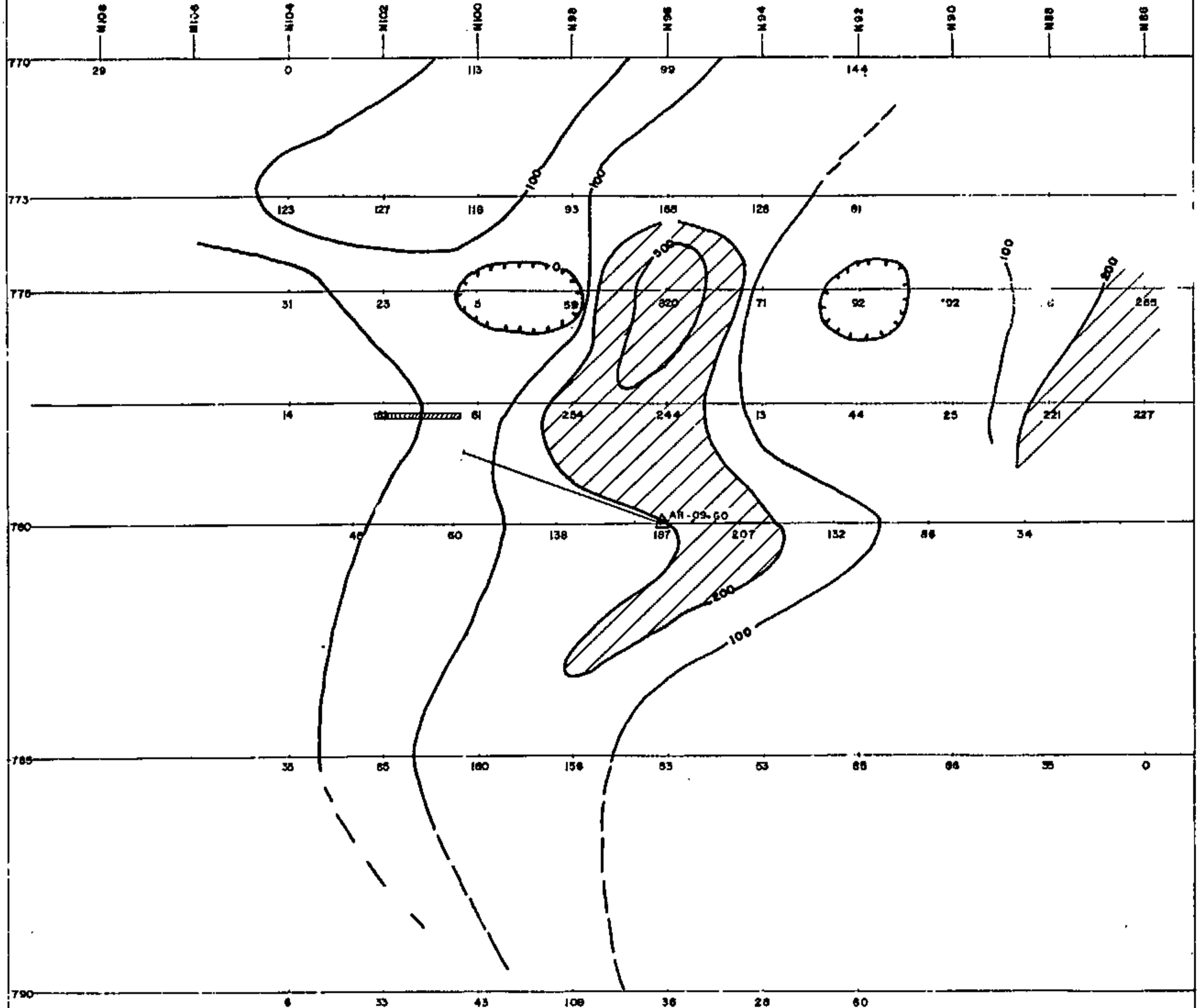


FIGURA-62

**POLARIZAÇÃO INDUZIDA**

CURVAS DE FATOR METÁLICO DE CONDUTIVIDADE (= PFE x 1000)  
 $\frac{f_0}{2\pi}$

n\*4 (= 50 m)






-  ZONA DE MAIOR CONDUTIVIDADE ELETRÔNICA
-  FURO DE SONDA INCLINADO  
AR-09-60
-  LOCAL DA TRINCHEIRA

FIGURA - 63

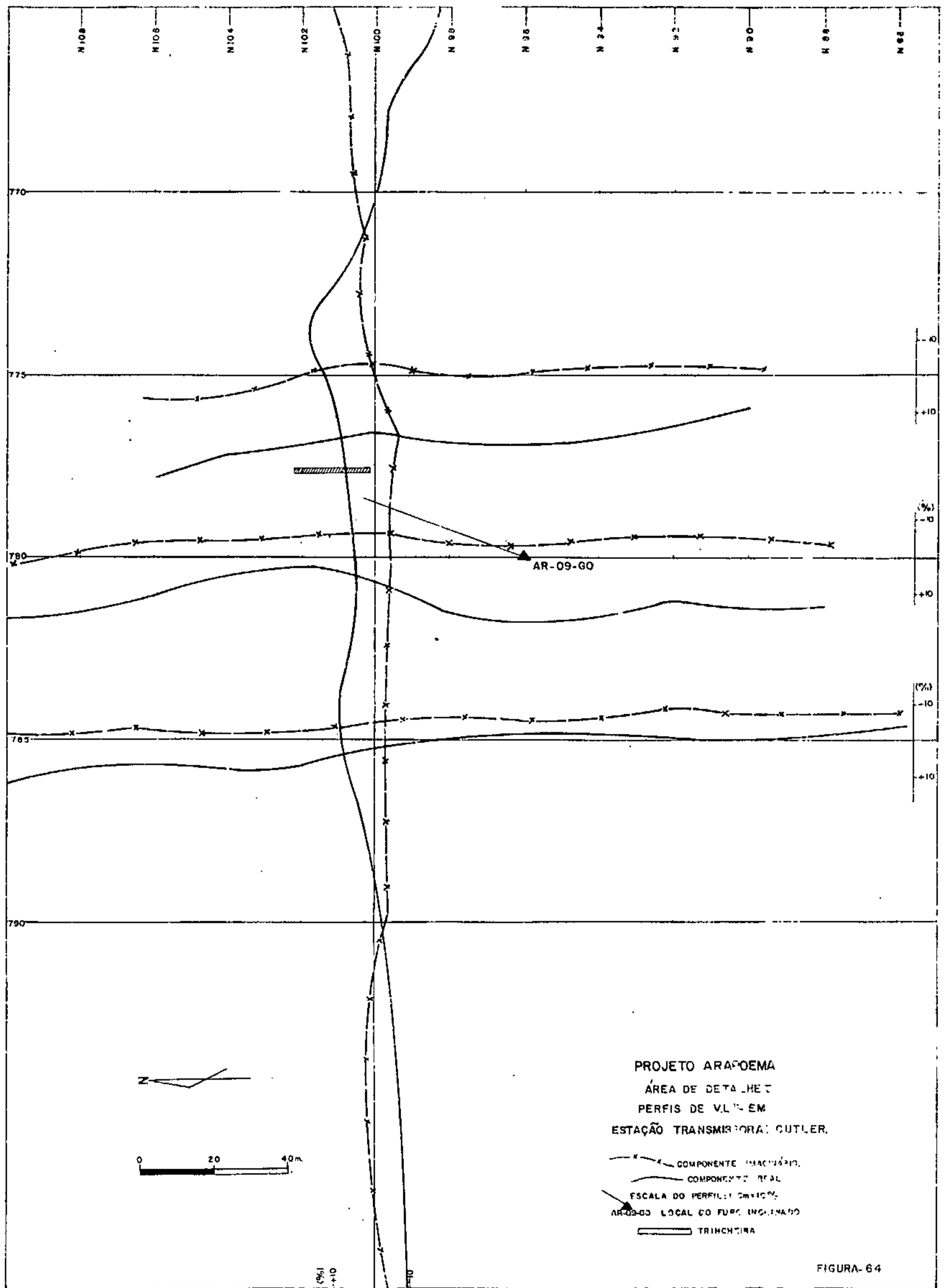
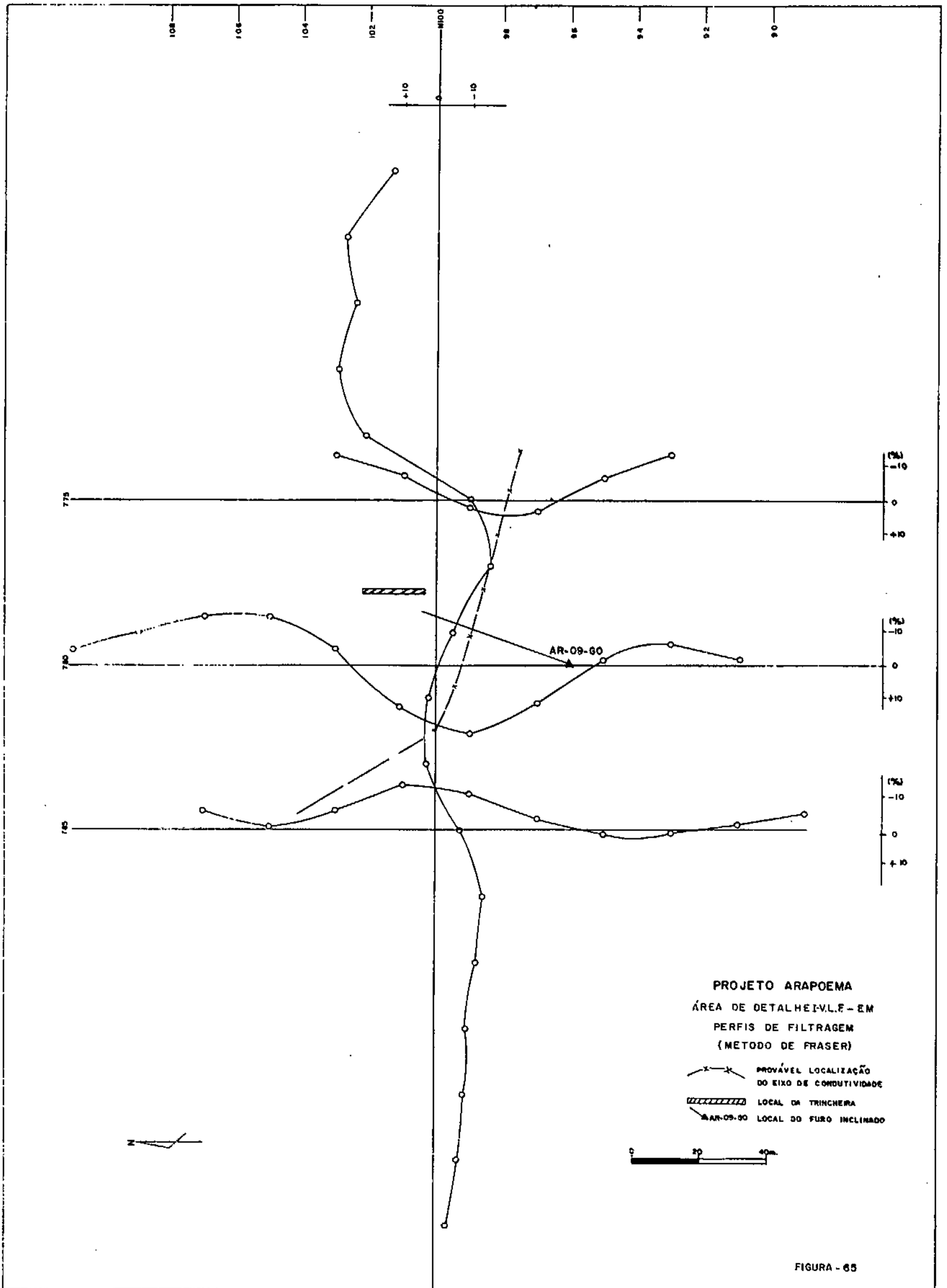


FIGURA-64





600 metros de comprimento, paralelos à linha 600 e espaçados 50 metros entre si. O espaçamento utilizado entre os eletrodos foi de 50 metros, maior que aquele utilizado na fase de reconhecimento, para se atingir maiores profundidades e rapidez nas operações.

Assim, os cinco perfis de I.P. efetuados (Figuras 66 a 70) sobre afloramentos de serpentinitos, apresentaram resistividades aparentes relativamente baixas (em torno de 15 ohm.m) e alto efeito de frequência (FE) (~8%). Essas indicações de boa condutividade metálica, caracterizam ainda, zonas de contraste anômalos em esquemas representativos de corpos condutores típicos.

#### Perfil 590 (Figura 66)

Além dos contrastes em resistividade nos extremos, que caracteriza provavelmente zonas com cobertura laterítica, mostra ainda uma zona anômala nas proximidades da estação N-120 (ponto 5), com efeito de frequência (FE) de até 15%. Esta anomalia parece pouco representativa pela forma e pelo caráter superficial, provocada por fatores considerados como "ruídos" no método.

#### Perfil 595 (Figura 67)

Apresenta no primeiro trecho até o ponto 6, esquema de resistividade típica de corpo condutor, correspondendo entretanto a uma zona de baixo efeito de frequência (FE). Segue-se uma zona de alta resistividade aparente, caracterizando uma rocha compacta com efeito de frequência (FE) negativa, correspondendo a um corpo de rocha básica (diabásio?); em seguida, apresenta uma zona de alta condutividade nos dois últimos níveis com efeito de frequência (FE) anômalo. Finalmente, na extremidade da linha aparecem as

POLARIZAÇÃO INDUZIDA

ÁREA : ARAPOEMA

PERFIL : 590-N-(80-140)

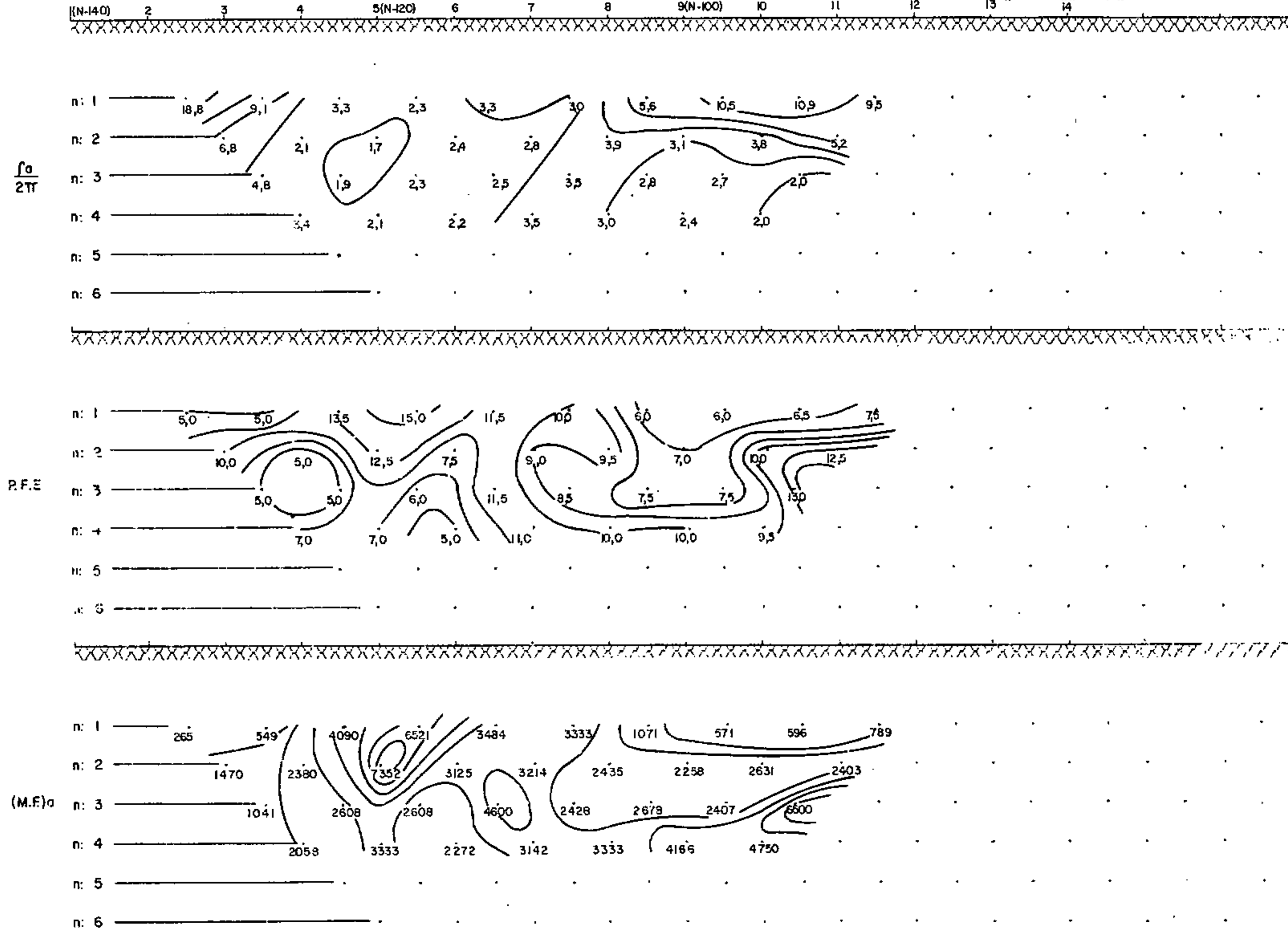
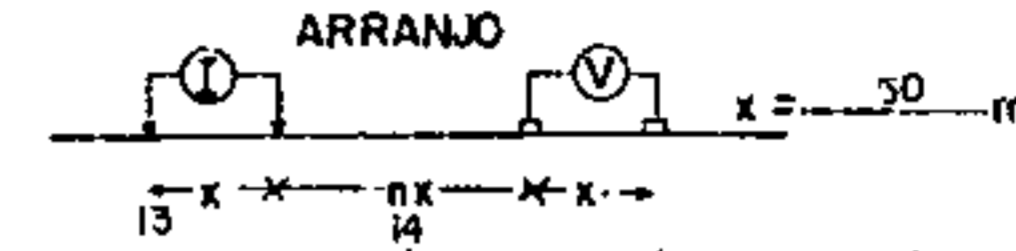


FIGURA - 66

POLARIZAÇÃO INDUZIDA

AREA: ARAPOEMA

PERFIL: 595-N-(80-140)

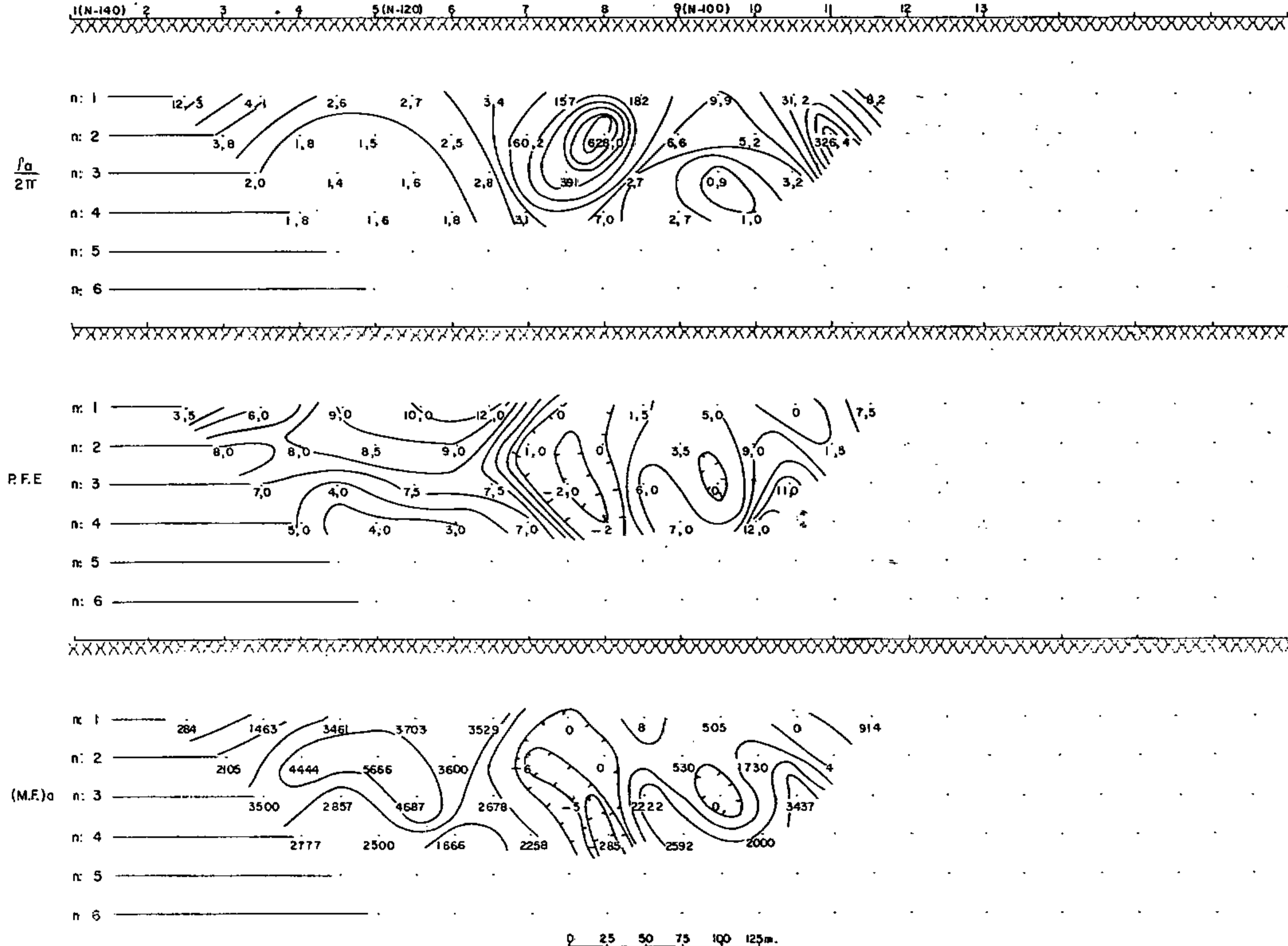
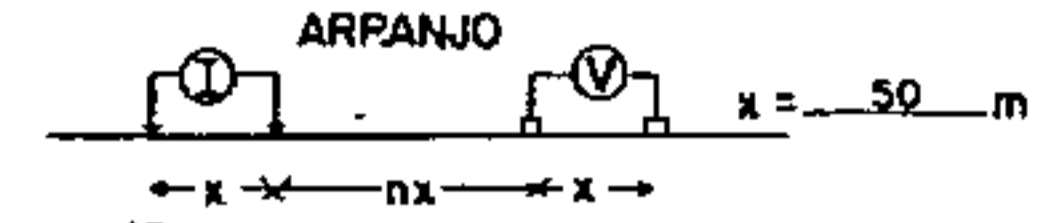


FIGURA - 67

mesmas características da rocha básica.

#### Perfil 600 (Figura 68)

Seção com características relativamente uniformes, de alta condutividade e alto efeito de frequência (FE), apresentando pontos anômalos, sem definição de esquemas típicos. Tais pontos constituem "ruídos" ou mesmo concentração irregular de magnetita.

#### Perfil 605 (Figura 69)

O primeiro trecho da seção apresenta-se com esquema bastante representativo com zona de alta condutividade, típica de corpo condutor. Os contrastes dos valores de efeito de frequência (FE) não são muito grandes.

#### Perfil 610 (Figura 70)

O perfil de resistividade apresenta-se com esquema típico de zona condutora e contato bem definido. Entretanto, os contrastes do efeito de frequência (FE) são baixos, embora o fator metálico (MF) de condutividade indique condições favoráveis.

As principais anomalias de I.P. e magnetometria, se corresponderam perfeitamente com a coincidência de zonas de alta condutividade metálica com anomalias magnéticas positivas (Figura 71).

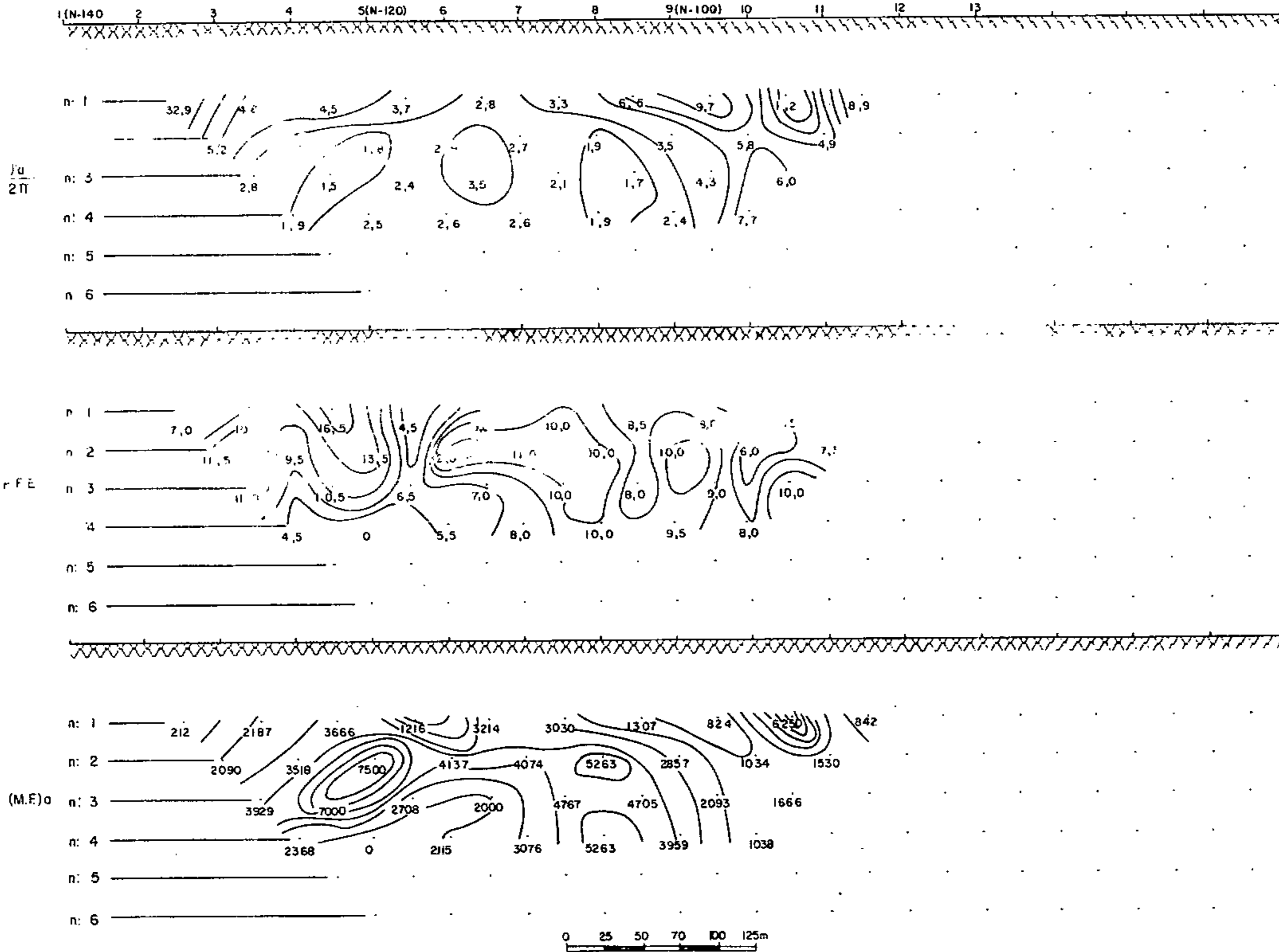
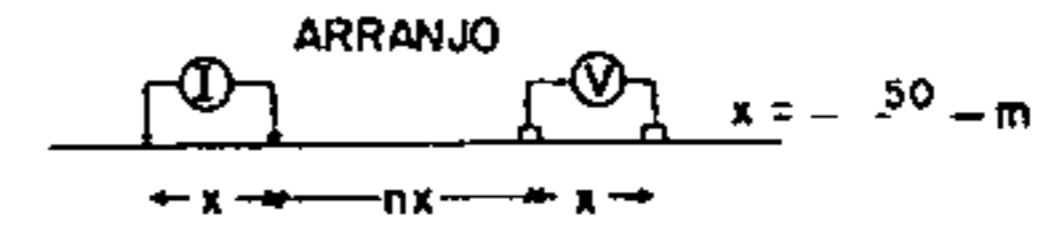
Testes com o método V.L.F. efetuados sobre as zonas anômalas, através de seis perfis (Figuras 72 e 73), indicaram zonas condutoras correlacionáveis entre os perfis levantados, ratificando dessa maneira as zonas anômalas dos métodos anteriores.

Nesta área foram efetuados cinco furos (AR-04, 05, 06, 07 e 08-GO) e o exame dos testemunhos indicou baixo

# POLARIZAÇÃO INDUZIDA

ÁREA: ARAPOEMA

PERFIL: 600-N(80-140)



POLARIZAÇÃO INDUZIDA

ÁREA: ARAPOEMA

PERFIL: 505-N(180-140)

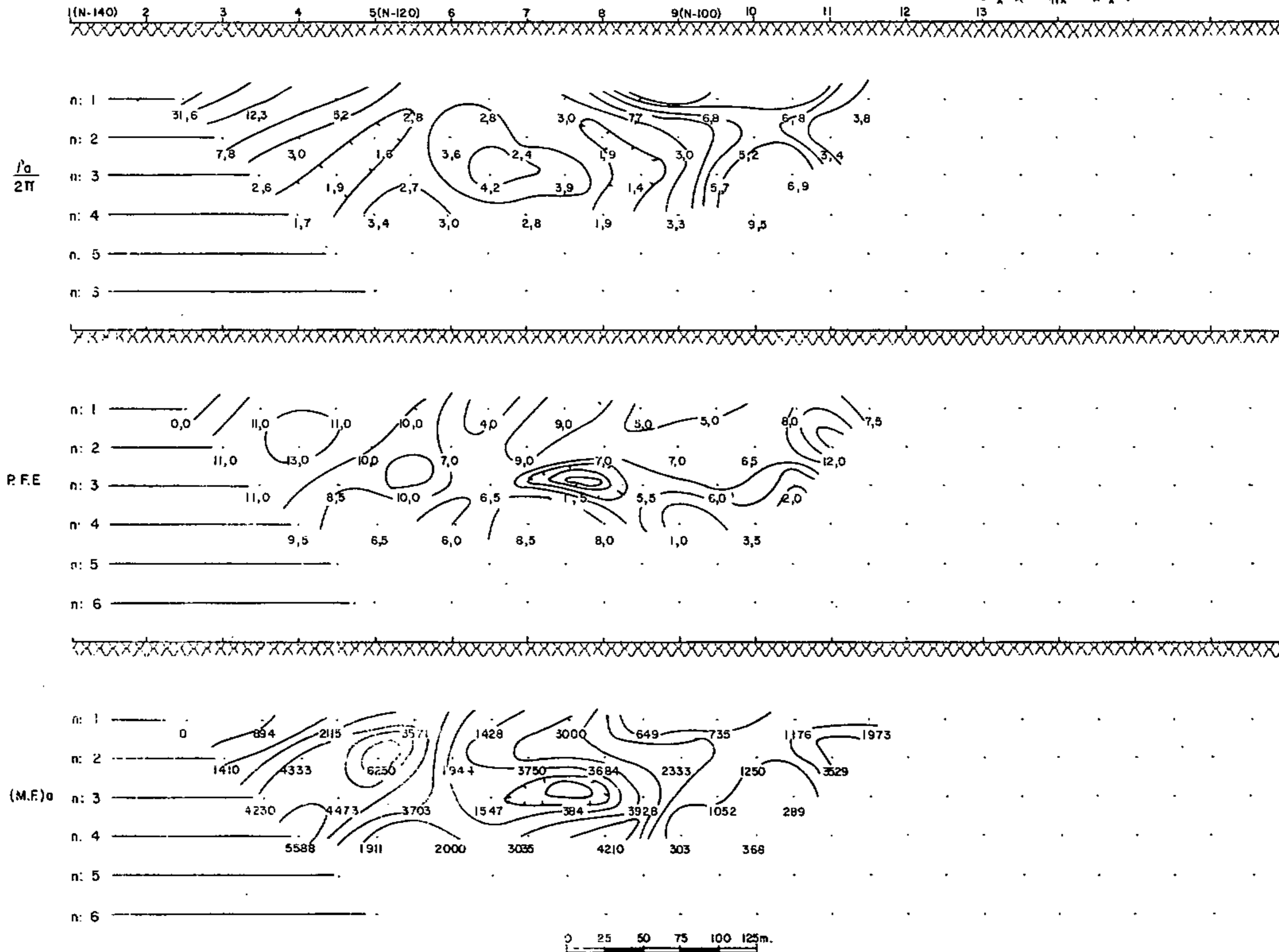
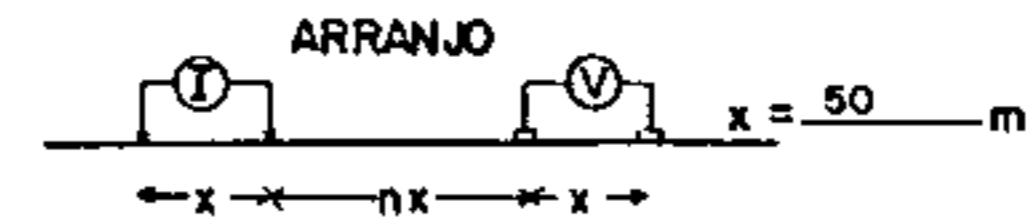


FIGURA-69

POLARIZAÇÃO INDUZIDA

ÁREA: ARAPOEMA

PERFIL: 610-N(80-140)

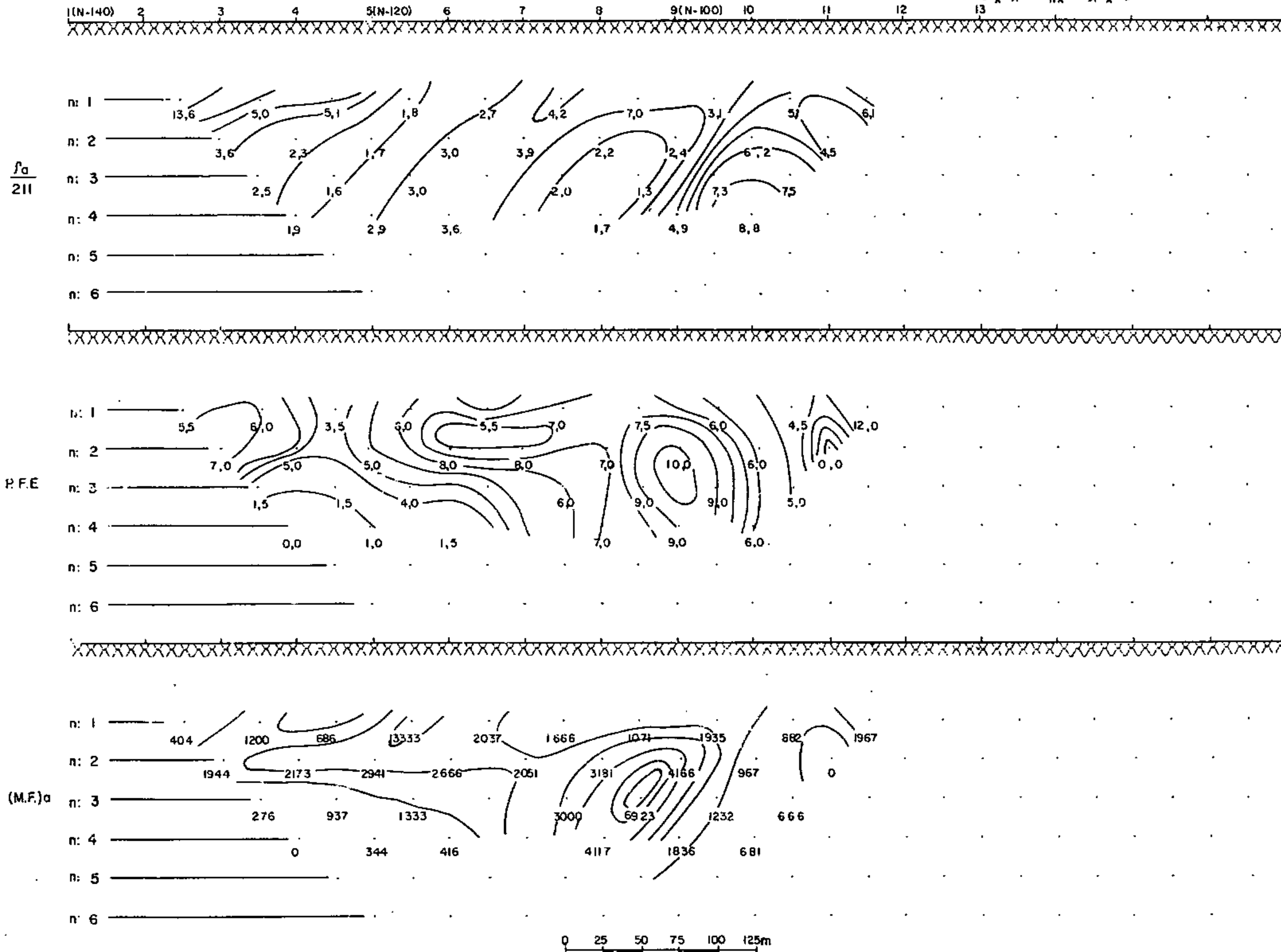
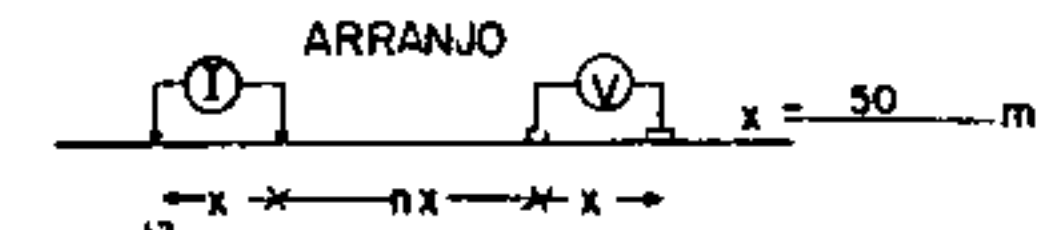
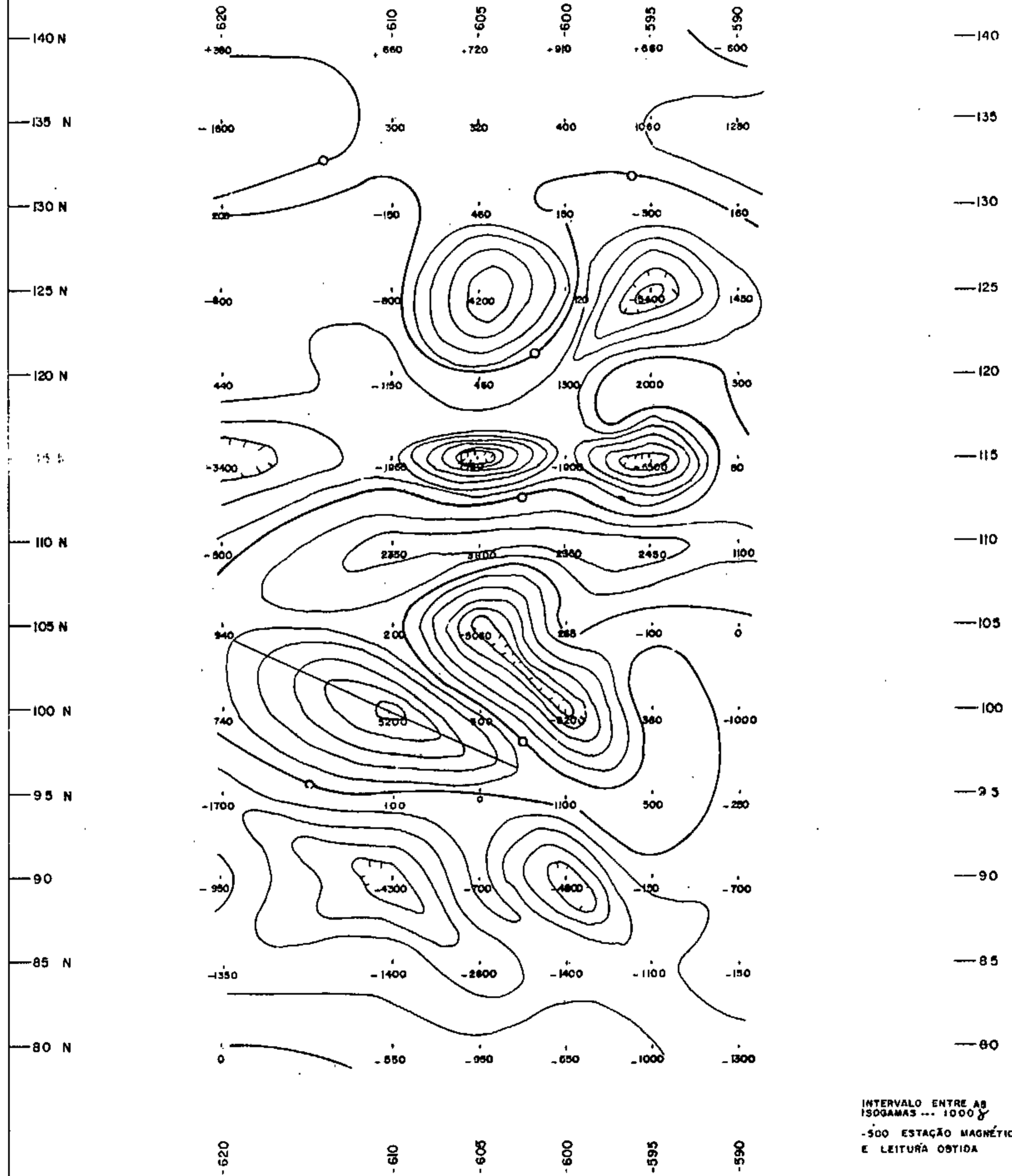


FIGURA-70

PROJETO ARAPOEMA  
MAGNETOMETRIA  
MAPA DE ISOGAMAS

AREA DE DETALHE II

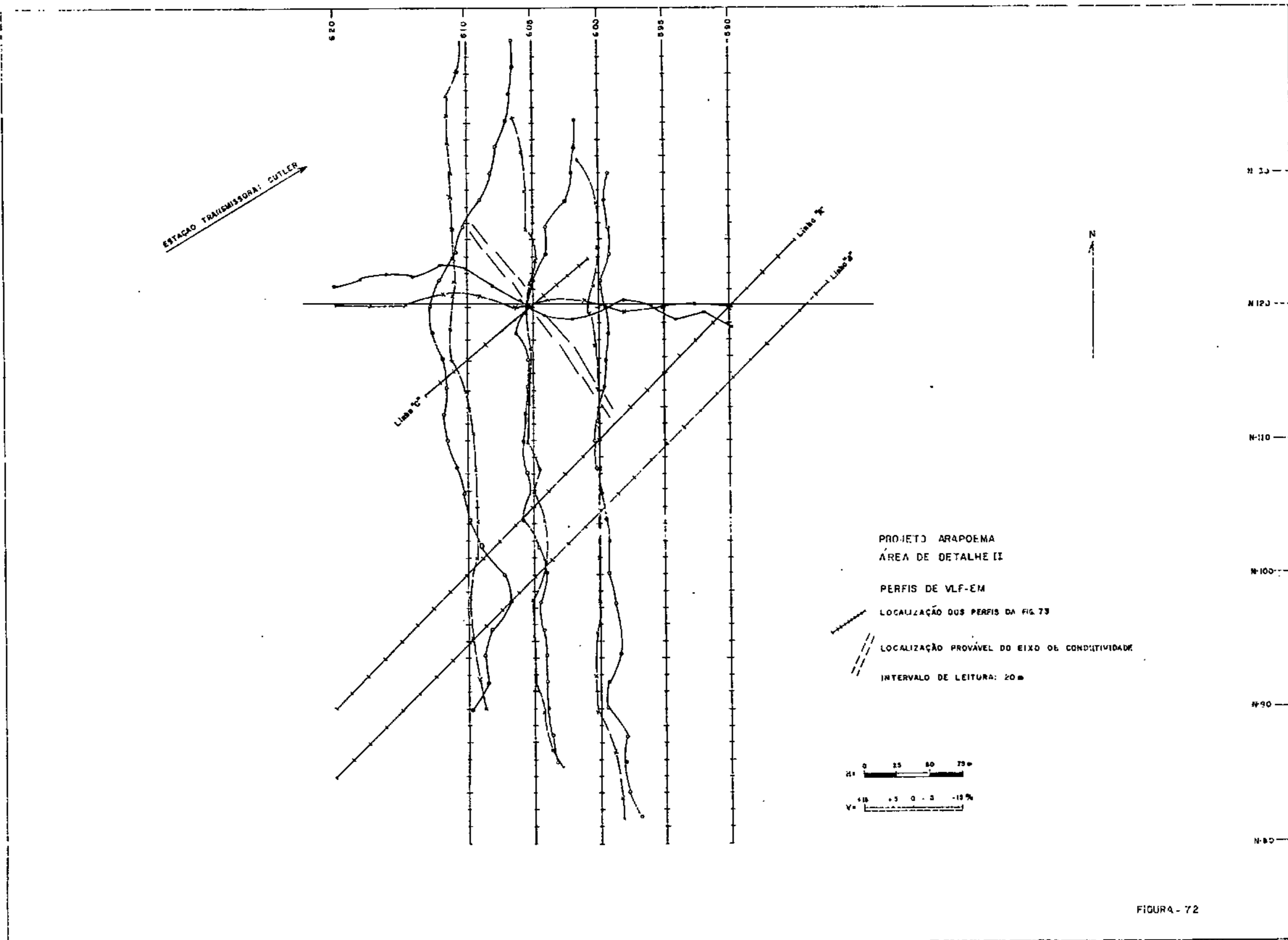


INTERVALO ENTRE AS  
ISOGAMAS ... 1000 G  
-500 ESTAÇÃO MAGNÉTICA  
E LEITURA OBTIDA

0 50 100 m  
ESCALA

FIGURA - 71





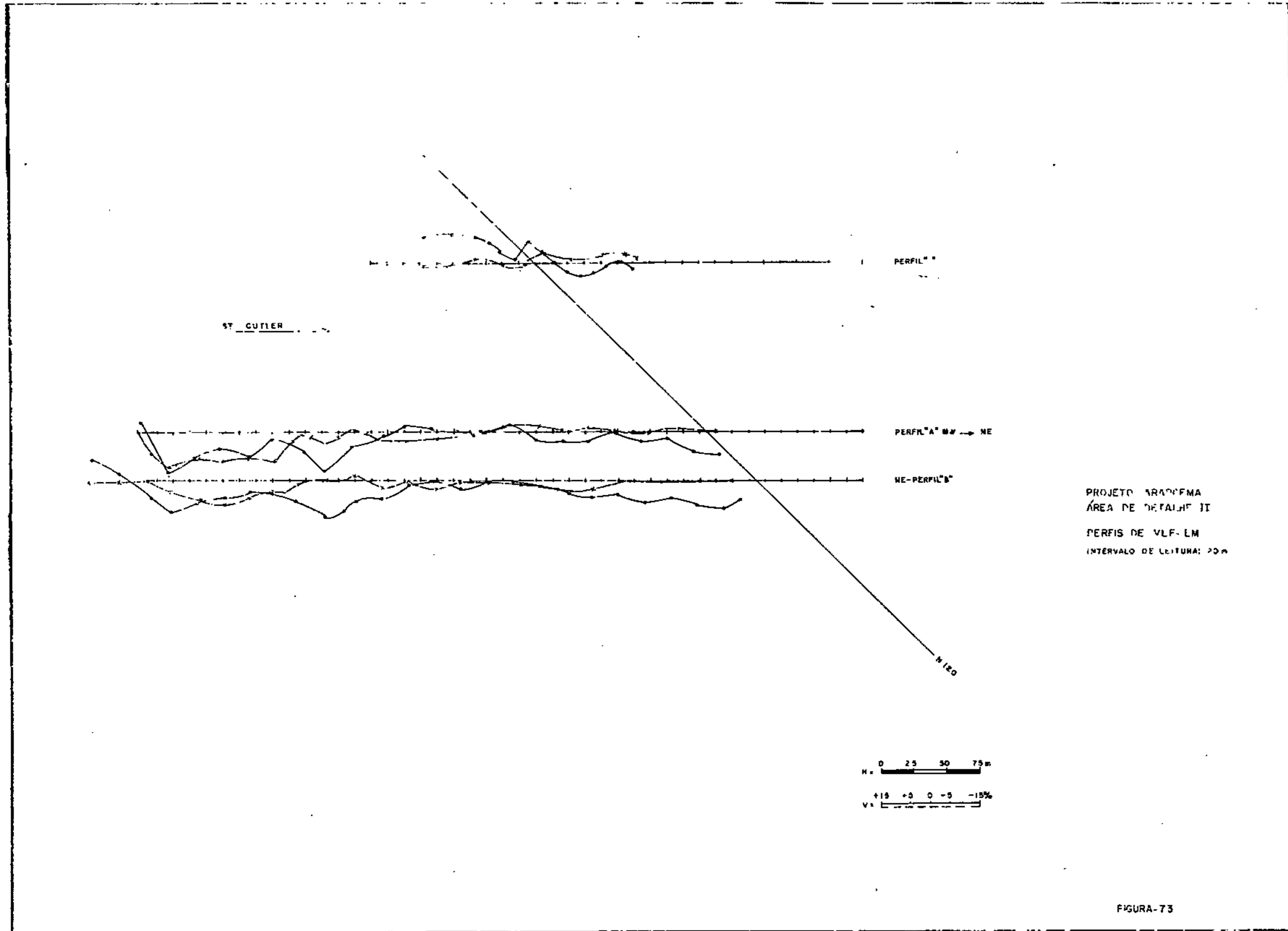


FIGURA-73

conteúdo de sulfetos (pirita) e zonas magnéticas dentro do serpentinito. O perfil de susceptibilidade magnética obtido dos testemunhos do furo AR-06-GO (Figura 74), através de um "Kapa-Meter", indicou variações significativas no conteúdo de magnetita ao longo da seção do furo, que podem ser capazes de causar efeitos de polarização induzida. Pelo mesmo perfil, verifica-se uma queda brusca nos valores de susceptibilidade, no contato entre as rochas serpentínicas e carbonatadas.

#### 6.6.4. Conclusões

Os trabalhos de constatação efetuados sobre as anomalias, através de furos de sonda e os resultados desanimadores, induzem a considerar a magnetita como o principal elemento causador das anomalias de I.P.. Zonas de serpentinitos altamente fraturadas, com presença de minerais lamelares, poderiam contribuir para a obtenção de efeitos anômalos pelo método de I.P. As quantidades de piritas verificadas nos testemunhos não foram suficientes para se justificar os efeitos anômalos nesse método.

SUCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA  
 MEDIDAS EM TESTEMUNHO COM K-METER

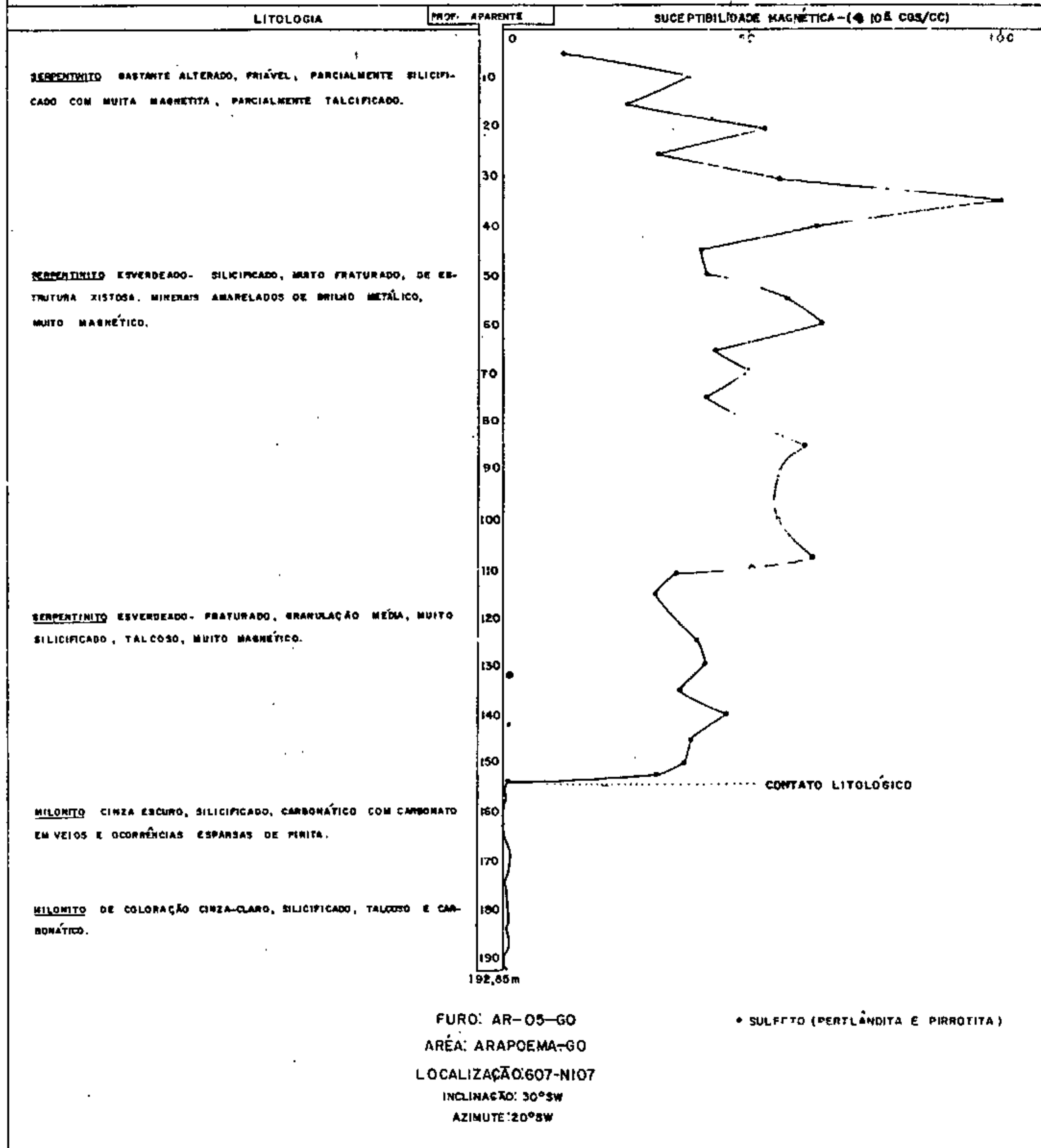


FIGURA- 74

7. INVESTIMENTOS

7.1. Morro do Rio Jenipapo

		SUB-TOTAL	TOTAL
Ano 1973	Caminhamento Geoquímico	36.100,00	36.100,00
Ano 1973 a 1974	Mapeamento Geológico	75.000,00	75.000,00
Ano 1973 a 1975	Abertura de Estradas	114.787,00	
	Depreciação do Trator	90.200,00	204.987,00
Ano 1973 a 1975	Abertura de Picadas	92.400,00	92.400,00
Ano 1973 a 1975	Abertura de Poços e Trincheiras	118.452,00	118.452,00
Ano 1973 a 1975	Análises Petrográficas	133.350,00	133.350,00
Ano 1973 a 1975	Sondagem	1.962.700,00	
	Depreciação da Sonda	19.500,00	
	Depreciação de um veículo	18.300,00	2.000.500,00
Ano 1973 a 1975	Amostragem:		
	Poços	31.940,00	31.940,00
	Furos de sonda	8.705,00	8.705,00
Ano 1974 a 1975	Prospecção Geofísica:		
	Magnetometria	18.669,00	
	IP	479.170,00	
	VLF	856,00	
	Depreciação de Aparelhos	76.800,00	575.495,00
Ano 1974 a 1975	Amostragem Geoquímica	54.240,00	54.240,00
Ano 1973 a 1975	Análises Químicas	760.310,00	760.310,00
Ano 1974 a 1975	Relatório Parcial	27.200,00	27.200,00
Ano 1975 a 1976	Relatório Final	34.800,00	34.800,00
Ano 1973 a 1975	Depreciação de 2 veículos	36.600,00	36.600,00
Ano 1973 a 1976	Administração	1.751.603,00	1.751.603,00
	Total	5.941.682,00	5.941.682,00

7.2. Morro do Avião

		SUB-TOTAL	TOTAL
Ano 1973	Caminhamento Geoquímico	41.419,00	41.419,00
Ano 1973 a 1975	Mapeamento Geológico	75.000,00	75.000,00
Ano 1974 a 1975	Abertura de Picadas	11.787,00	11.787,00
Ano 1974 a 1975	Abertura de Poços	29.959,00	29.959,00
Ano 1974 a 1975	Amostragem de Poços	6.732,00	6.732,00
Ano 1974 a 1975	Análises Petrográficas	6.170,00	6.170,00
Ano 1974 a 1975	Análises Químicas	36.288,00	36.288,00
Ano 1974 a 1975	Relatório Parcial	27.200,00	27.200,00
Ano 1975 a 1976	Relatório Final	34.800,00	34.800,00
Ano 1973 a 1975	Depreciação de um veículo	18.300,00	18.300,00
Ano 1973 a 1976	Administração	<u>128.358,00</u>	<u>128.358,00</u>
	Total	416.013,00	416.013,00

7.3. Campestre da Buritirana

		SUB-TOTAL	TOTAL
Ano 1974 a 1975	Mapeamento Geológico	37.473,00	37.473,00
Ano 1974 a 1975	Abertura de Picadas	49.200,00	49.200,00
Ano 1974 a 1975	Abertura de Poços	18.830,00	18.830,00
Ano 1974 a 1975	Amostragem de Poços	7.460,00	7.460,00
Ano 1974 a 1975	Análises Petrográficas	1.450,00	1.450,00
Ano 1974 a 1975	Prospecção Geofísica - Magnetometria	15.544,00	
	Depreciação do Aparelho	22.000,00	37.544,00
Ano 1974 a 1975	Prospecção Geoquímica	25.000,00	25.000,00
Ano 1974 a 1976	Análises Químicas	35.732,00	35.732,00
Ano 1975 a 1976	Relatório Final	34.800,00	34.800,00
Ano 1974 a 1976	Depreciação de um veículo	18.300,00	18.300,00
Ano 1974 a 1976	Administração	154.463,00	154.463,00
	Total	420.252,00	420.252,00

## 8. CONCLUSÕES

As conclusões obtidas através dos trabalhos desenvolvidos nas áreas de pesquisas, serão alinhadas separadamente por elementos e por área trabalhada. Baseado na exposição dos itens abaixo, conclui-se que nas áreas pesquisadas, esses elementos não apresentam nenhum interesse econômico, ficando os mesmos ao nível de simples ocorrências minerais.

### 8.1. Níquel

O níquel laterítico não apresentou nenhum interesse econômico nas áreas do Morro do Rio Jenipapo e Campes<sup>t</sup>re da Buritirana, pelos seguintes fatos:

a. Nessas áreas os solos lateríticos apresentam-se bastante imaturos, com espessuras médias em torno de 2 m, que impossibilitou a concentração de grandes volumes desse minério.

b. Os teores de níquel encontrados através das análises por absorção atômica, em amostras de poços, estão abaixo do teor mínimo (cut off) dos depósitos economicamente lavráveis do sudoeste do Estado de Goiás. Os maiores teores encontrados raramente ultrapassam 0,80% de níquel contido.

Na área do Morro do Avião, o níquel laterítico também não apresenta nenhum interesse econômico, pelos mesmos fatores acima expostos e pelo extenso e espesso capeamento de silxito que recobre o maciço. Nesta área,



somente a espessura estimada de 100 metros de silixito, tornaria anti-econômica a recuperação do níquel a partir de depósitos lateríticos.

Os sulfetos de níquel acham-se disseminados nos serpentinitos e em rochas carbonatadas, na área do Morro do Rio Jenipapo não apresentando concentrações econômicas. Os teores encontrados estão sempre abaixo de 0,50% de níquel.

## 8.2. Cobre

O cobre nativo encontrado em diabásio, na área de Campestre da Buritirana e Morro do Rio Jenipapo, revelou-se anti-econômico, pelos baixos teores obtidos (menores que 0,09% em análises quantitativas).

O carbonato de cobre (malaquita), em que pesem os teores encontrados (até 4,7% de cobre) na área do Morro do Rio Jenipapo (Área I), por tratar-se de uma ocorrência de blocos rolados, sem continuidade lateral e em profundidade, apresentam uma pequena reserva, estimada em cerca de 10.000 toneladas, com um teor médio de 0,80% de cobre, o que torna anti-econômica a sua lavra.

Os sulfetos de cobre, associados aos sulfetos de níquel, na área do Rio Jenipapo também apresentaram baixos teores, (menores que 0,02% de Cu), portanto sem valor econômico.

### 8.3. Cromo e Cobalto

Os teores de cromo e cobalto em todas as áreas, constatados nos resultados de análise de poços, foram muito baixos (Cr < 0,55% e Co < 0,15%), portanto sem valor econômico.

CONFORME ACIMA EXPOSTO, OS TRABALHOS DE PESQUISA REALIZADOS EVIDENCIARAM A INEXISTÊNCIA DE JAZIDA DAS SUBSTÂNCIAS MINERAIS OBJETO DO PRESENTE RELATÓRIO.

AO SUBMETTER, POIS, À CONSIDERAÇÃO DO DNPM O PRESENTE RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA, A CPRM JULGA HAVER CUMPRIDO AS EXIGÊNCIAS DO ART. 26 DO REGULAMENTO DO CÓDIGO DE MINERAÇÃO (RCM), MOTIVO PELO QUAL SOLICITA O ARQUIVAMENTO DO MESMO, CONFORME PRECEITUA O ART. 32, ALÍNEA C, DO MESMO REGULAMENTO.

JOÃO BATISTA DE VASCONCELOS DIAS  
Engº de Minas e Civil - CREA 384/D-9ª Região  
Responsável Técnico

9. BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A.N. e COSTA, J.R.M. - Contribuição ao Estudo do Sudoeste Goiano. Boletim Paulista de Geografia, Soc. Paul. Geogr., São Paulo, n. 4: 3-26, 1950.
- AB'SABER, A.N. - O relevo brasileiro e seus problemas. IN: As Bases Físicas, 2ª ed., São Paulo, Ed. Nacional, 1968. 4 v (Brasil, a Terra e o Homem, dir. Aroldo de Azevedo) v. 1 cap. 3, p. 135-252 |il. e mapas|
- ANDRADE RAMOS, J.R. de - Mapa Geológico do Estado de Goiás. Brasil, Div. Geol. Miner., Relat. Anual, 1958. Rio de Janeiro, p. 73-74, 1959.
- ANDRADE RAMOS, J.R. de - Geologia da Belém-Brasília. Eng. Min. Meta., Rio de Janeiro, XXXIV (200): 67-70, 1961.
- ALMEIDA, F.F.M. de - Traços Gerais da Geomorfologia do Centro-Oeste Brasileiro. IN: CONGRESSO INTERNACIONAL DE GEOGRAFIA, 18, Rio de Janeiro, 1956 (Guia e Excursão nº 1) p. 7-65, 1959.
- ALMEIDA, F.F.M. de - Origem e Evolução da Plataforma Brasileira: Brasil, Div. Geol. Miner., Bol., Rio de Janeiro, nº 241, 1967.
- BARBOSA, O. e GOMES, F.A. - Carvão Mineral na Bacia Tocantins-Araguaia. DNPM/D.G.M., B. 174. Rio de Janeiro, 1957.
- BARBOSA, O. - Projeto Xingu-Sul. Div. Geol. Miner., Relat. Anual do Diretor, Rio de Janeiro, p. 42-46, 1958 |il. e mapas|
- BARBOSA, O. et alii - Geologia Estratigráfica, Estrutural e Econômica da área do "Projeto Araguaia". PROSPEC S.A./DNPM, monogr. 19, Rio de Janeiro, 1966, 94 p. |il., mapas e fotos|
- BARBOSA, A.L. de M. - "Ambiente Geológico das jazidas níquelíferas de Niquelândia - GO". IN: SEMANA DE ESTUDOS. Ouro Preto - MG, 1968, SICEG, B. nº 61, p. 79-89.

- BERBERT, C.O. - Geologia dos Complexos Básico-Ultrabásicos de Goiás. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24, Brasília, Soc. Bras. Geol., 1970, p. 41-50 (Anais).
- BERBERT, C.O.; MARQUES, M.N.; ARAÚJO, A.G. de - "Relatório Geológico Preliminar da Área do Morro do Rio Jenipapo" CPRM, relat. inédito |s. ident.| Goiânia, 1974.
- BRAUN, O.P.G. - Contribuição a Geomorfologia do Brasil Central. R. Bras. Geogr., Inst. Bras. Geogr., Rio de Janeiro, 32 (3): 3-39, jul/set., 1971.
- BAÊTA JR., J.D.A.; FIGUEIREDO, A.N. de SOUZA; MELLO, J.C.R. de - Projeto Goianésia-Barro Alto. CPRM/DNPM, relat. inédito |s. ident.| Goiânia, 3 v. 1972 |il., fotos e mapas|
- GARRELS, R.M. and CHRIST, C.L. (1965) - Solutions, Minerals and Equilibria, São Francisco, Freeman, Cooper & Company.
- HAWKES, H.E. and WEBB, J.S. (1962) - Geochemistry in Mineral Exploration, New York, Harper & How.
- HESS, H.H. - The problem of serpentization and the origin of certain chrysotile asbestos talc and soapstones Deposits. v. 28, 1933. Economic Geology.
- JANNS, R.H. - Serpentinities of the Roxbury District, Vermont. IN: ULTRAMAFIC AND RELATED ROCK, ed. by P.J. Wyllie. New York John Wiley, 1967. p. 137-160.
- LEPELTIER, C. - A simplified statistical treatment of geochemical data by graphycal representation. Econ. Geol. v. 64: 538-550, 1959.
- LEVINSON, A.A. (1974) - Introduction to Exploration Geochemistry, Calgary, Applied Publishing Ltda.
- MOTTA, J.; ARAÚJO, V.A. de; MELLO, J.C.R. de; OGUINO, K. - Projeto Niquelândia. CPRM/DNPM, relat. inédito |s. ident.| Goiânia, 2 v., 1972 |il., fotos e mapas|
- MACPHAR GEOPHYSICS LTD. - Induced Polarization system, model p. 660, Instruction Manual, Canadá (1969)
- PARASNIS, D.S. (1966) - Mining Geophysics, New York, Elsevier Publishing Company.

- SUSZCNSKI, E.F. - Mapa Metalogenético do Brasil: notícia ex  
plicativa da legenda. DNPM Rio de Janeiro, 1973.
- SANTOS, J.F.; OHOFUGI, W. - Estudo da Viabilidade de Pesqui  
sa nas áreas do Projeto Arapoema. CPRM, relat. inédito  
[s. ident.] Goiânia, 1973.
- SPIEGEL, M.R. (1972) - Estatística, São Paulo, McGraw-Hill  
do Brasil, Ltda.
- TENNANT, C.B. and WHITE, M.L. - Study of the distribution  
of some geochemical data. Econ. Geol., v. 54: 1281-1290,  
1959.
- TOUNTAIN, D.K. - The application of geophysics to dissemina  
ted sulphide deposits in British Columbia. MacPhar  
geophysics, Ontario, 1969.
- VIEIRA, A.B. et alii - Relatório de prospecção geofísica ex  
perimental. Convênio Geofísica Brasil-Alemanha/DNPM. Rio  
de Janeiro, 1974.
- WILLIAMS, X.K. - Statistics in the interpretation of geoche  
mical data. New Zealand, Journ. of Geology and Geophys.  
10: 771-797, 1967.
- WOODSWORTH, G.J. - A geochemical drainage survey and its  
implications for metallogenesis, Central Cos Mountains,  
British Columbia. Econ. Geol., v. 66: 1104-1120, 1971.



FOTO 01 - Vista parcial do maciço ultrabásico - Morro do Avião.



FOTO 02  
Aspecto de aber  
tura de poços.



FOTO 03 - Aspecto dos trabalhos de sondagem.



FOTO 04 - Ocorrência de blocos de piroxenito impregnados de laquita (esverdeada).



FOTO 05 - Afloramento de serpentinito silicificado e cizalhado.

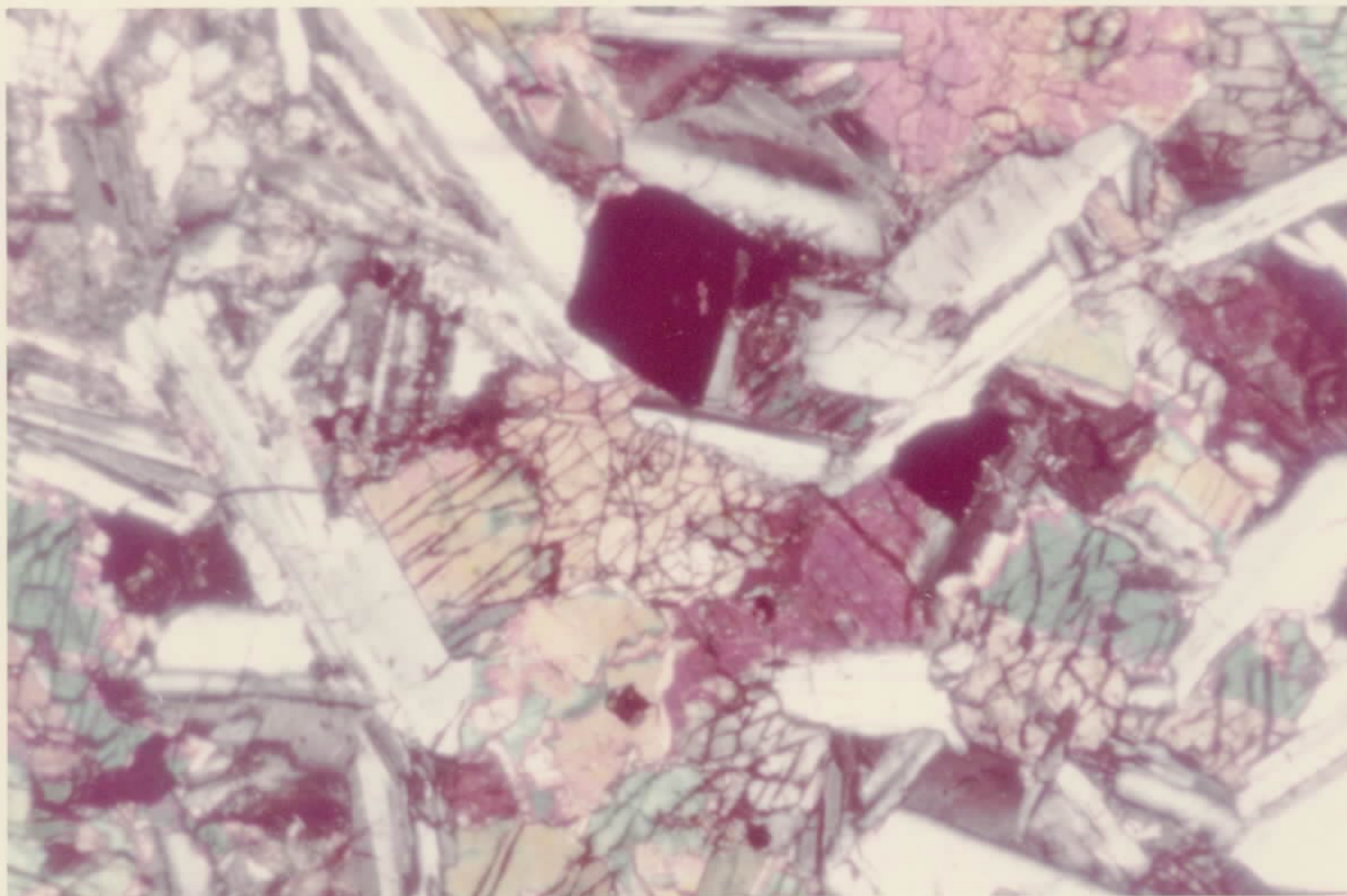


FOTO 06 - Serpentinito bastante cizalhado conferindo ao mesmo uma pseudo-foliação?

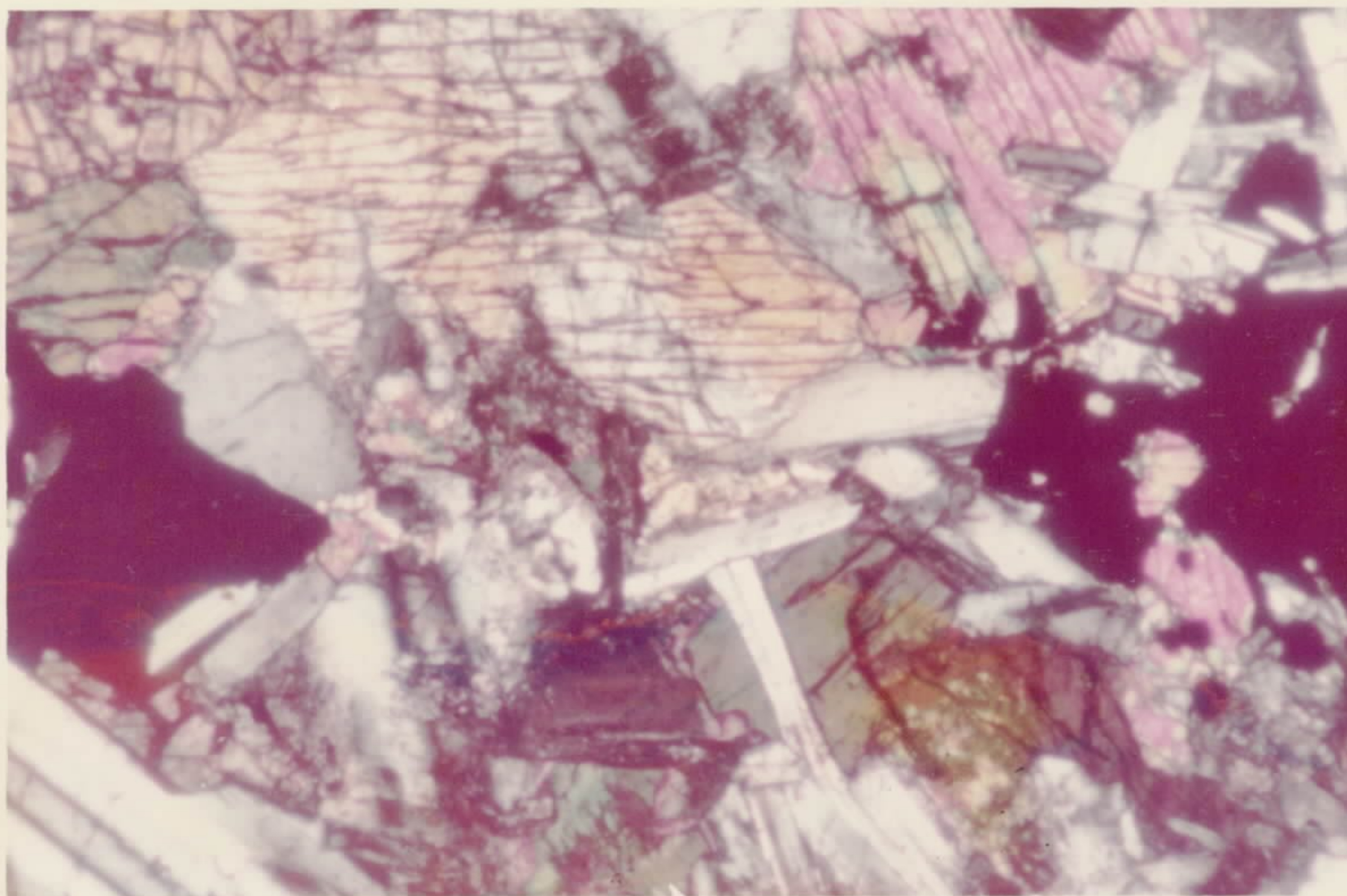




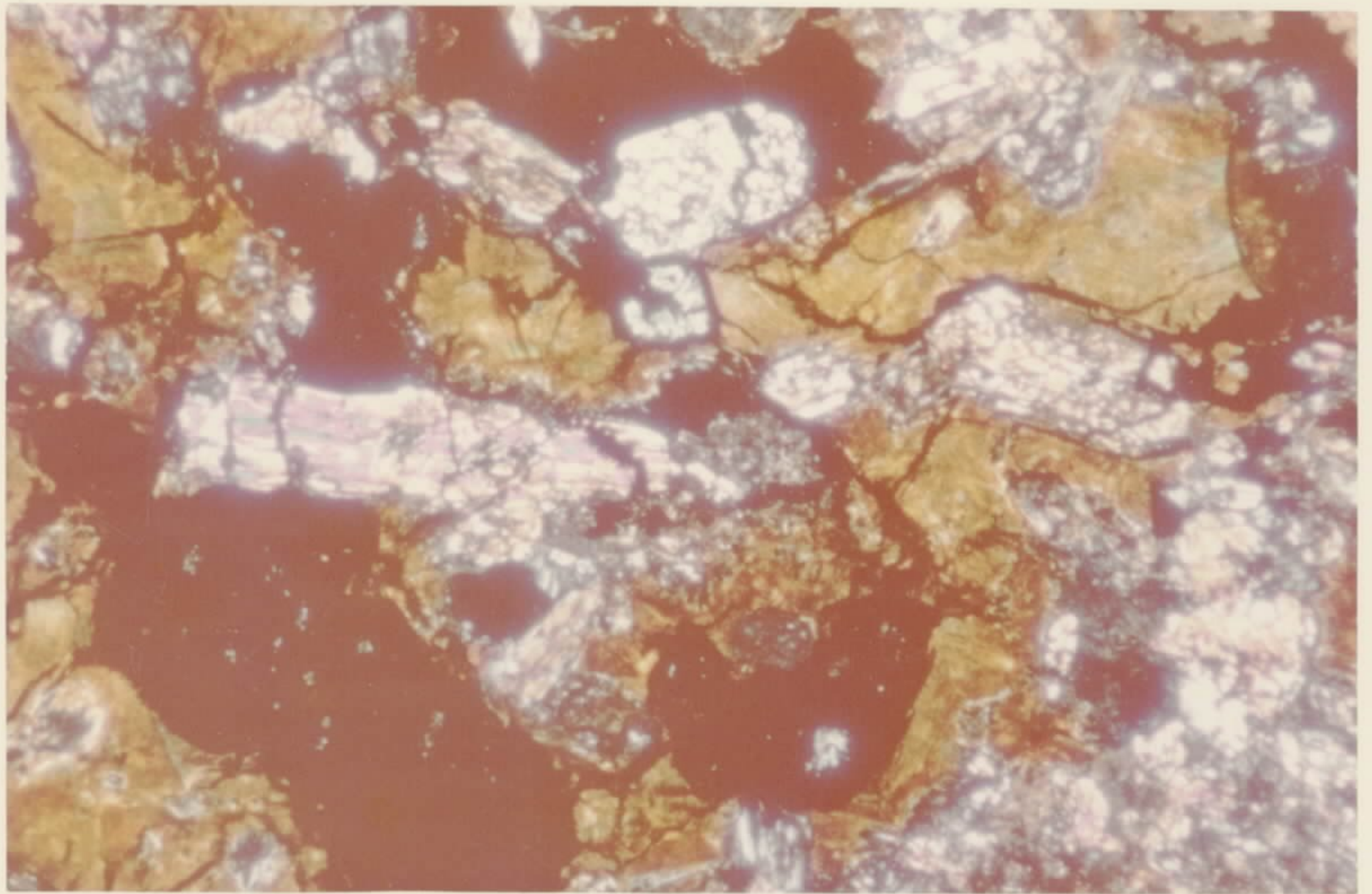
FOTC 07 - Aspecto da amostragem (Quarteamento).



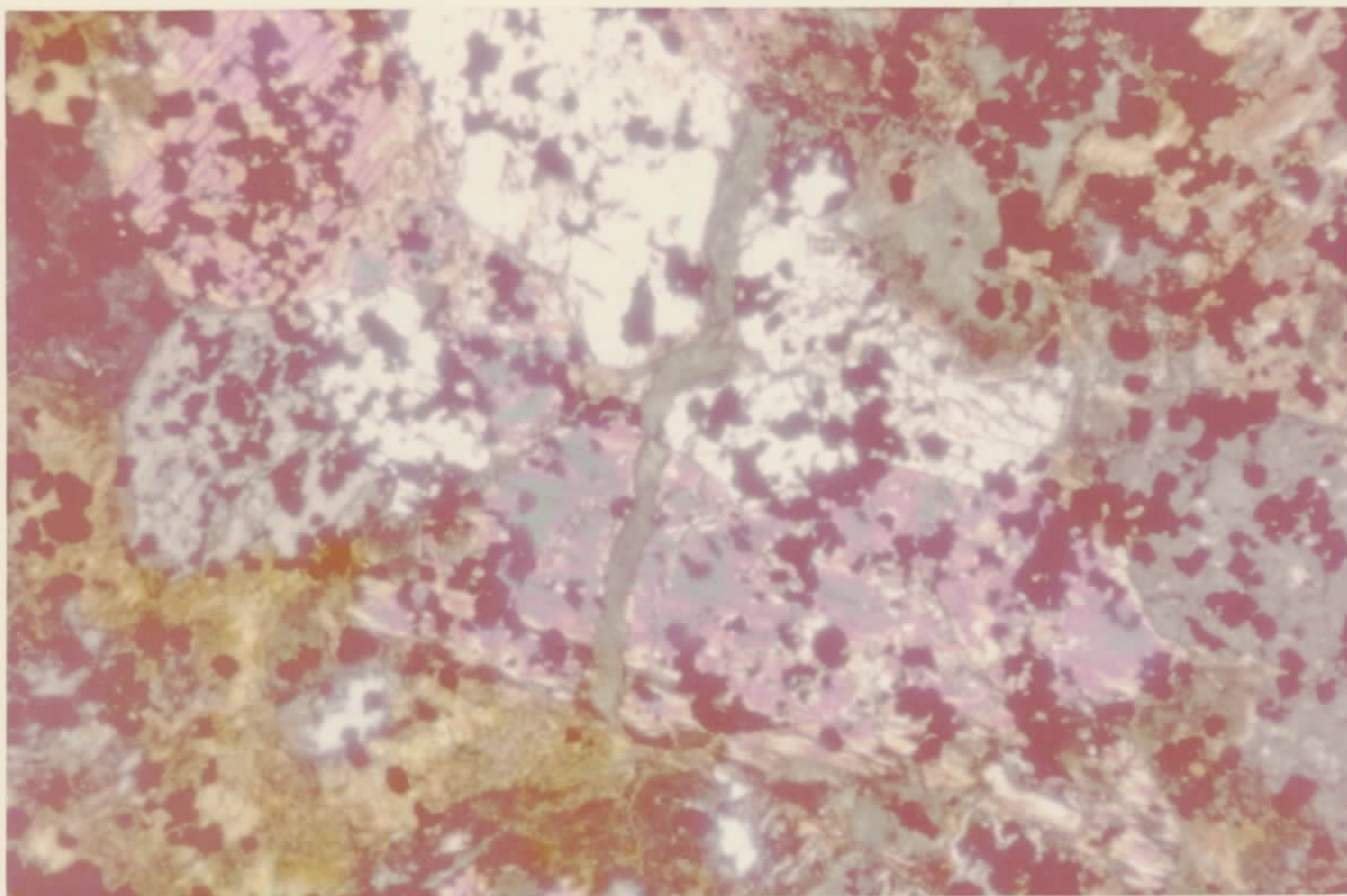
MICROFOTO 01 - Diabásio com textura ofítica, apresentando principalmente cristais euédricos a subédricos de plagioclásio; em menor proporção está presente o piroxênio urilitizado LPx2,5.



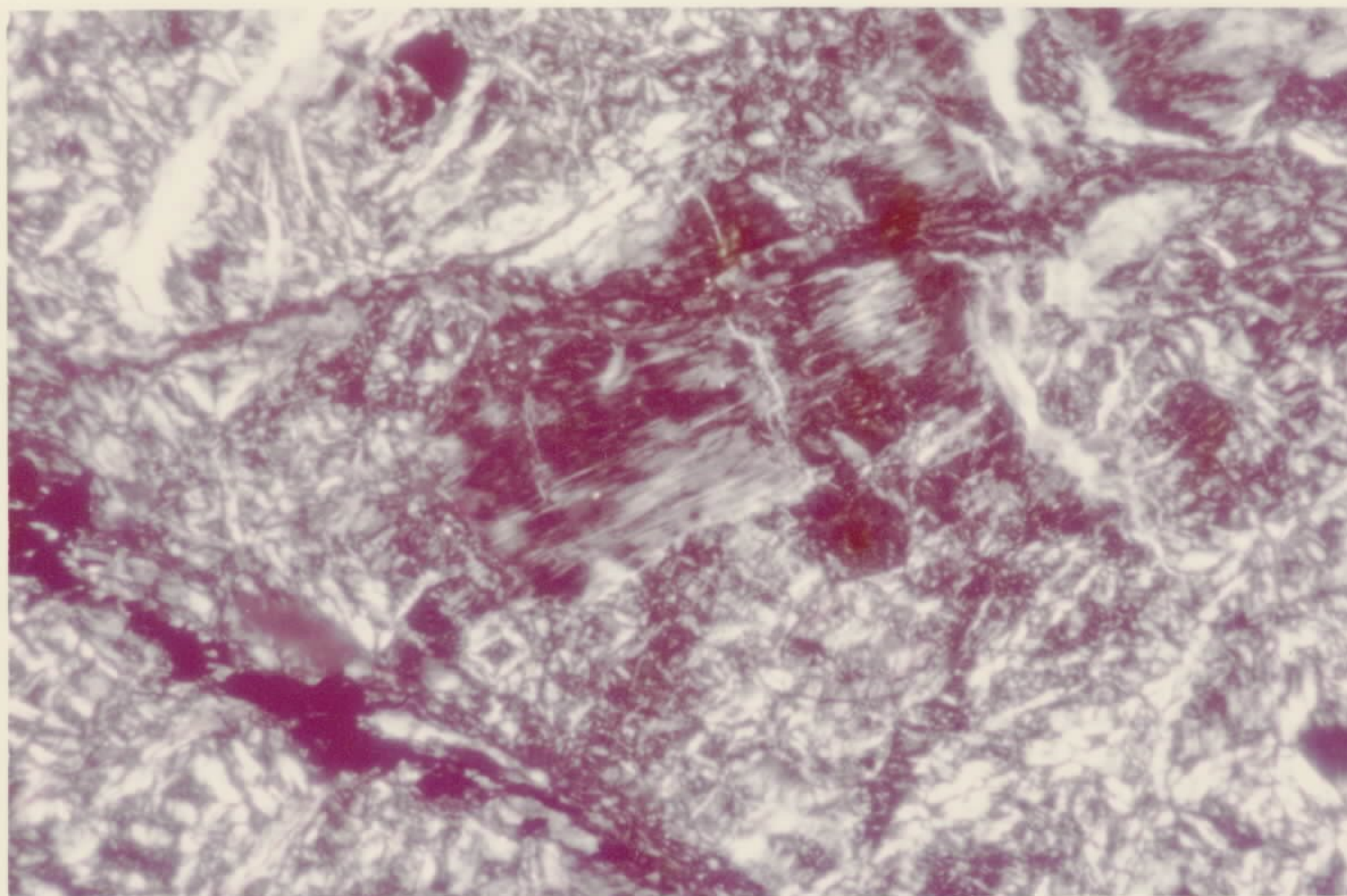
MICROFOTO 02 - Gabro com avançado estágio de alteração; o plagioclásio está parcialmente alterado a sericita e carbonato, e o piroxênio urilitizado LPx2,5.



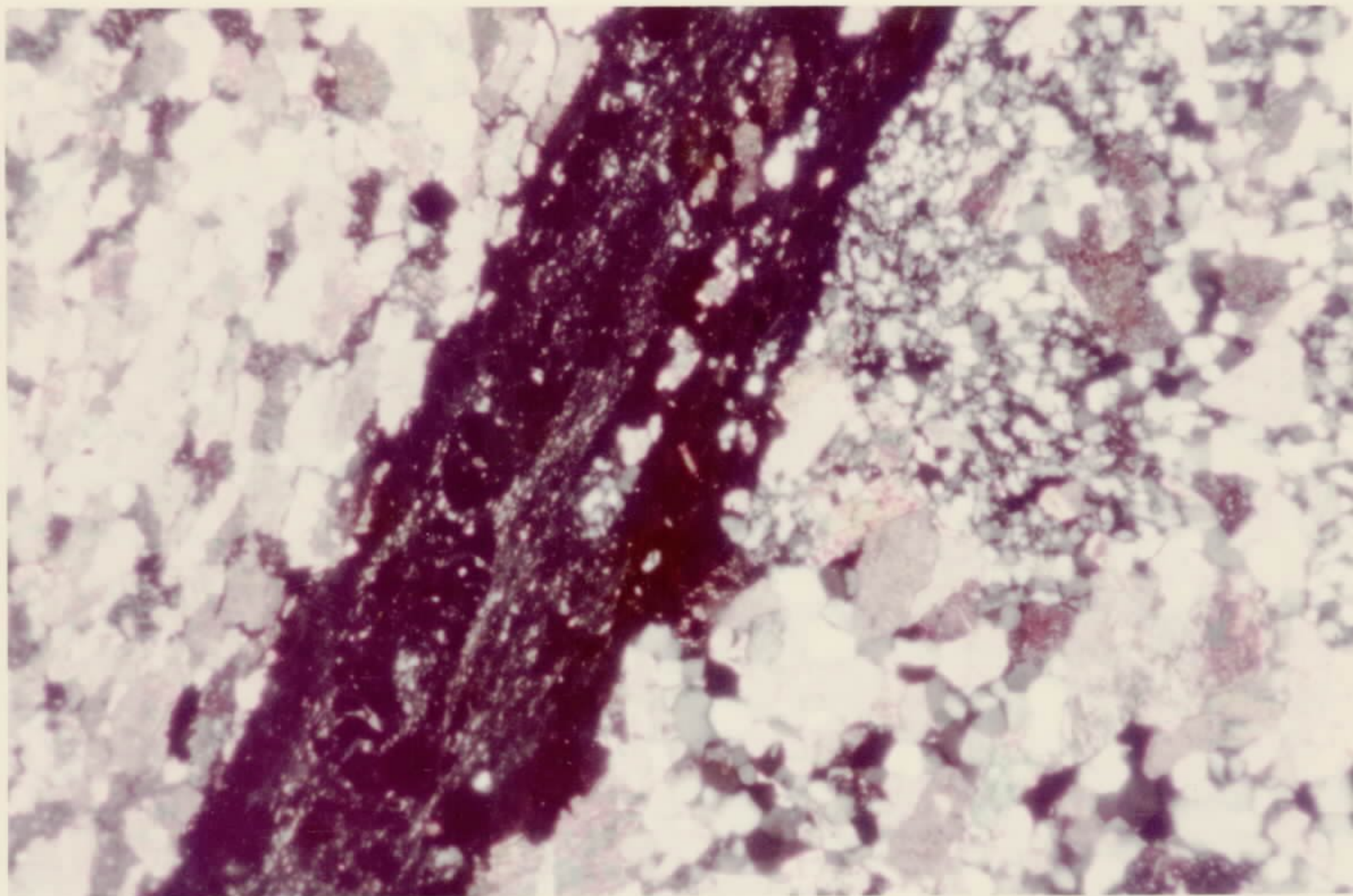
MICROFOTO 03 - Piroxenito apresentando escassos cristais inalterados de piroxênio e minerais opacos, imersos em matriz argilosa e impregnados por óxido de ferro LPx2,5.



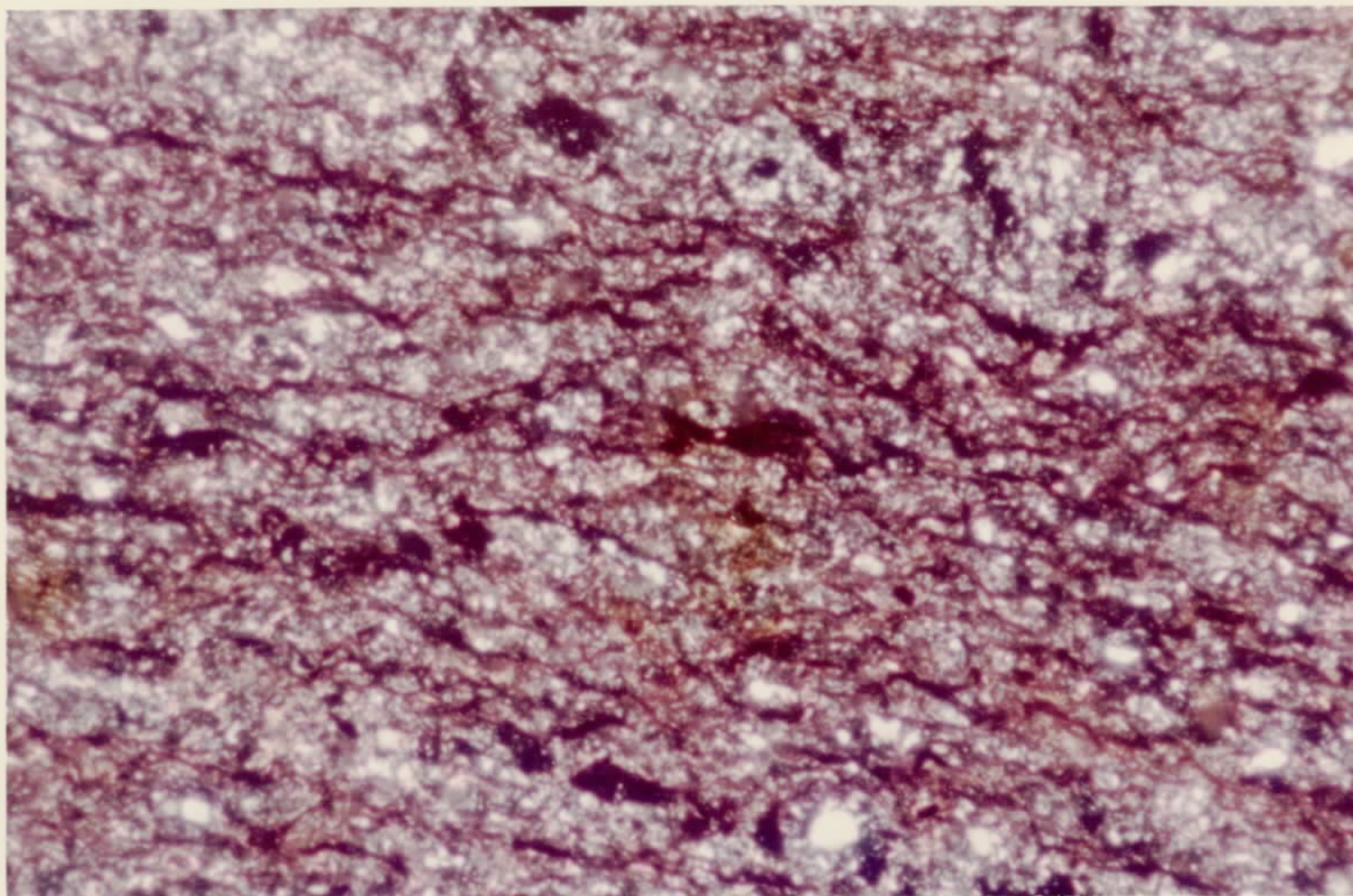
MICROFOTO 04 - Piroxenito muito alterado, onde a maior parte dos minerais foram transformados a óxido de ferro e carbonato de cobre. Escassos são os cristais de piroxênio que persistem na rocha LPx2,5.



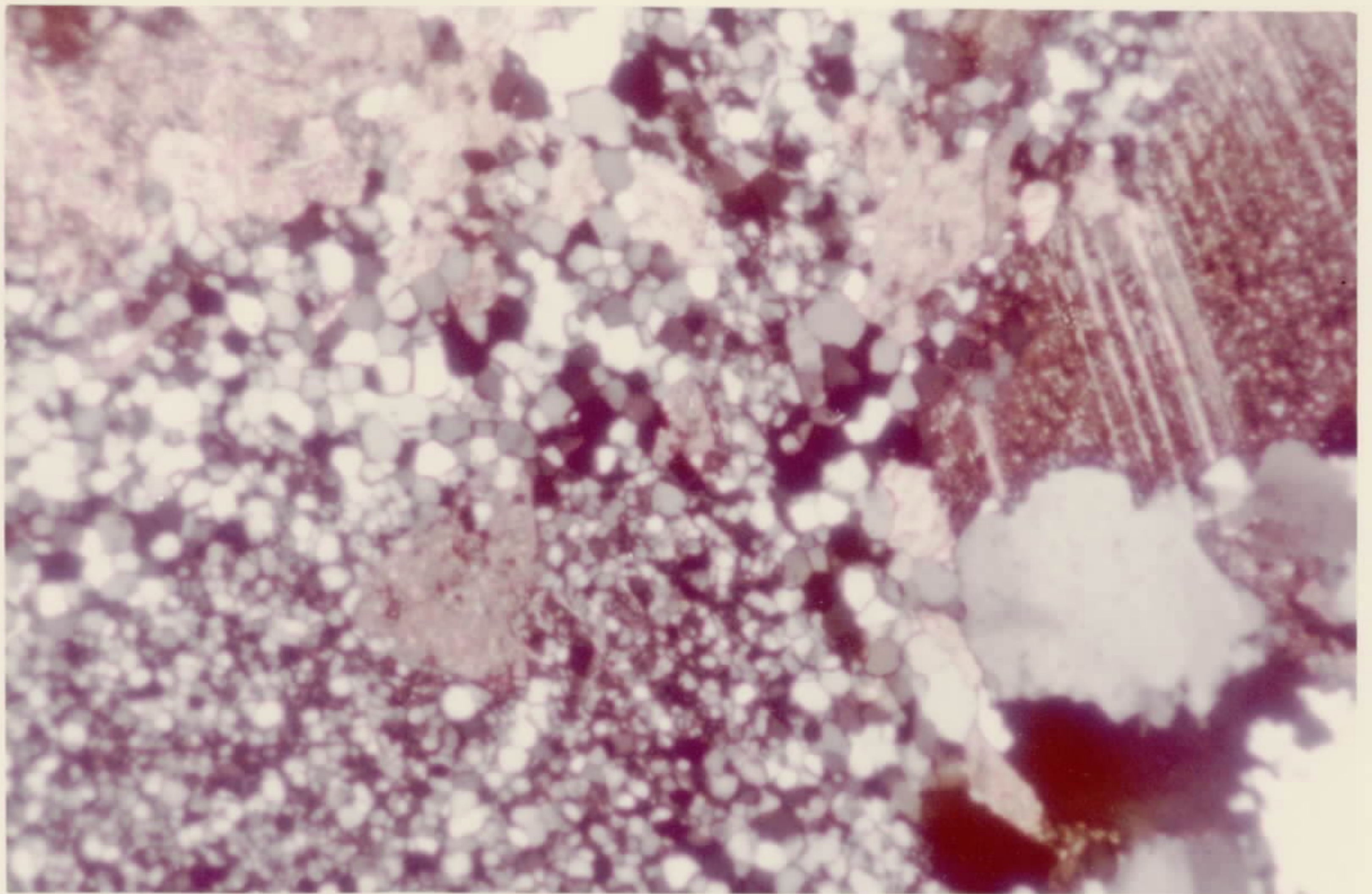
MICROFOTO 05 - Serpentinito apresentando a serpentina com textura em malha e preenchendo veios. Os minerais acessórios são representados pelos opacos LPx2,5.



MICROFOTO 06 - Brecha apresentando massa de cristais com carbonato com diferente tamanho, intercalado com finos grãos de quartzo. Existe presença de veios de clorita e escassos minerais opacos. A biotita encontra-se em raras finas lamelas LPx2,5.



MICROFOTO 07 - Talco-xisto com textura granolepidoblástica, com frequentes microdobras. Os minerais dominantes são: talco, clorita e quartzo LPx2,5.



MICROFOTO 08 - Cataclasito apresentando a maior parte dos constituintes minerais deformados, pelo efeito da cataclase. Constituída principalmente de quartzo e carbonato.