MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

CONVÊNIO DNPM / CPRM

# PROJETO JAIBARAS

## FOLHAS

| | | | |
|---|---|---|---|
| PARNAÍBA | — SA-24-Y-A-IV | GRANJA | — SA-24-Y-C-III |
| BITUPITA | — SA-24-Y-A-V | PIRACURUCA | — SA-24-Y-C-IV |
| CAMOCIM | — SA-24-Y-A-VI | VIÇOSA DO CEARÁ | — SA-24-Y-C-V |
| ACARAÚ | — SA-24-Y-B-IV | FRECHEIRINHA | — SA-24-Y-C-VI |
| BURITI DOS LOPES | — SA-24-Y-C-I | BELA CRUZ | — SA-24-Y-D-I |
| CHAVAL | — SA-24-Y-C-II | SOBRAL | — SA-24-Y-D-IV |

IPU — SP-24-V-A-III

## RELATÓRIO FINAL — Vol. I

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

DIRETORIA DE OPERAÇÕES

AGÊNCIA RECIFE

— JUNHO 1973 —

PHL
007600
2006

CPRM ED I.96 SUREMI SEDOTE
ARQUIVO TÉCNICO
Relatório nº 139-S
Nº de Volumes: 5 V.: 1
OSTENSIVO

# PROJETO JAIBARAS

## COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

RONALDO MOREIRA DA ROCHA — PRESIDENTE

FRANCISCO MOACYR DE VASCONCELLOS — DIRETOR DE OPERAÇÕES

OSCAR PAULO GROSS BRAUN — CHEFE DO DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA GERAL

CARLOS EUGÊNIO GOMES FARIAS — AGENTE

MARIO FARINA — CHEFE DA DIVISÃO DE RECURSOS MINERAIS

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

CONVÊNIO DNPM / CPRM

# PROJETO JAIBARAS


AUTORES:

MÁRIO JORGE COSTA

JOSÉ BERNARDINO DE FRANÇA

CARLOS ALBERTO CAVALCANTI LINS

IVANUEL FORTUNATO BACCHIEGGA

CEZAR ROBERTO HABEKOST

WALDEMIR BARBOSA DA CRUZ


RELATÓRIO FINAL – Vol. I


COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

DIRETORIA DE OPERAÇÕES

AGÊNCIA RECIFE

— JUNHO 1973 —

CPRM

SUMÁRIO


SINOPSE 1

1 - INTRODUÇÃO 3

1.1 - Histórico 4

1.2 - Objetivos 7

1.3 - Localização e Acesso 9

1.4 - Metodologia de Trabalho e Dados Físiços do Projeto 11

1.5 - Trabalhos Anteriores 13

2 - CLIMATOLOGIA E FITOFISIONOMIA 16

2.1 - Clima 17

2.2 - Vegetação 19

3 - GEOMORFOLOGIA 20

3.1 - Aspectos Descritivos 21

3.2 - Aspectos Evolutivos 26

4 - ESTRATIGRAFIA 29

4.1 - Comentários Gerais 29

4.2 - Pré-Cambriano 33

4.2.1 - PRÉ-CAMBRIANO "C" 33

4.2.1.1 - Definição 33

4.2.1.2 - Características Morfológicas 33

4.2.1.3 - Características Litológicas 34

a - Migmatitos Homogêneos 34

b - Quartzitos Ferríferos 37
c - Granitóides tipo Chaval 37
d - Cataclasitos 38
4.2.1.4 - Arranjo Estrutural 39
4.2.1.5 - Grau Metamórfico 41
4.2.2 - PRÉ- CAMBRIANO "B" 42
4.2.2.1 - Definição 42
4.2.2.2 - Características Morfológicas 43
4.2.2.3 - Características Petrográficas 44
a - Migmatitos Heterogêneos 44
b - Quartzitos 46
c - Granitóides tipo Araras 48
d - Sienito Tucunduba 49
e - Granitóide pós-orogênico 50
f - Termometamorfitos 51
4.2.2.4 - Arranjo Estrutural 52
4.2.2.5 - Grau Metarmófico 54
4.2.3 - PRÉ-CAMBRIANO "A" 55
4.2.3.1 - Definição 55
4.2.3.2 - Características Morfológicas 56
4.2.3.3 - Características Litológicas 56
a - Quartzitos 56
b - Filitos e Xistos 57
4.2.3.4 - Arranjo Estrutural 60
4.2.3.5 - Grau de Metamorfismo 63
4.3 - Eo-Paleozóico e Cambro-Ordoviciano 65
4.3.1 - GRUPO BAMBUÍ 65
4.3.1.1 - Definição 65

4.3.1.2 - Área de Ocorrência 66
4.3.1.3 - Formaçãc Trapiá 66
a - Definição 66
b - Área de Ocorrência 67
c - Modo de Ocorrência 67
d - Características Petrográficas 69
e - Tectônica 71
f - Ambiente de Sedimentação 72
4.3.1.4 - Formação Caiçaras 73
a - Definição 73
b - Área de Ocorrência 74
c - Modo de Ocorrência 74
d - Características Petrográficas 75
e - Tectônica 76
f - Ambiente de Sedimentação 77
4.3.1.5 - Formação Frecheirinha 77
a - Definição 77
b - Área de Ocorrência 78
c - Modo de Ocorrência 78
d - Características Petrográficas 80
e - Tectônica 80
f - Ambiente de Sedimentação 81
4.3.1.6 - Formação Coreaú 82
a - Definição 82
b - Área de Ocorrência 83
c - Modo de Ocorrência 83
d - Características Petrográficas 85
e - Tectônica 86

f - Ambiente de Sedimentação 87

4.3.1.7 - Idade e Correlação Estratigráfica 87

4.3.2 - GRANITÓIDES TIPO MERUOCA 89

4.3.2.1 - Generalidades 89

4.3.2.2 - "Stock" Granítico de Mucambo 90

a - Definição 90

b - Características Petrográficas 91

c - Petroquímica 93

4.3.2.3 - "Stock" Granítico Meruoca-Rosário 94

a - Definição 94

b - Características Petrográficas 95

c - Petroquímica 96

4.3.2.4 - Aspectos Genéticos 97

4.3.3 - GRUPO JAIBARAS 99

4.3.3.1 - Definição 100

4.3.3.2 - Área de Ocorrência 101

4.3.3.3 - Formação Massapê 102

a - Definição 102

b - Área de Ocorrência 103

c - Modo de Ocorrência 103

d - Características Petrográficas 104

e - Tectônica 105

f - Ambiente de Sedimentação 105

4.3.3.4 - Formação Pacujá 106

a - Definição 106

b - Área de Ocorrência 108

c - Modo de Ocorrência 108
d - Características Petrográficas 109
e - Tectônica 111
f - Ambiente de Sedimentação 112
4.3.3.5 - Formação Parapuí 112
a - Definição 112
b - Área de Ocorrência 113
c - Modo de Ocorrência 114
d - Características Petrográficas 116
d.1 - Nomenclatura das Rochas 116
d.2 - Caracterização das fácies petrográficas 118
d.2.1 - Associação Espilito-Queratófiro 118
d.2.2 - Rochas Eruptivas Normais 122
d.2.3 - Complexo Filoniano 124
e - Petroquímica 127
e.1 - Generalidades 127
e.2 - Conceito e Terminologia 128
e.3 - Caracterização Petroquímica 131
e.4 - Valor Metalogenético do Vulcanismo Parapuí 137
4.3.2.6 - Formação Aprazível 139
a - Definição 139
b - Área de Ocorrência 140
c - Modo de Ocorrência 141
d - Petrografia 141
e - Tectônica 143
f - Ambiente de Sedimentação 143

4.4 - Paleozóico da Bacia do Meio Norte 145

4.4.1 - FORMAÇÃO SERRA GRANDE 145

4.4.1.1 - Definição 145
4.4.1.2 - Área de Ocorrência 146
4.4.1.3 - Modo de Ocorrência 146
4.4.1.4 - Características Petrográficas 147
4.4.1.5 - Idade e Paleontologia 149
4.4.1.6 - Ambiente de Sedimentação 150

4.4.2 - FORMAÇÃO PIMENTEIRAS 151

4.4.2.1 - Definição 151
4.4.2.2 - Área de Ocorrência 152
4.4.2.3 - Modo de Ocorrência 152
4.4.2.4 - Características Petrográficas 154
4.4.2.5 - Idade e Paleontologia 155
4.4.2.6 - Ambiente de Sedimentação 155

4.4.3 - FORMAÇÃO CABEÇAS 156

4.4.3.1 - Definição 156
4.4.3.2 - Área de Ocorrência 157
4.4.3.3 - Modo de Ocorrência 158
4.4.3.4 - Características Petrográficas 158
4.4.3.5 - Idade e Paleontologia 159
4.4.3.6 - Ambiente de Sedimentação 160

4.4.4 - FORMAÇÃO LONGÁ 161

4.4.4.1 - Definição 161
4.4.4.2 - Área de Ocorrência 161
4.4.4.3 - Modo de Ocorrência 162
4.4.4.4.- Características Petrográficas 163

4.4.4.5 - Idade e Paleontologia 164
4.4.4.6 - Ambiente de Sedimentação 164
4.4.5 - FORMAÇÃO POTÍ 165
4.4.5.1 - Definição 165
4.4.5.2 - Área de Ocorrência 165
4.4.5.3 - Modo de Ocorrência 166
4.4.5.4 - Características Petrográficas 167
4.4.5.5 - Idade e Paleontologia 167
4.4.5.6 - Ambiente de Sedimentação 168
4.5 - Intrusivas Básicas Mesozóicas 169
4.5.1 - Definição 169
4.5.2 - Área de Ocorrência 169
4.5.3 - Modo de Ocorrência 170
4.5.4 - Características Petrográficas 171
4.5.5 - Idade 172
4.6 - Coberturas Cenozóicas 174
4.6.1 - FORMAÇÃO PIRABAS 174
4.6.1.1 - Definição 174
4.6.1.2 - Área de Ocorrência 174
4.6.1.3 - Modo de Ocorrência 175
4.6.1.4 - Características Petrográficas 176
4.6.1.5 - Idade e Paleontologia 177
4.6.1.6 - Ambiente de Sedimentação 178
4.6.2 - FORMAÇÃO CAMOCIM 179
4.6.2.1 - Definição 179
4.6.2.2 - Área de Ocorrência 180
4.6.2.3 - Modo de Ocorrência 181

4.6.2.4 - Características Petrográficas 182
4.6.2.5 - Idade e Ambiente de Sedimentação 183
4.6.3 - GRUPO BARREIRAS INDIVISO 184
4.6.3.1 - Definição 184
4.6.3.2 - Área de Ocorrência 186
4.6.3.3 - Modo de Ocorrência 187
4.6.3.4 - Características Petrográficas 188
4.6.3.5 - Idade e Ambiente de Sedimentação 189
4.6.4 - COBERTURAS INTRAMONTANAS 190
4.7 - Sedimentos de Praias e Aluviões 192
4.7.1 - PALEO-DUNAS 192
4.7.2 - DUNAS MÓVEIS E SEDIMENTOS DE PRAIA 193
4.7.3 - ALUVIÕES 195
5 - GEOLOGIA ESTRUTURAL 197
6 - GEOLOGIA HISTÓRICA 205
7 - GEOQUÍMICA 216
7.1 - Levantamento de Orientação 217
7.1.1 - GENERALIDADES 217
7.1.2 - METODOLOGIA 217
7.1.3 - TRATAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS 219
7.1.3.1 - Geoquímica do Solo Residual de Efusivas 220
7.1.3.2 - Variações Verticais e em Função do pH 222
7.1.3.3.- Ocorrência da Fazenda Campina 223
7.1.3.4 - Geoquímica do Solo de Dioritos e Gabros 225

7.1.3.5 - Ocorrências da Fazenda Urubú 226
7.1.3.6 - Geoquímica do Solo do Granito Mucambo 227

7.2 - Geoquímica Regional 230

7.2.1 - INTRODUÇÃO 230

7.2.2 - METODOLOGIA 230

7.2.3 - TRATAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS 231

8 - GEOLOGIA ECONÔMICA 235

8.1 - Generalidades 236

8.2 - Cobre nas Fazendas Campina e Urubu 237

8.3 - Cobre em Pedra Verde 240

8.4 - Ferro da Fazenda Angostura 244

8.5 - Ferro de Itauna 247

8.6 - Manganês de Oitis 248

8.7 - Calcário de Aprazível e Frecheirinha 251

8.8 - Calcário do Baixo Parnaíba 254

8.9 - Chumbo - Fazenda Saco 257

8.10 - Ouro de Reriutaba 259

8.11 - Cianita de Trapiá 263

8.12 - Fluorita da Fazenda Caetano 265

8.13 - Areias Ilmeníticas 267

8.14 - Minerais Radioativos . 269

8.15 - Água Subterrânea . 270

9 - CONCLUSÕES 276

10 - RECOMENDAÇÕES 282

11 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 286

# MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
## DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

FOLHA SA-24-Y-C
E PARTE DAS FOLHAS
SA-24-Y-A
SA-24-Y-B
SA-24-Y-D
SB-24-V-A

OCEANO ATLÂNTICO
MARANHÃO
CEARÁ
PIAUÍ
PARNAÍBA
FRECHEIRINHA
BITURITA
CANINDÉ
JERIQUAQUARA
BELA CRUZ
SOBRAL
CRATEÚS
PIRACURUCA
VICÊNCIA DO CEARÁ
CAMOCIM
ACARAÚ
PARAZINHO
MARTINÓPOLE
SÃO BENEDITO
MASSAPÊ
MERUOCA
ANTONINA DO NORTE
ANACÉTICA
CARIRÉ
MUCAMBO
SENADOR SÁ
CANINDÉ
CAMOCIM
ACARAÚ
BELA CRUZ
SOBRAL
CRATEÚS
PIRACURUCA
PARNAÍBA
FRECHEIRINHA
BITURITA
JERIQUAQUARA
VICÊNCIA DO CEARÁ
SÃO BENEDITO
MASSAPÊ
MERUOCA
ANTONINA DO NORTE
ANACÉTICA
CARIRÉ
MUCAMBO
SENADOR SÁ
MARTINÓPOLE
PARAZINHO
BELA CRUZ
ACARAÚ
CAMOCIM
CRATEÚS
SOBRAL

CPRM

## SINOPSE

Mapeamento geológico na escala 1:100.000 de uma área de 31.000 km$^2$ compreendida entre os meridianos 40°W e 42°W e os parelelos 2°30'S e 4°S com extensão até o paralelo 4°30'S, entre os meridianos 40°30'W e 41°W. Aspectos fisiográficos e evolução geomorfológica. Definição das unidades lito-estruturais A, B e C do pré-Cambriano e caracterização dos níveis de migmatização e grau metamórfico alcançados; definição da fácies granulito da Unidade "C"; da fácies almandina-anfibolito da Unidade "B"; ambas migmatizadas, e da fácies xistos verdes nos epimetamorfitos da Unidade "A"; caracterização petrográfica dos tipos litológicos mapeados e descrição do arranjo estrutural das Unidades. Definição de uma nova estratigrafia dos terrenos eo-Paleozóicos (Grupo Bambuí) e caracterização litológica e estrutural das Formações Trapiá, Caiçaras, Frecheirinha e Coreaú, representantes de uma sequência miogeosinclinal, estruturada na fase final dos dobramentos Brasilianos. Caracterização petrográfica e petroquímica dos granitóides intrusivos e pós-orogênicos do tipo Meruoca e diferenciação das fácies calco-alcalina e alcali-potássica; auréola de termometamorfitos no Grupo Bambuí. Posicionamento estratigráfico e geotectônico do Grupo Jaibaras e caracterização de uma sequência basal (molassa) com as Formações Massapê e Pacujá; uma fase vulcânica intermediária definida como Formação Parapuí; uma fase de sedimentação póstuma representada pela Formação Aprazível. Caracterização petrográfica e petroquímica do vulcanismo Parapuí; evolução da série petrográfica consanguínea, basalto-andesito-dacito-riolito, por diferencia

ção; caracterização de magmas de filiação toleítica e calco-alcalina s.s.; metassomatose sódica e identificação de uma série espilito-queratófira; zoneamento e alteração hidrotermal do tipo propilítico; mineralizações cupríferas associadas; definição e avaliação da vocação metalogenética do vulcanismo e indicação de áreas favoráveis a mineralizações. Descrição da Formação Serra Grande do Siluro-devoniano, das Formações Pimenteiras, Cabeças e Longá, do Devoniano e da secção inferior da Formação Potí, do Carbonífero; posicionamento estratigráfico, ambiente de sedimentação. Intrusivas básicas do Jurássico; caracterização petrográfica e modo de ocorrência. Formação Pirabas, do Mioceno; novas ocorrências. Definição da Formação Camocim, de idade miocênica e descrição do Grupo Barreiras indiviso. Descrições das coberturas intramontanas e das paleo-dunas, dunas móveis e aluviões. Arcabouço estrutural regional em blocos tectônicos distintos e individualizados; "horst" Granja; graben Martinópole; "horst" Tucunduba; graben Bambuí-Jaibaras, este diferenciado em ambiência geosinclinal e cratônica; plataforma de Sobral; sinéclise Paleozóica. Evolução histórica. Geoquímica: de solos de andesitos e efusivas básicas e intermediárias; de solos de dioritos e gabros; de solos do granito Mucambo; anomalias cupríferas; geoquímica regional de reconhecimento. Geologia econômica; ocorrências de fluorita, ferro, manganês, cobre, chumbo, ouro, calcário e cianita; descrição e avaliação. Pesquisa de reconhecimento para ouro aluvionar. Água subterrânea. Recomendação de áreas para projetos de detalhamento.

CPRM

# 1 - INTRODUÇÃO

## 1.1 - HISTÓRICO

O presente volume corresponde ao relatório final integrado do Projeto Jaibaras e trata da geologia e aspectos correlatos de toda a área do Projeto. Compreende treze folhas geológicas de 30' x 30', a saber: Parnaíba, Bitupitá, Camocim, Acaraú, Burití dos Lopes, Chaval, Granja, Bela Cruz, Piracuruca, Viçosa do Ceará, Frecheirinha, Sobral e Ipú, com um total de 31.000 $km^2$, agrupadas em um mapa geológico único na escala 1:250.000. Abriga quatro grandes unidades geológicas, com áreas de ocorrência irregulares e desiguais, individualizadas no mapa da figura 1, a saber: embasamento pré-Cambriano, eo-Paleozóico e Cambro-ordoviciano, Siluro-devoniano e coberturas cenozóicas.

Os trabalhos de campo, desenvolvidos em fases intermitentes no periódo janeiro/dezembro de 1972, foram executados pelos geólogos MARIO JORGE COSTA, CARLOS ALBERTO C. LINS, IVANUEL FORTUNATO BACCHIEGGA, CESAR ROBERTO HABEKOST, JOSÉ BERNARDINO DE FRANÇA e WALDEMIR BARBOSA DA CRUZ, sendo que os dois últimos desenvolveram seus trabalhos exclusivamente nas áreas de sedimentos siluro-devonianos e coberturas cenozóicas. A interpretação e integração dos dados geológicos coube aos geólogos MARIO JORGE COSTA, IVANUEL FORTUNATO BACCHIEGGA, CARLOS ALBERTO C. LINS e JOSÉ BERNARDINO DE FRANÇA. A montagem final dos mapas geológicos na área a leste do meridiano 41°W, com exceção das folhas Camocim e Acaraú foi tarefa do geólogo IVANUEL FORTUNATO BACCHIEGGA, também responsável pela montagem da folha Chaval. Todas as demais folhas geológicas foram montadas pelo geólogo JOSÉ BERNARDINO

DE FRANÇA. Os estudos e interpretações dos dados petrográficos, petroquímicos e geoquímicos, oriundos dos laboratórios específicos, foram tarefas do geólogo MARIO JORGE COSTA, chefe do Projeto, a quem coube também a redação do texto deste volume, com exceção dos capítulos referentes às formações sedimentares da Bacia do Meio Norte e coberturas cenozóicas, redigidos pelo geólogo JOSÉ BERNARDINO DE FRANÇA.

Os serviços de laboratório foram executados pelo LAMIM/CPRM e em parte pelos laboratórios da Divisão de Geologia do Departamento de Recursos Naturais da SUDENE em Recife. Da parte do LAMIM/CPRM as análises solicitadas foram executadas pelos seguintes técnicos:

Petrografia: Evaldo Osório Ferreira, Oscar Fuller, Lúcia Maria da Vinha, Jane da Silva Araújo, Carlos Benício Montenegro Melo.

Química: Maria Leopoldina Martins Lastres, Elizabeth de B.B. Winter Pecego, Maria Lúcia de Miranda e Lemos, Carmem Lúcia S. Roquete Pinto, Hugo Augusto Spinelli, Glória Berenice C.T.C. Brazão da Silva, Maria Yelda Esteves Ramos, Célia Maria Tinoco Aride, Cecile Stark Mayer, Tais Maria Ribeiro Lima, Lilá B. Hargreaves, Cecília M. Coelho, Dora Castro Giasson, Evaldo Dantas, Cecy M. Gonçalves, Esther V. Levy, Mirian Maia Peixoto Viana, Ewerton Marques de Gouvêa, Malvina Pomerancblum, Raif Cesar da Cunha Lima, Ligia Camargo.

Da parte da Divisão de Geologia da SUDENE, colaboraram os seguintes técnicos:

Petrografia: Zenaide Fonseca Mello, Ney Porfírio, e Maria Lúcia S. Vasconcelos.

Química: Antonio José Figueira Ramos(Geoquímica), Aluisio Delgado (Análise de Rocha e Minérios).

As fotomicrografias que ilustram este volume foram gentilmente obtidas pelo Prof. Aroldo Mello do Instituto de Geociências da U.F.Pe., a quem agradecemos.

## 1.2 - OBJETIVOS

O Projeto Jaibaras tem por objetivo básico o mapeamento geológico na escala 1:100.000 de cerca de 31,000 $km^2$, na região noroeste do Estado do Ceará, norte do Estado do Piauí e extremo oriental do Estado do Maranhão. Uma das motivações maiores do Projeto foi sem dúvida a definição em termos litológicos, estratigráficos e metalogenéticos da complexa "suite" de rochas vulcânicas, plutônicas, epimetamórficas e sedimentares, confusamente atribuídas ao Grupo Jaibaras e a representações do Grupo Bambuí, e que, pela sua ambiência geotectônica singular no contexto geológico do nordeste, estava a exigir um estudo de integração e definição do seu potencial prospectivo. Desta forma, foi orientação do Projeto Jaibaras dispensar uma atenção maior a esta área, visando a definição detalhada dos aspectos geológico-estratigráficos e a reunião de subsídios para a avaliação da vocação metalogênica da mesma. Com efeito, alguns aspectos foram tratados a um nível de detalhe talvez exagerado para a escala do mapeamento, porém, os bons resultados obtidos justificam plenamente a orientação seguida.

No que concerne ao embasamento pré-Cambriano, procurou-se definir os padrões tectônico-estruturais das diversas associações litológicas individualizadas e quando possível o seu relacionamento estratigráfico. As ocorrências minerais em áreas pré-cambrianas foram objeto de atenção especial. Os sedimentos cenozóicos, especialmente a verificação do potencial da faixa costeira com respeito a "placers" ilmeníticos, bem como a possibilidade de ocorrências de concentra

ções minerais ligadas a processos supergênicos, foram pontos de destaque na programação do Projeto Jaibaras.

Nas extensas áreas ocupadas pelas formações paleozóicas da Bacia do Meio Norte, o mapeamento executado teve mais um caráter de revisão e integração de levantamentos anteriores, a cargo de diversas instituições. Na faixa de terrenos cenozóicos procurou-se alcançar uma definição em termos estratigráficos, das diversas unidades mapeadas, especialmente na Geologia do Terciário.

## 1.3 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área do Projeto Jaibaras, objeto deste relatório, localiza-se na região noroeste do Ceará, norte do Piauí, incluindo pequena porção do Estado do Maranhão, limitada pelos meridianos 40°W - 42°W e pelos paralelos 2°30'S e 4°S , com extensão até o paralelo 4°30'S entre os meridianos 40° 30'W e 41°W, o que corresponde a aproximadamente 31.000 km², (vide mapa de localização - figura 1).

A região em referência está muito bem servida de vias de comunicações, transporte e suprimento energético. As rodovias federais, pavimentadas, BR-222 e BR-343, seccionam a área nos sentidos leste-oeste e norte-sul, respectivamente e funcionam como elementos básicos da rêde viária regional . Rodovias estaduais de primeira ordem, algumas em fase de pavimentação e uma densa rede de estradas secundárias asseguram o acesso a todos os núcleos populacionais durante a maior parte do ano. A área do Projeto Jaibaras é ainda servida por ramais da Rêde Ferroviária Federal, que se irradiam de Sobral para Camocim e Ipú, no sentido norte-sul, para Fortaleza. No Estado do Piauí, o ramal ferroviário Teresina-Luiz Correia serve a área do Projeto desde Piracuruca até aquela cidade portuária. Os portos marítimos de Camocim e Luiz Correia oferecem condições de operação para navios de pequeno calado sendo que o primeiro vem adquirindo importância crescente como porto pesqueiro.

Todas as sedes municipais dispõem de serviços postais e telegráficos, porém apenas as cidades de Parnaíba, Pi

racuruca, Sobral e Ipú são atendidas por serviço telefônico interurbano dos sistemas de micro-ondas operados pelas concessionárias estaduais.

O suprimento energético de alta e baixa tensão é eficiente e abundante, estando a região incorporada ao sistema COHEBE-CHESF. Todas as sedes municipais e algumas povoações maiores dispõem de facilidades energéticas. O açude Araras, um dos maiores do Nordeste, situado no limite sul da área, sobre o rio Acaraú, alimenta uma pequena central hidro-elétrica, de importância local.

Apenas a cidade de Parnaíba é servida regularmente por aviões comerciais, porém todas as sedes municipais de maior importância contam com campos de pouso para pequenos aparelhos, sendo que, o de Sobral é homologado para aviões do tipo DC-3.

## 1.4 - METODOLOGIA DE TRABALHO E DADOS FÍSICOS DO PROJETO

A metodologia aplicada na execução do Projeto Jaibaras obedeceu a técnica clássica consagrada em trabalhos deste gênero. Foram utilizadas, como instrumento básico de trabalho, fotos aéreas verticais, na escala 1:70.000, obtidas em 1969 pelo Serviços Aéreos Cruzeiro do Sul S.A., para a área do Projeto a leste do meridiano 41°W; na escala 1:25.000, obtidas em 1958 pela mesma empresa, para a área a oeste daquele meridiano. Como base planimétrica usamos durante as fases de campo, fotomosaicos semi-controlados na escala aproximada 1:100.000 fornecidos também pelo S.A.C.S. S/A.

Os mesmos fotomosaicos foram utilizados para montagem dos mapas geológicos finais do Projeto, para a área a oeste do meridiano 41°W e ainda para a folha Camocim. As demais folhas geológicas foram plotadas sobre as cartas planimétricas na escala 1:100.000 da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército e SUDENE, disponíveis apenas no segundo trimestre de 1972. A base planimétrica para o mapa geológico integrado na escala 1:250.000 resultou da conjugação de reduções fotográficas a partir das bases na escala 1:100.000.

Além do mapeamento geológico foi executado um programa de pesquisa geoquímica de reconhecimento, multielementar, em sedimentos de corrente, nas áreas de rochas cristalinas pré-cambrianas. Para caracterização petrogenética do vulcanismo Parapuí, procedemos estudos petrográficos e petroquímicos de detalhe em amostras características daquela associação magmática. Visando reunir subsídios para futuros proje-

tos, executamos ainda levantamentos geoquímicos de solo, de carácter orientativo, sobre litologias específicas, na área de rochas vulcânicas e magmáticas associadas do Grupo Jaibaras.

No Projeto Jaibaras foram executados 8.998 quilômetros de caminhamentos geológicos, tendo-se estudado 2.932 afloramentos com a coleta de 720 amostras de rocha. As secções medidas alcançaram o total de 54 quilômetros e foram cadastradas 19 ocorrências minerais. Os trabalhos de geoquímica implicaram na coleta de 975 amostras de solo e 197 amostras de sedimento de corrente. A parte analítica compreendeu a confecção e descrição de 173 lâminas petrográficas e duas secções polidas em amostras de minério. Foram executadas 9.430 determinações espectrográficas, semi-quantitativas ; 2.420 determinações geoquímicas por absorção atômica; 60 análises sedimentológicas e 803 determinações em análises completas de rochas.

Em termos globais os trabalhos de campo do Projeto Jaibaras alcançaram os seguintes índices de densidade:

| | | |
|---|---|---|
| Afloramento/km$^2$ | - | 1/10,57 |
| Afloramento/km de perfil | - | 1/3,07 |
| Km de perfil/km$^2$ | - | 1/3,44 |
| Amostra coletada/afloramento | - | 1/4,07 |

## 1.5 - TRABALHOS ANTERIORES

As primeiras referências à geologia da área objeto deste relatório, deve-se a Horácio L. Small (1914), que relata a presença de arenitos castanhos no trajeto Ibiapina-Sobral e nas proximidades de Massapê, e criou o termo "Série Serra Grande" para os arenitos, conglomerados e calcários da região de Ubajara. Williams, (1926), refere-se aos afloramentos de calcários na mesma região, correlacionando-os com litologias semelhantes do rio São Francisco pertencentes à Formação Bambuí. Menciona também as camadas de quartzitos e xistos dobrados dos flancos da Ibiapaba, correlacionando- os à Série Ceará definida por Crandall em 1910. Oliveira e Leonardos, (1943), utilizam pela primeira vez o termo "Série Jaibaras" referindo-se a afloramentos de conglomerados, arcóseos, arenitos, folhelho vermelho arroxeado ou verde e calcário cinza-escuro, equiparando-a, com reservas, à Série São Francisco-Bambuí, tida como siluriana, Plummer et alii(1949), dividiram a Formação Serra Grande, reconhecendo uma secção basal, conglomerática, denominando-a "camadas Ipú". Blankennagel, (1952), apresenta o primeiro estudo integrado da Bacia do Maranhão. Modernamente, Kegel e colaboradores (1953, 1956 e 1958), reconheceram as linhas gerais do contexto geológico da área em foco. No primeiro trabalho, sistematizaram a estratigrafia das formações sedimentares da borda oriental da Bacia do Meio Norte. Nos demais, estabeleceram o primeiro esquema estratigráfico para as formações eo-cambrianas e cambro-ordovicianas, colocando a Formação Jaibaras, subdividida nos memebros Aprazível e Trapiá, na base da sequência, sobreposta pela Formação Bambuí. Finalmente, ainda Kegel, (1965), sub

dividiu o embasamento cristalino do noroeste do Ceará em três blocos orogênicos a saber: "corpo orogênico do Coreaú", "corpo orogênico de Santa Quitéria" e "corpo orogênico do Acaraú".

Trabalhos realizados na região de Sobral e Massapê, (Costa, 1962; Barreto, 1962; Manoel Filho, 1962)referem-se a Série Jaibaras composta pelos conglomerados e arenitos da Formação Aprazível, enfatizando pela primeira vez a importância de uma fase intermediária de manifestações magmáticas. Cobra,(1963), detalhou a estratigrafia das Séries Bambuí e Jaibaras, colocando aquela, na base da sequência, e indicando a existência de quatro ciclos vulcânicos na área. Tece comentários sobre a ocorrência de ferro de Angostura estudada por Oliveira e Silva,(1963), e Rand,(1964). Moraes et alii,(1963), foram os primeiros a apresentar um mapa geológico regional, na escala 1:250.000, abrangendo toda a área do Projeto a leste do meridiano 41°W. Oliveira e Silva, (1963) executou mapeamento geológico na escala 1:25.000, englobando a folha Chaval, e Santos,(1963), estudou o depósito de manganês da fazenda Bodega. Mapeamentos geológicos nas áreas de Ipú e Reriutaba, (Barreto, 1963; Farina, 1963), tecem comentários sobre a natureza do embasamento pré-Cambriano.Campos, (1964), e Rezende,(1964), apresentam uma revisão da geologia da Bacia do Meio Norte, enfatizando o segundo, aspectos ligados às intrusões básicas. Ferreira, (1964), descreve as ocorrências e paleontologia da Formação Pirabas na região do baixo Parnaíba. Nascimento, (1965); Rocha, (1965),estudaram pequenas áreas na região de Coreaú, sem contudo esclarecer a problemática estratigrafia local. Ferreira, (1967), estudou

a geologia do norte do Piauí e apresenta mapa geológico de reconhecimento. Winge, (1967), propõe pela primeira vez a denominação "Grupo Jaibaras" subdividindo-o em três sub-grupos: superior (conglomerados brechóides); médio (vulcânicas andesíticas); e inferior (arenitos, siltitos e conglomerados). Vandoros, (1967), apresenta datações radiométricas do granito Meruoca e outras rochas magmáticas. A região entre Cariré e Ipú foi ainda objeto de estudos geológicos, (Albuquerque, 1969; Andrade, 1969; Campos, 1969; Correa,1969;Leite, 1969; Maranhão, 1969; Queiroz, 1969), enfatizando os aspectos litológicos e estruturais do embasamento e as mineralizações associadas, especialmente ouro e veios polimetálicos. Aguiar, (1968), faz nova revisão da geologia da Bacia do Maranhão, com vistas as possibilidades petrolíferas.

Mabesoone et alii,(1971), apresentam uma revisão da geologia da área e criam novas unidades estratigráficas no âmbito do Grupo Bambuí. Finalmente, Danni,(1972),descreve com algum detalhe a geologia da porção sudoeste da bacia Bambuí, dispensando atenção ao granito Mucambo e cornubianitos associados.

CPRM

# 2 - CLIMATOLOGIA E FITOFISIONOMIA

## 2.1 - CLIMA

O clima, na área do Projeto Jaibaras se caracteriza por duas estações bem distintas. Uma estação chuvosa, que começa entre novembro e dezembro, terminando em abril, com precipitações bastante irregulares e máximas pluviais entre março e abril. E uma estação seca, que se prolonga de junho até fins de novembro. Nesta época as águas superficiais escaseiam, ficando completamente secos os leitos dos pequenos rios e riachos.

Do ponto de vista das médias anuais de precipitação, esta região abranje duas faixas de índices pluviométricos distintos. Da escarpa da Serra da Ibiapaba para oeste, situa-se a faixa com precipitações entre 1200 e 1500 mm, com valores crescentes no mesmo sentido oeste, incluída na classificação AW de Köppen. Para leste da cuesta nos terrenos baixos e aplainados do cristalino e se estendendo até o litoral, situa-se a faixa com índices compreendidos entre 1200 e 1000mm, correspondendo à região semi-árida, caracterizada principalmente pelas irregularidades das precipitações e médias termais altas, enquadrando o clima no tipo Bshw de Köppen.

A faixa costeira apresenta um incremento pluviométrico de leste para oeste, situando-se na zona de transição entre o litoral semi-árido, que se dilata até o extremo leste da costa setentrional do Rio Grande do Norte, e o litoral semi-úmido do Maranhão. Pequenas diferenciações se observam ainda nos trechos em que a linha de praia tem direção NW, fa

vorecidos pelos contra-alísios, de direção leste-oeste. Essa transição se reflete na economia da região. Do lado leste do rio São Miguel a taxa de umidade é mais reduzida e a evaporação mais intensa, propiciando a existência de salinas em grandes extensões no próprio rio Saõ Miguel, no Timonha, no Coreaú e no Acaraú.

O contraste morfológico representado pela Serra da Ibiapaba é o responsável pela existência de condições climáticas locais naquela região serrana, em confronto com a semi-aridez das áreas aplainadas e rebaixadas do cristalino. A influência do relêvo, alí enseja uma incidência maior de chuvas, insolação mais atenuada nos períodos secos, um aumento relativo da umidade e médias de temperatura mais baixa, resultando em melhores condições de habitabilidade e de exploração agrícola. Essa configuração morfológica assinala ainda a transição entre a zona semi-árida do leste da Serra e a faixa semi-úmida do oeste, em direção ao interior maranhense. Microclima de características semelhantes ao da Ibiapaba, instalou-se nas áreas altas das serras Meruoca e Rosário, também condicionado à situação topográfica elevada.

## 2.2 - VEGETAÇÃO

A vegetação da região enquadra-se maiormente no tipo "caatinga", característica das zonas áridas e semi-áridas do nordeste. As plantas são predominantemente xerófitas, incluindo membros das famílias das Leguminosas(catingueiras, juremas), Cactaceae, (mandacarú, xique-xique,palmatória, quipá), Euphorbiacea, (pinhão bravo), Bromeliaceae,(macambiras, caroas). A vegetação é tipicamente de baixo porte, arbustiva ou rasteira, e as diversas espécies podem ser agrupadas em populações características, condicionadas à litologias específicas. Nas zonas aplainadas de solo arenoso e nas áreas de aluviões dos rios maiores a espécie vegetal dominante é a palmeira carnaúba (Copernicia cerifera) de grande importância sócio-econômica na região. Esta espécie vegetal representa o suporte econômico de grande parcela da população rural, seja como produtora da cera, seja como fornecedora de palha para confecção de objetos de utilidade.

Na região serrana da Ibiapaba, em uma faixa disposta no sentido N-S com dez a vinte quilômetros de largura, bem como na serra Meruoca, desenvolve-se uma vegetação exuberante, de mata úmida, como resultado do microclima local propício à fruticultura, cafeicultura e uma agro-indústria primitiva de cana de açucar. Finalmente, as zonas de baixadas litorâneas, sob influência das marés, especialmente a região do delta do Parnaíba e os estuários dos demais rios, caracterizam-se pela vegetação halófila dos manguezais.

CPRM

# 3 - GEOMORFOLOGIA

## 3.1 - ASPECTOS DESCRITIVOS

Sob o aspecto descritivo, distinguimos na área do Projeto Jaibaras, quatro unidades morfológicas diretamente condicionadas às variações litológicas e estruturais da região.

A mais extensa destas unidades, corresponde ao peneplano característico das áreas de drenagem dos rios Acaraú, Coreaú e Timonha, até o delta do Parnaíba, desenvolvido a partir dos níveis de base dos referidos cursos d'água. Este peneplano apresenta uma elevação constante e gradual, desde as áreas limítrofes dos tabuleiros cenozóicos com cotas na faixa 50-100 metros, alcançando valores entre 180-240 metros no limite sul da área, região de Ipú-Reriutaba. Com exceção das áreas de quartzitos e de rochas granitóides, toda a área de ocorrência das rochas pré-cambrianas corresponde à unidade geomorfológica referida. Caracteriza-se por regiões absolutamente aplainadas de solo arenoso delgado, nas áreas migmatíticas, evoluindo para formas de relêvo suaves e arredondadas, com solo também pobre e mal desenvolvido em áreas de litologias menos homogeneizadas. Nas faixas de litologia xistosa, por exemplo na região de Cariré-Groairas e especialmente na ampla área de ocorrência de xistos e filitos da Unidade "A", ao norte da falha Itacolomy, o relêvo assume aspecto extremamente recortado, com rede de drenagem densa, do tipo dendrítico.

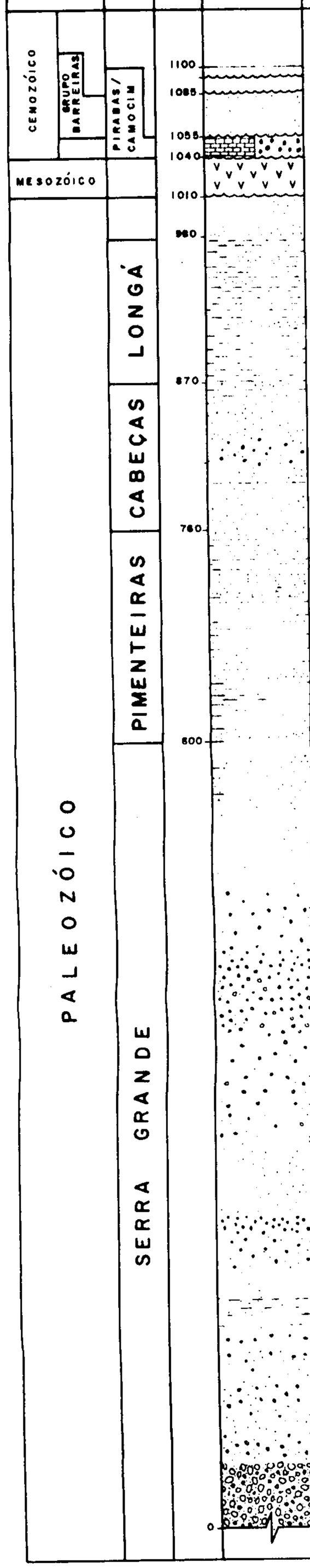
Este amplo peneplano passa sem solução de continuidade para as áreas ocupadas pelas formações superiores do

Grupo Bambuí e pelas formações que compõem o Grupo Jaibaras, na porção central da área do Projeto.

A segunda unidade geomorfológica, também maiormente desenvolvida nos terrenos pré-cambrianos, corresponde às áreas de litologias resistentes ao processo erosivo, isto é, as faixas de rochas quartzíticas e gnaisses quartzosos e aos maciços de rochas graníticas e sieníticas. Tem maior expressão nas folhas Bela Cruz, Granja, Chaval e Frecheirinha, onde formam cadeias descontínuas de cristas e "hogbacks" elevados, orientadas grosseiramente de oeste para leste, desde o flanco da Ibiapaba até o vale do rio Acaraú, com elevações médias na faixa 500-600 metros, podendo alcançar 800 metros. Intercalam-se às cristas, vales profundamente entalhados, caracterizando um relêvo jovem e áspero. Este modelo morfológico se maximiza na região das serras Timbaúba e Ubatuba, folha Chaval, moldados em espessos pacotes quartzíticos e no relêvo movimentado das serra Meruoca-Rosário e Carnutim, com cotas de até 1.000 m e desníveis de até 800-900 metros do peneplano circundante. Predominam escarpas abruptas e alcantilados nus, com vales em "V" entulhados por enormes blocos e calhaus oriundos dos desmontes das encostas. São ainda destaques morfológicos, a serra da Barriga, a leste de Sobral, e a serra Tucunduba a sudeste do açude homônimo, que constituem exemplos de "inselbergs" isolados (vide foto nº 1), tendo como suporte rochas plutônicas de composição granítica e sienítica.

Os terrenos cenozóicos de cobertura, que ocupam uma faixa de largura variável ao longo da costa, podendo atin

| SEÇÃO COMPOSTA | DATA | ESCALA | FIGURA |
|---|---|---|---|
| | NOVEMBRO / 1972 | 1:5.000 | 2 |




## DESCRIÇÃO LITOLÓGICA

Aluviões e sedimentos de praia.

Paleo dunas, com areia de grã média, bem classificada.

Areia cinza clara a vermelha, grã média a grosseira argilosa e pouco consolidada.

Calcário argiloso, coquinóide e conglomerado com cimento lateritico, mui consistente.

Diabásio a augita e pigeonita com diferenciações locais para microtonalito.

Arenito fino a médio granular, cinza a róseo, siltico, friável, macico, com camadas de 10 - 15 cm de espessura e estratificação cruzada tipo tabular.

Folhelho cinza escuro, finamente estratificado, micáceo, siltico, com aspecto varvitico e intercalações de camadas com 2-3m de espessura de arenito fino, creme a avermelhado bem classificado e siltito creme a cinza escuro, argiloso e laminado.

Arenito de grã media a grosseira, acamamento geralmente irregular, maciços, com intercalações na parte superior, de siltitos cremes, laminados, consistentes, com sinais de recozimento nos contatos com os sills de diabásio.

Arenito fino, siltico, creme a cinza claro, regular a bem classificado, friável, com intercalações esporádicas de siltito creme laminado.

Folhelho cinza escuro ou esverdeado, com frequentes intercalações de arenitos finos, laminados.

Folhelho cinza escuro, esverdeado ou arroxeado, por vezes siltico, algo micáceo, com intercalações de arenitos finos e siltitos finamente laminados.

Siltitos cremes a cinzentos, ora argilosos, ora arenosos, finamente estratificados, com camadas de 1-5 cm de espessura, e ocasionais leitos de folhelho cinza esverdeado e arenito fino, micáceo, argiloso, e laminados.

Arenito fino, cinza claro, grã fina, regularmente selecionado, em camadas maciças de 20 cm a 2,0 m de espessura, com raras intercalações de argilitos.

Arenito cinza esbranquiçado, fino a médio, parte conglomerático, micáceo, caulinico, friável, em bancos maciços de 40-50 cm de espessura, localmente com estratificação cruzada.

Arenito cinza claro, grosseiro, friável, em camadas de até 0.8 m de espessura, caulinico, com intercalação de leitos conglomeráticos.

Conglomerado constituido essencialmente de seixos e calhaus de quartzo, subangulosos, dispersos em matriz arenosa, grosseira, caulinica, as vezes friável. Localmente exibe estratificação cruzada.

Arenito conglomerático em camadas maciças de 0.8 m, friável, pouco caulinico, com niveis de conglomerado intercalados, com seixos subangulosos de quartzo e matriz areno-siltica.

Arenito cinza esbranquiçado, grã média a grosseira, às vezes conglomerático, caulinico localmente friável, em camadas maciças de 0.8 a 1.0 m.

Arenito grosseiro, creme claro, caulinico, friável, passando na parte superior a conglomerado, com seixos subangulosos de quartzo e subordinadamente de fedspato caulinizado.

Arenito branco, grã média a conglomerática, friável, com intercalações de argilito branco, friável.

Arenito conglomerático, branco e avermelhado claro, friável, em bancos maciços, horizontalizados, de 6 a 8 m de espessura.

Arenito conglomerático, branco, com intercalações de arenito de grã media, friável, caulinico, passando na parte inferior para arenito róseo, arcoseano em camadas maçiças de 2 a 3 m de espessura.

Conglomerado basal, com bancos maçiços de 10 a 15 m, horizontalizados, com seixos e calhaus de quartzo subarredondados, e matriz arenosa grosseira, mui consistente.

# QUADRO - I

# QUADRO COMPARATIVO DAS SEQUÊNCIAS ESTRATIGRÁFICAS EO-CAMBRIANAS E CAMBRO-ORDOVICIANAS DO NOROESTE DO CEARÁ

## KEGEL, W.; SCORZA, E.P. E COELHO, F. C. P. (1958)

EO — PALEOZOICO

FORMAÇÃO BAMBUÍ

CALCÁRIOS AZULADOS

FORMAÇÃO JAIBARAS

MEMBRO TRAPIÁ
ARENITOS, SILTITOS E FOLHELHOS

MEMBRO APRAZÍVEL
CONGLOMERADO BRECHOIDE

PRÉ-Є INDIVISO

## COBRA, R. Q. (1963)

EO-PALEOZOICO/SILURIANO

SERIE JAIBARAS E VULCANISMO ASSOCIADO

RIOLITO

ROCHAS BASICAS SUB - VULCÂNICAS

GRANITO MERUOCA

SILTITO PÓS VULCÂNICO

CONGLOMERADO APRAZÍVEL

ANDESITOS

GRANITO MUCAMBO

ALGONQUIANO SUPERIOR

SÉRIE BAMBUÍ

SILTITO PRÉ-VULCÂNICO E ARENITO FINO

CALCÁRIOS

QUARTZITO E FILITO

PRÉ-Є INDIVISO

## WINGE, M. (1967)

EO — CAMBRIANO?

GRUPO JAIBARAS

SUB-GRUPO SUPERIOR
CONGLOMERADO POLIMÍTICO BRECHOIDE

SUB-GRUPO MÉDIO
ROCHAS ÁCIDAS SUB-VULCÂNICAS E LAVAS ANDESÍTICAS

SUB-GRUPO INFERIOR
CONGLOMERADOS ARENITOS E ARCÓSEOS

PRÉ-Є INDIVISO

## MABESOONE, J.M.; BEURLEN, K; RAND, H.M. (1971)

CAMBRIANO SUP.

FORMAÇÃO PENANDUBA
CONGLOMERADOS E ARENITOS FINOS

CAMBRIANO MÉDIO

GRUPO JAIBARAS

FORMAÇÃO APRAZÍVEL
CONGLOMERADOS

BASALTO, DIABASIOS E DIQUES INTRUSIVOS

GRANITO INTRUSIVO

CAMBRIANO INF.

FORMAÇÃO TRAPIÁ
ARENITOS E SILTITOS

EO — CAMBRIANO

GRUPO BAMBUÍ

FORMAÇÃO CAIÇARAS
FOLHELHO E ARENITO

FORMAÇÃO BAMBUÍ
CALCÁRIO

FILITO

CALCÁRIO IMPURO SILICIFICADO

GNAISSE

PRÉ-Є INDIVISO

## DANNI, J.C.M. (1972)

ORDOVICIANO

GRUPO JAIBARAS

FORMAÇÃO APRAZÍVEL
CONGLOMERADO POLIMÍTICO BRECHOIDE

ANDESITOS AMIGDALÓIDES

GRANITO MUCAMBO

FORMAÇÃO TRAPIÁ
ARENITOS FELDSPATICOS E CORNUBIANITOS

PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR

GRUPO BAMBUÍ

CALCÁRIOS E MARGAS

ARDÓSIAS E QUARTZITOS

PRÉ-Є INDIVISO

## PROJETO JAIBARAS
COSTA, M.J.; LINS, C.A.C.; BACCHIEGGA, I.F.; HABEKOST, C.R. (1973)

CAMBRO ORDOVICIANO

GRUPO JAIBARAS

FORMAÇÃO APRAZÍVEL
CONGLOMERADO POLIMÍTICO BRECHOIDE

FORMAÇÃO PARAPUÍ
BASALTOS E ANDESITOS ESPILITIZADOS, DIORITOS E RIOLITOS

SEQUÊNCIA MOLASSA

FORMAÇÃO PACUJÁ
ARENITOS FINOS, ARCOSEOS E GRAUVACAS. CAMADAS VERMELHAS

FORMAÇÃO MASSAPÊ
CONGLOMERADO BRECHOIDE

GRANITOS INTRUSIVOS

EO — CAMBRIANO

GRUPO BAMBUÍ

SEQUÊNCIA GEOSINCLINAL

FORMAÇÃO COREAÚ
GRAUVACAS, ARCÓSEOS, ARENITOS FINOS E HORNFELS

FORMAÇÃO FRECHEIRINHA
CALCÁRIO AZULADO E HORNFELS

FORMAÇÃO CAIÇARAS
ARDOSIAS E QUARTZITOS HORNFELS

FORMAÇÃO TRAPIÁ
ARENITO FINO, SILTITO FILITOSO, HORNFELS

PRÉ-Є

sôbre o assunto.

Nos trabalhos do Projeto Jaibaras adotaram-se basicamente critérios tectônico-estruturais, resultando no estabelecimento de um novo esquema estratigráfico para a área, que leva em conta o modelo de desenvolvimento geotectônico regional. No quadro I, já referido, ao lado dos diversos esquemas estratigráficos descritos na literatura, figura a coluna composta estabelecida com os trabalhos do Projeto Jaibaras.

Para os sedimentos paleozóicos da Bacia do Meio Norte, que ocupam amplas áreas, na região a oeste do meridiano 41°W, adotou-se o empilhamento estratigráfico estabelecido por Kegel, (op. cit.), com as modificações propostas por Blankennagel, (op. cit.).

A geologia cenozóica na área do Projeto, revelou aspectos peculiares e inéditos, solicitando o estabelecimento de uma nova unidade estratigráfica. A figura 2 sumariza a coluna estratigráfica do Siluro-Devoniano e Cenozóico adotada pelo Projeto Jaibaras.

gir penetrações de 50 quilômetros para o interior, como ocorre nos vales dos rios Acaraú e Timonha, constituem uma terceira unidade morfológica na área objeto deste relatório. Correspondem a uma ampla superfície com cotas de 20 metros no litoral, crescendo de maneira contínua e regular para o interior, atingindo valores na faixa 100-110 metros na área a leste de Morrinhos, formando os denominados tabuleiros costeiros, limitados quase sempre por linhas de escarpas de traçado sinuoso e irregular. Na área do Projeto Jaibaras a superfície dos tabuleiros passa sem solução de continuidade para o topo aplainado e nivelado às mesmas cotas, das rochas cristalinas, profundamente intemperizadas e laterizadas. Na região de Martinópole e Parazinho, são comuns exemplos desta mesclagem do "glacis" de abrasão e do "glacis" de deposição, aquele correspondente às rochas do embasamento e este aos depósitos cenozóicos. Resíduos desta superfície aplainada são distribuidos esparsamente em todo o vale do rio Acaraú e alcança expressão morfológica de destaque na região do açude Araras, no limite sul da área do Projeto, já com cotas na faixa 200-210 metros, o que representa uma declividade média da superfície desta área até a costa da ordem de 1,5 m/km. Para efeito de sistematização denominamos informalmente esta feição morfológica do noroeste do Ceará de <u>superfície Araras</u>. Ainda no âmbito dos terrenos cenozóicos, temos a considerar as pequenas mesetas oriundas da dissecação de depósitos cenozóicos de "piemont" e vales intramontanos, individualizados no mapa como <u>Qc</u>, e cujas superfícies tendem a nivelar-se às cotas da superfície Araras.

Nas áreas de ocorrência dos sedimentos paleozóicos da bacia do Meio Norte instalou-se a quarta grande unidade

geomorfológica da região aqui enfocada, limitada nos lados leste e norte pela linha de cuestas elevadas que constituem a serra da Ibiapaba. Ao longo deste ressalto topográfico são observados desníveis de até 600-650 metros entre o topo da serra e a superfície aplainada do cristalino, notadamente no trecho Ipú-Viçosa do Ceará, para então decrescer contínua e progressivamente até a região do baixo Parnaíba, onde a escarpa não apresenta desnível superior a 35 metros.

A irregularidade da linha de escarpa, com numerosas reentrâncias e anfiteatros de erosão é condicionada às formas estruturais e diferenciações litológicas das rochas cristalinas do substrato, que respondem diferentemente aos processos erosivos. No trecho da cuesta compreendido entre Viçosa do Ceará e Ipú, prolongando-se para sul, observa-se o entalhamento de um patamar frontal interpondo-se entre a escarpa marginal e o topo da serra, esculpido na Formação Serra Grande, e correspondente a um horizonte de siltitos e folhelhos impermeáveis, intercalado nesta unidade, responsável também pela linha de fontes perenes, que irriga a borda da serra.

O reverso da cuesta se inclina suavemente para o interior da bacia, formando quatro níveis topográficos escalonados, facilmente visualizados ao longo do trecho Tianguá-Alto Alegre na BR-222, a saber: 750 m em Tianguá; 630 m em Vista Alegre; 380 m em Grossos e 180 m em Alto Alegre. No percurso Viçosa do Ceará-Cocal, observa-se este mesmo sistema escalonado.

Para oeste, a medida que se avizinha do vale do rio Longá, o relêvo torna-se menos vigoroso, com formas mais suaves, sobressaindo-se em alguns lugares mesetas baixas de arenitos das Formações Cabeças e Potí, caracterizando um novo padrão morfológico.

Temos a considerar ainda as amplas planícies holocênicas dos cursos inferiores dos rios Parnaíba, Longá, Timonha, Coreaú e Acaraú, com penetrações pronunciadas para o interior. São terras baixas, em sua maior parte alagadiças, que abrigam lagoas rasas e uma drenagem anastomática com frequentes canais meandriformes. Nas áreas sob influência marinha desenvolvem-se extensos manguesais, com vegetação halófila característica.

## 3.2 - ASPECTOS EVOLUTIVOS

A evolução morfológica da área do Projeto Jaibaras, do início do Terciário até a fase atual, pode ser seguida com relativa fidelidade graças aos registros geológicos revelados nos trabalhos de mapeamento. O período pré-Cenozóico no entanto, carece de pontos de referência concretos, o que implica necessariamente em uma reconstituição com base em um grau de abstração elevado.

Há evidências da extensão para leste, possivelmente além dos limites da área do Projeto, da cobertura de sedimentos siluro-devonianos da Formação Serra Grande, cujos testemunhos, preservados em Santana do Acaraú, confirmam esta hipótese, já sugerida por Aguiar, (op.cit). Com efeito, a evolução geomorfológica, que resultou no atual modelado da área em foco, teve início com a destruição progressiva das formações siluro-devonianas, evento relacionado possivelmente ao final da primeira e/ou segunda fase da reativação mesozóica da Plataforma ou "reativação Wealdeniana", definida por Almeida, (1967). O processo provavelmente desencandeou-se a partir de reativações dos falhamentos pré-cambrianos, tão comuns no embasamento cristalino da área, em época contemporânea ou ligeiramente posterior ao magmatismo trapeado de natureza toleítica instalado nas áreas centrais da Bacia, acelerando-se com o soerguimento de toda a região noroeste do Ceará, fenômeno que caracteriza a segunda fase da reativação wealdeniana, atribuída ao período Aptiano-Eoceno. Nesta fase, a atual área de drenagem dos rios Acaraú e Coreaú sofreu um processo de abrasão total com o recuo progressivo da es

carpa da Formação Serra Grande. A exumação progressiva da superfície pré-siluriana, permitiu o rápido desmantelamento das áreas cristalinas de litologias brandas, deixando no entanto como testemunhos, espigões quartzíticos elevados,de topo aplainado, que se projetam para leste, representados hoje pelas cadeias de cristas e "hogbacks" características do relêvo, nas áreas das folhas Granja e Chaval.

Ainda em consequência do arqueamento regional característico da segunda fase da reativação wealdeniana, verificou-se a inclinação progressiva para oeste de todo flanco oriental da sinéclise paleozóica, expondo os estratos a um processo erosivo lento e persistente.A atual superfície topográfica suavemente inclinada desde o bordo da Ibiapaba em direção ao eixo principal da Bacia é o reflexo de uma antiga superfície estrutural, profundamente entalhada pelos processos erosivos. O posicionamento estrutural e a alternância litológica de folhelhos e arenitos condicionaram o entalhamento de diversos níveis topográficos escalonados,característicos do flanco nordeste da Bacia do Meio Norte.

A leste da Bacia, sobre a área de rochas cristalinas exumadas pela fase de desnudação acima referida,possivelmente contemporânea do Ciclo Sul-Americano,Braun,(1971), seguiu-se uma pediplanação total e sedimentação miocênica em regiões de abatimento da faixa costeira, representada pelos ortoconglomerados com cimento laterítico da Formação Camocim e mais para oeste, na área do delta do Parnaíba e adjacências, pelos depósitos marinhos da Formação Pirabas. A ascenção epeirogênica do continente verificada em época plio-

pleistocênica, Almeida, (1969), resultou na formação da superfície arqueada de abrasão/deposição do Grupo Barreiras, que recobre na área do Projeto os sedimentos Pirabas e Camocim. Esta feição, individualizada como elemento geomorfológico característico da região sob a denominação informal de superfície Araras, representa nesta área as superfícies aplainadas do Ciclo Velhas, Braun, (op. cit.). Sobre esta superfície instalou-se a atual fase erosiva, correspondente ao Ciclo Paraguassu, modelando o peneplano característico da região e destruindo-a quase completamente, hoje restrita às áreas de sedimentos do Grupo Barreiras e a testemunhos isolados nas regiões cristalinas.

## 4.1 - COMENTÁRIOS GERAIS

No que concerne às rochas do embasamento pré-Cambriano aflorantes em extensão apreciável na área do Projeto Jaibaras, o critério de mapeamento adotado visou precipuamente a separação de unidades lito-estruturais sem preocupação imediata com o relacionamento estratigráfico.

A subdivisão do pré-Cambriano nas Unidades "A", "B" e "C", não tem correspondência com o esquema semelhante adotado no Mapa Geológico do Brasil, (MME-DNPM-1971) e visa tão somente sistematizar a apresentação e discussão das unidades lito-estruturais individualizadas. O empilhamento adotado, sem compromissos do ponto de vista estratigráfico, pode ser tomado em alguns casos, com tal sentido como bem o demonstram as evidências de campo. Situações deste tipo, são observadas tanto no âmbito das Unidades individualizadas, quanto no relacionamento de sequências litológicas agrupadas em uma mesma Unidade. Apresentamos a seguir um sumário do esquema lito-estrutural adotado para o pré-Cambriano:

Unidade "C" - a - Migmatitos homogêneos, incluindo embrechitos, anatexitos nebulíticos e tipos granitóides.

b - Quartzitos ferríferos, intercalados na sequência anterior.

c - Granitóides tipo Chaval - Granito porfiróide grosseiro, metassomático, com variações para fácies sienítica.

Unidade "B" - a - Migmatitos heterogêneos incluindo epibolitos, diadisitos, agmatitos, etc.; núcleos homogeneizados, leptinitos, restos de paleossoma anfibolítico e gnaisses biotíticos com feldspatização incipiente.

b - Quartzitos puros ou muscovíticos, incluindo sequências calco-pelítica e hiperaluminosa.

c - Granitóide tipo Araras. Granito metassomático equigranular a biotita e hornblenda, com áreas de composição dioríti ca.

d - Sienito Tucunduba - Sienito grosseiro, porfiróide, variando para quartzo-sienito e grano-diorito.

e - Granitóides pós-orogênicos. Microclina granito, textura porfirítica e pegmatóide, à biotita e fluorita.

f - Termometamorfitos. Cordierita-calco - hornfels, desenvolvidos a partir da sequência calco-alumino-silicosa, nas áreas de contato com o granito Meruoca.

Unidade "A" - a - Quartzitos puros, eventualmente micáceos.

b - Xistos e filitos da fácies xistos - verdes, incluindo sericita-talco-xisto e sericita-muscovita-xisto com lentes quartzíticas intercaladas e calcários impuros.

A Série Ceará, sensu strictu, isto é, incluindo uma sequência basal de quartzitos e uma sequência superior de filitos, xistos e calcários, teria correspondência no conjunto aqui denominado de Unidade "A", porém a polêmica criada em torno daquele termo em seus conceitos modernos nos levou a não utilizá-lo, em que pese a frequência com que o mesmo é referido na bibliografia de interesse da área estudada.

Em termos regionais, o embasamento do noroeste do Ceará está incluido nas denominadas "regiões de dobramentos Brasilianos", Ferreira , (1972), compreendendo áreas cratônicas antigas rejuvenescidas, ao lado de áreas dobradas neste ciclo, estruturadas em blocos limitados por grandes falhas transcorrentes.

Os esquemas estratigráficos propostos por diversos autores para as rochas epimetamórficas do noroeste do Ceará, desde as referências pioneiras de Williams,(op.cit.), todas oriundas de trabalhos localizados ou de reconhecimentos lineares, caracterizam-se por apresentar interpretações incoerentes e por vezes conflitantes com os fatos observados em uma pesquisa sistemática e de âmbito regional. O quadro I reúne as diversas colunas estratigráficas propostas para a região e por si só fala da confusão e incoerência reinante

## 4.2 - PRÉ-CAMBRIANO

### 4.2.1 - Pré-Cambriano "C"

#### 4.2.1.1 - Definição

A Unidade "C" do pré-Cambriano corresponde a porção norte do "corpo orogênico do Coreaú" definido por Kegel, (op.cit.), como constituido de "gnaisse, micaxisto, filito, calcário e quartzito, energicamente dobrados". Moraes et alii (1963), utilizam para a área a mesma denominação de Kegel.

Na forma aqui conceituada, a unidade "C" do pré Cambriano corresponde, na área do Projeto, à porção do embasamento cristalino situada entre a zona de cisalhamento de Jaguarapí e a costa atlântica, litologicamente constituida por migmatitos homogêneos, granitóides metassomáticos e secundariamente, quartzitos impuros, em parte ferríferos e cataclasitos.

#### 4.2.1.2 - Características Morfológicas

A Unidade "C" do pré-Cambriano caracteriza-se morfologicamente por um modelado suave, sub-aplainado, com formas remanescentes de antiga superfície de erosão grosseiramente nivelada às cotas dos tabuleiros cenozóicos, e intensamente dissecada pelo atual ciclo erosivo. Destacando-se do aplainamento generalizado, observam-se cristas e "hogbacks" estreitos e alinhados segundo NE-SW, particularmente frequentes no vale do rio Timonha, na área ao norte de Granja e na região de Jeriquaquara. Outra importante feição morfoló

gica no âmbito da Unidade "C" do pré-Cambriano é representada pelo conjunto de elevações de direção meridiana com inflexão para NW, ocorrentes na área de Chaval e ao longo da falha Santa Rosa. São formas de relevo remanescentes que se sobressaem como "inselbergs" arredondados acima do topo aplainado das coberturas cenozóicas. Litologicamente são constituidos por granitos porfiróides grosseiros, agrupados neste relatório sob a denominação de granitóides tipo Chaval.

Os solos do pré-Cambriano "C" são escassos, mal desenvolvidos e arenosos, impróprios a culturas. Suportam uma vegetação pobre, arbustiva e extremamente rarefeita, onde apenas a carnaúba tem presença destacada. A rede hidrográfica é relativamente densa e instalou-se segundo as linhas de fraturas das rochas. Os rios principais, a saber, Coreaú, Timonha e São Miguel, cortam transversalmente os lineamentos estruturais no sentido contrário ao mergulho das camadas.

4.2.1.3 - Características Litológicas

Três grandes unidades litológicas descritas a seguir, foram individualizadas no âmbito do pré-Cambriano "C". Não pretende tal divisão nenhum sentido crono-estratigráfico, mas somente sistematizar as diferenças litológicas do conjunto.

a - Migmatitos Homogêneos - pεCmi

Esta unidade ocupa cerca de 85% da área mapeada

como pré-Cambriano "C". Os migmatitos homogêneos, largamente dominantes dão lugar eventualmente a tipos petrográficos classificados como migmatitos heterogêneos, porém sem extensão suficiente para permitir individualização no mapa.

Os migmatitos homogêneos predominantes, do tipo embrechito, são essencialmente gnaisses de granulação grosseira, de aspecto granitóide com bandeamento irregular e uma xistosidade remanescente, por vezes confusa. No perfil típico da unidade, ao longo da rodovia CE-71, a sul e norte de Granja, da mesma forma que na área do vale do rio Timonha, estas rochas poderiam ser chamadas com propriedade de gnaisses granitóides ou gnaisses granitizados, no sentido de Jung, (1963). Na área do riacho Gangorra e na região a noroeste de Ibuguaçu, bem como na faixa costeira de Jeriquaquara e Guriú, são comuns anatexitos nebulíticos gradando para tipos granitóides absolutamente homogêneos e isótropos. Petrograficamente os embrechitos correspondem a rochas grosseiras, mesocráticas, a biotita e hornblenda, com textura bandeada, e cuja composição, além dos máficos, inclui quartzo, plagioclásio, ortoclásio e epidoto em proporções variáveis.

A fácies anatexítica do riacho Gangorra revelou ao microscópio a mesma composição mineralógica dos gnaisses bandeados de Granja, apresentando, neste caso, aspecto textural, irregular, com leitos descontínuos tendendo a homogeneização. O plagioclásio com tendência fenoblástica é dominante em relação ao ortoclásio, ocorrendo em cristais prismáticos, geminados segundo a lei da albita. São abundantes os intercrescimentos mirmequíticos. A muscovita é rara, subordi

nada à biotita, da qual deriva, sugerindo uma diaftorese incipiente.

De Granja para norte, na estrada para Camocim, observa-se uma evolução gradativa dos tipos petrográficos onde o biotita-hornblenda gnaisse cede lugar a litologias mais claras, essencialmente quartzo feldspáticas, com a biotita em quantidades subordinadas, e caracterizadas pela abundância de granada rósea do tipo almandina, que passa a constituir cerca de 30% da rocha. Esta fácies específica do pré-Cambriano "C" foi descrita como almandina-biotita gnaisse.

Inclusos nesta sequência destacam-se níveis espessos de uma rocha verde escura de textura granoblástica média, orientada, essencialmente constituída de quartzo, plagioclásio (oligoclásio) e ortoclásio em menor proporção. Os máficos são piroxênio e biotita, aqueles representados por augita e hiperstênio. Os acessórios são almandina, epidoto, clorita e carbonato. A paragênese mineral indica tratar-se de um piroxênio-granulito na forma definida por Turner & Verhoogen, (1960) e Winkler, (1967).

Os migmatitos heterogêneos, esporadicamente representados na área em apreço, foram classificados como diadisitos, epibolitos e agmatitos. Frequentemente, as finas camadas félsicas exibem numerosas dobras ptigmáticas e estruturas de "pinch-and-swell". No conjunto, correspondem a mesma composição mineralógica dos termos mais homogeneizados.

b - Quartzitos ferríferos e outros - p∂Cqz

Encaixados concordantemente na sequência migmatítica e morfologicamente diferenciados na paisagem, foram individualizadas lentes estreitas, podendo atingir 10 km de comprimento de 800-1000 m de largura, de quartzítos ferríferos que chegam a apresentar localmente intercalações de hematita compacta e itabirito quartzoso. Suas ocorrências mais típicas distribuem-se ao longo da zona de cisalhamento de Itauna, e a sul e oeste de Ibuguaçu, constituidos, neste caso, de quartzitos puros ou micáceos que formam cristas empinadas de direção NE-SW. São pouco frequentes na área de Granja, voltando a assumir importância na região costeira das folhas Camocim e Acaraú.

c - Granitóides tipo Chaval - p ∂Cgm

Esta fácies petrográfica do pré-Cambriano "C" ocorre conspicuamente na região de Chaval, com formas de relevo peculiares e se estende em direção sudoeste ao longo da falha Santa Rosa. O limite norte de sua área aflorante, acompanha os caprichosos recortes dos tabuleiros das coberturas cenozóicas, aparecendo por vezes como ilhas isoladas na paisagem cenozóica. Petrograficamente são constituídos por um granito porfiróide grosseiro, mesocrático, com porfiroblastos de feldspato cinza de até 5 cm de dimensão maior, caoticamente distribuídos em uma matriz escura constituída de biotita, quartzo e grãos menores de feldspatos (foto 2).

Os porfiroblastos de feldspatos mostram um falso zoneamento, devido à inclusões paralelas de finas palhetas de biotita. Ao microscópio observam-se inclusões residuais de oligoclásio (16% An) nos porfiroblastos formados por microclina, que também constitui o total de feldspato da matriz. São frequentes texturas mirmequíticas. Compõem ainda a matriz, quartzo, biotita, alterada frequentemente para clorita, apatita, zircão e titanita. Nas proximidades da falha Santa Rosa, a rocha assume uma composição sienítica, porfiróide, essencialmente constituida por microclina, substituindo albita (An 7%) e subordinadamente quartzo, titanita, apatita, zircão e opacos.

Do ponto de vista genético a Unidade aqui discutida corresponde aos granitóides porfiróides metassomáticos tão comuns no pré-Cambriano do nordeste, resultantes da maximização dos processos de migmatização e homogeneização que atuaram neste bloco do embasamento.

d - Cataclasitos

Apesar de não individualizadas no mapa como unidade litológica, grandes áreas do pré-Cambriano "C" sofreram esforços de cisalhamento ao longo das grandes falhas transcorrentes que seccionam o bloco, resultando em modificações profundas das litologias afetadas. Destacam-se pela sua importância regional as zonas de cisalhamento de Granja, de Jaguarapí, Tabuleiro, Itaúna, etc..

As litologias típicas destas zonas são os catacla sitos que evoluem para milonitos e ultramilonitos nas faixas de maior esforço. No terreno são facilmente identificáveis pe la intensa laminação e quebramento das rochas, reduzidas a pequenos fragmentos facilmente destacáveis do afloramento e desenvolvimento conspícuo da xistosidade de cisalhamento. Em algumas áreas são frequentes intensa epidotização e cloritização, conferindo à rocha coloração verde. A paragênese original da rocha é geralmente modificada, substituida por uma assembléia de minerais secundários, representada pela associação albita-epidoto, muscovita, sericita, clorita, em proporções variáveis, em função da mineralogia original da rocha afetada, o que corresponde ao desenvolvimento de fácies de retrometamorfismo, associadas às faixas cisalhadas.

4.2.1.4 - Arranjo Estrutural

A Unidade "C" do pré-Cambriano caracteriza-se por uma extrema pobreza de estruturas dobradas e pelo paralelismo e constância dos elementos planares. Exibe um lineamento contínuo e paralelo correspondente a foliação ou xistosidade das rochas, orientado segundo $50^{o}$-$60^{o}$ Az na folha de Granja, sofrendo pronunciada vergência na região a oeste do rio Timonha onde assume direções segundo $30^{o}$-$40^{o}$ Az, evoluindo gradativamente para posição meridiana na área ao sul de Ibuguaçu, flanco norte da Serra da Ibiapaba. Esta estruturação corresponde a uma sequência isoclinal com mergulhos da ordem de $70^{o}$-$80^{o}$ e até sub-verticais, para sul, sudeste e leste.

A feição tectônica de maior realce na Unidade "C" do pré-Cambriano corresponde aos grandes falhamentos transcorrentes orientados segundo NE-SW e que acompanham rigorosamente a virgação para sudoeste e sul das direções de foliação das rochas, já referida. Ao longo destas geoclases desenvolveram-se zonas de intensa milonitização com 1 a 2 km de largura, podendo em alguns casos alcançar 5 km no sentido transversal. A mais extensa destas estruturas, a zona de cisalhamento de Granja, a oeste do povoado Petimbú, confunde-se com a falha de Ibuguaçu de rejeito vertical, e põe em contato tectônico a Unidade "C" com os quartzitos basais da Unidade "A" do pré-Cambriano.

A zona de cisalhamento de Jaguarapí e falhamentos menores associados, corresponde ao limite sul da Unidade "C" e a põe em contato tectônico, ora com metamorfitos da Unidade "A", do pré-Cambriano, ora com os sedimentos do Grupo Jaibaras. Na área entre Petimbú e a Serra de Timbaúba a Unidade "C" é recoberta em discordância angular pelos quartzitos basais do pré-Cambriano "A".

A simplicidade do arcabouço tectônico do conjunto aqui individualizado como pré-Cambriano "C", deve ser interpretada à luz dos elementos petrográficos disponíveis. A Unidade "C" representa um conjunto litológico que alcançou um elevado grau de migmatização e homogeneização em condições de metamorfismo catazonal, comprovado pela presença de piroxênio-granulitos. Em tais condições e submetidos a enérgicos esforços de cisalhamento os dobramentos supracrustais foram obliterados e substituidos por uma estrutura isoclinal adapta

da à direção dos esforços dominantes e que corresponde à estruturação atual do conjunto.

4.2.1.5 - Grau Metamórfico

Para definição da fácies metamórfica da Unidade "C" do pré-Cambriano, considerou-se as assembléias minerais descritas nos migmatitos homogêneos não só por constituirem o elemento dominante da unidade como em virtude de suas litologias representativas melhor se adaptarem a este tipo de estudo.

Turner & Verhoogen (op. cit.), descrevem dentro da fácies granulítica, a sub-fácies piroxênio - granulito caracterizada, entre outras, pelas seguintes associações mineralógicas: plagioclásio - hiperstênio -granada(quartzo-pertita); e plagioclásio - hiperstênio - diopsídio (quartzo-ortoclásio). Tais associações são encontradas em amostras oriundas de afloramentos na estrada Granja-Camocim e são diagnósticas da sub-fácies piroxênio - granulito em uma série com excesso de $SiO_2$ e $K_2O$. Nas áreas de Granja, riacho Gangorra e em Ibuguaçu as associações minerais do tipo plagioclásio-hornblenda - diopsídio - almandina correspondem à sub-fácies hornblenda-granulito. Mesmo considerando o número reduzido de observações microscópicas as paragêneses minerais descritas correspondem a níveis metamórficos de alta temperatura e pressão, característicos de catazona, e enquadram a Unidade "C" do pré-Cambriano na fácies granulito, nos conceitos de Turner & Verhoogen (op. cit.) e Winkler (op. cit.).

Associações mineralógicas de baixo grau do tipo albita - epidoto - muscovita, observadas nas zonas de cisalha

mento e,em menor escala, nos migmatitos homogêneos não cizalhados, testemunham a atuação incipiente de mecanismos diaftoréticos nas litologias da Unidade "C".

4.2.2 - Unidade "B" - (pré-Cambriano "B")

4.2.2.1 - Definição

A Unidade "B" do pré-Cambriano, na forma aqui definida, abrange toda a faixa do embasamento ao sul da linha de falha Itacolomy - Tucunduba, com exceção da representação de xistos, calcários e filitos a noroeste de Massapê, atribuidos a Unidade "A". Todo este conjunto, corresponde a porção sul do "corpo orogênico do Coreaú" de Kegel,(op.cit.). A leste do lineamento Sobral - Pedro II, a Unidade "B" constitui toda a área mapeada do embasamento. No esquema estrutural de Kegel,(op.cit.), esta região corresponde à área limitrófe dos blocos denominados "corpo orogênico de Itapagé", "corpo orogênico do Acaraú" e "corpo orogênico de Santa Quitéria".

Litologicamente, a Unidade "B", corresponde a uma variada e complexa associação de parametamorfitos, incluindo também, facies granitóides sin e post-cinemáticos. Em que pese a heterogeneidade litológica e os diferentes níveis de migmatização do conjunto, observa-se uma certa similitude no estilo tectônico e paralelismo nos "trends" estruturais,o que justifica,ao nível de conhecimentos atuais, a inclusão em uma unidade única e isolada, dentro da área abrangida pelo Projeto Jaibaras.

CPRM

4.2.2.2 - Características Morfológicas

A variação litológica observada na Unidade "B" do pré-Cambriano condiciona feições morfológicas diversas.

A oeste do lineamento Sobral-Pedro II, a presença de espessos pacotes quartzíticos reflete-se morfologicamente em um relêvo bastante acidentado com cristas e "hog-backs" em pinados que formam cadeias contínuas orientadas segundo E-W e NE-SW.

A oeste do rio Coreaú, eleva-se a imponente cuesta da serra Dom Simão, voltada para o nascente e entalhada nos mesmos quartzitos já referidos, estruturados em uma ampla anticlinal de aspecto dômico. Ao sul da serra Dom Simão o relevo assume formas agudas e ásperas, suportadas por cristas quartzíticas paralelas, constituindo a denominada serra da Gameleira. Os topos destas cadeias quartzíticas alcançam 700 - 800 metros, portanto com desníveis da ordem de 550 metros para o peneplano circundante.

A segunda feição morfológica da Unidade "B", desenvolve-se maiormente nas áreas a leste do lineamento Sobral-Pedro II e corresponde ao peneplano de cotas variando entre 100 - 150 metros, comandado pelo nível de base dos rios Acaraú e Coreaú. Nesta área, o elemento morfológico de maior destaque corresponde a serra da Barriga, "inselberg" isolado, (foto 1), com altitudes superiores a 800 metros e que marca com absoluta precisão a área de ocorrência dos granitóides pós-cinemáticos.

4.2.2.3 - Características Petrográficas

A subdivisão aqui apresentada, atribuindo-se denominação informal a algumas unidades, deriva essencialmente das diferenças litológicas observadas na área da Unidade "B" do pré-Cambriano, porém, não tem necessariamente sentido estratigráfico.

a. - Migmatitos Heterogêneos - pεBmi

As rochas agrupadas sob este título, ocupam cerca de 65% da área de afloramento da Unidade "B" e apesar da denominação genérica de migmatitos heterogêneos, esta unidade abriga litologias afetadas por diferentes graus de migmatização, desde xistos feldspatizados até núcleos homogeneizados a nível de embrechitos e anatexitos.

As áreas onde a migmatização alcançou estágios mais elevados, situam-se a oeste do lineamento Sobral-Pedro II, onde distinguimos o bloco migmatítico Senador Sá - Tucunduba constituido maiormente por embrechitos fitados, núcleos granitizados e uma grande variedade de facies de migmatitos heterogêneos, tais como, diadisitos, agmatitos, epibolitos, etc. A facies petrográfica mais comum corresponde aos gnaisses à biotita e hornblenda, geralmente leucocráticos, textura bandeada, cor cinza e granulação fina a média. São tipos de rochas banais, mineralogicamente constituídas por quartzo, microclina e plagioclásio agrupados preferencialmente em bandas claras, intercaladas com bandas escuras onde concentram-se hornblenda verde comum e biotita.

Na região do vale do rio Coreaú, ao sul da cadeia de serras quartzíticas, desenvolve-se outra extensa área migmatítica, conservando porém as características litológicas e texturais do bloco Senador Sá - Tucunduba. O único ponto de destaque relaciona-se a ocorrência de leuco-gnaisses quartzo-feldspáticos (leptinitos), dispostos em faixas paralelas, mormente na área a leste do rio Coreaú. Sobre estas litologias instalaram-se os vales alongados segundo E-W, característicos da região ao norte da serra da Meruoca, indicando uma íntima associação da sequência quartzo-feldspática com as sequências essencialmente quartzosas das faixas topograficamente elevadas.

Na área a leste do lineamento Sobral - Pedro II, observa-se uma dominância absoluta de migmatitos heterogêneos, do tipo epibolito, diadisito e mais raramente, agmatitos. Na região de Aracatíaçu, acompanhando os bordos leste e sul da folha de Sobral e em parte da folha Ipú, predomina uma forte tendência a homogeneização, constituindo uma nova área de fácies embrechítica com culminações eventuais de granitóides porfiróides. Excetuando-se estes casos, os tipos petrográficos dominantes podem ser descritos como gnaisses comuns à biotita e hornblenda, de granulação média a grosseira, com intercalações de faixas anfibolíticas, às vezes com forma lenticular. São rochas escuras de textura grano-hipidioblástica grosseira, essencialmente constituídas de hornblenda e plagioclásio do tipo andesina - labradorita. Em algumas amostras aparecem conspicuamente restos de piroxênio (augita e enstatita) substituidos por hornblenda, o que sugere uma provável origem magmática de alguns destes corpos anfibolíticos.

Na área de Sobral e Ipueirinha e ainda na região de Reriutaba, predominam gnaisses xistosos, biotíticos, com restos de biotita-xistos levemente feldspatizados, gradando para epibolitos e diadisitos. Ainda em Reriutaba foram assinaladas lentes estreitas, de calcário cristalino grosseiro, magnesiano, de cor cinza, intercaladas concordantemente na sequência migmatítica.

b. - Quartzitos - pεBqz

Os quartzitos e litologias associadas são responsáveis pelas feições morfológicas de maior destaque na área mapeada como Unidade "B" do pré-Cambriano. Os tipos litológicos predominantes são quartzitos puros e muscovíticos em bancos espessos, bastante fraturados. A base da sequência, bem exposta no anticlinal da serra Dom Simão, é constituída por quartzitos impuros, feldspatizados e cuja facies mais característica corresponde a uma rocha de coloração esverdeada e de composição calco-silicatada. Ao microscópio exibem textura granoblástica orientada, com um bandeamento mineralógico difuso. As faixas claras, predominantes, são constituídas por um mosaico de quartzo granoblástico e separam áreas de paragênese calco-silicatada, incluindo plagioclásio (oligoclásio), diopsídio, epidoto, carbonato, actinolita e escapolita. Esta paragênese pode variar em alguns afloramentos para a associação quartzo, oligoclásio, epidoto, diopsídio e granada.

Na estrada velha Coreaú-Moraujo algumas cristas alongadas correspondem a um quartzito muscovítico no qual as lamelas de muscovita são intimamente associadas a grãos de

corindon, denunciando a natureza hiperaluminosa desta sequência.

Na zona a leste do lineamento Sobral - Pedro II, as áreas atribuidas a esta unidade correspondem a litologias relativamente heterogêneas onde os quartzitos desempenham papel relevante. Seu modo de ocorrência restringe-se a níveis e lentes alongadas e de pequena espessura que se repetem ao longo do perfil vertical da sequência. Da mesma forma que na região do rio Coreaú exibem nítida relação de concordância com os migmatitos encaixantes e parecem constituir a secção média de toda sequência individualizada como Unidade "B" do pré-Cambriano. Petrograficamente são quartzitos muscovíticos por vezes xistosos, dispostos em bancos estreitos e superpostos. Duas facies petrográficas específicas, de restrita área de ocorrência intimamente associadas a sequência quartzítica, foram nela incluídas, em virtude da impossibilidade de separa-las nas escalas de mapeamento adotada. Na área de Cariré-Groairas, acompanhando a margem esquerda do rio Acaraú foram assinalados bancos de calcário cristalino puro intercalado em uma sequência calcopelítica impura representada por gnaisses calco-silicáticos e escarnitos essencialmente constituidos de diopsídio, plagioclásio, tremolita-actinolita, epidoto, carbonato e sericita. Estas rochas gradam para biotita xistos geralmente granatíferos. Ao sul do açude Forquilha nas proximidades das vilas Trapiá e Salgado ocorrem espessos bancos de quartzitos feldspáticos com disseminação de cianita. Associam-se gnaisses a granada, diopsídio e hornblenda e granada biotita xistos. A presença de cianita ainda que em concentrações sub-econômicas põe em relêvo esta facies hiper-aluminosa

da sequência quartzítica.

c. - Granitóide Tipo Araras - pθBga

Na área individualizada por Kegel,(op.cit.), como "corpo orogênico do Acaraú" e correspondente a região do açude de Araras, no limite sul da área do Projeto,identificamos uma facies granitóide, que pelas suas características peculiares foi individualizada em mapa adotando-se a denominação informal de Granitóide tipo Araras.

Trata-se de um granito cinza claro,grosseiro a médio granular, isótropo, equigranular, formado por feldspato, quartzo transparente, hornblenda e biotita. Por vezes apresenta restos do paleosoma a biotita e anfibólio, na forma de enclaves não digeridos. A homogeneidade litológica reflete-se na diluição das lineações estruturais e ausência de elementos planares, quando observado em foto aérea. Os contatos do granito com os migmatitos heterogêneos encaixantes são transicionais, por vezes discordantes, o que de certa forma sugere um caráter tardi-cinemático do processo de granitização.

Ao microscópio, exibe textura hipidiomórfica granular típica, com os cristais de máficos e feldspatos em parte idiomorfos e o quartzo xenomorfo. Os feldspatos são o ortoclásio pertítico e o plagioclásio ácido, ambos normalmente bem preservados, e em cristais prismáticos, por vezes com zoneamento, no caso dos plagioclásios e pertitizado no caso do ortoclásio. Os máficos principais são a biotita, em parte cloritizada e a hornblenda verde comum. Além da clorita,são mine

rais secundários abundantes a sericita e o epidoto.

d. - Sienito Tucunduba - pεBsi

Na porção centro-oeste da folha Bela Cruz, a serra Tucunduba constitui feição morfológica isolada com elevação da ordem de 700 metros, destacando-se na monotonia do peneplano arrasado característico das áreas migmatíticas e de coberturas cenozóicas.

Petrograficamente corresponde a um sienito grosseiro, porfiróide, com cristais automórficos maclados de até 8 cm de comprimento, dispersos aleatoriamente em matriz verde escuro, médio a fino granular, com pontuações brancas.

Ao microscópio os feldspatos pórfiros correspondem a oligoclásio com geminação polissintética fina e regular. Na matriz sobressaem pequenos cristais de alcali-feldspato, em um mosaico de quartzo, epidoto, clorita e sericita. Não há evidências de metassomatose potássica nem tampouco sinais de corrosão ou crescimento dos grãos de feldspatos, sugerindo, em princípio, uma genese ligada a processos magmáticos. A composição varia desde termos francamente sieníticos, predominantes, até quartzo-sienitos e granodioritos. A localização do maciço sienítico Tucunduba entre a zona de cizalhamento de Água Branca e outra faixa de quebramento menor, do lado sul, propiciou o desenvolvimento de cataclasitos e milonitos tanto nas bordas como no interior do maciço.

e. - Granitóide pós-orogênico - pCBgc

Como elemento singular no pré-Cambriano, da área do Projeto Jaibaras, destaca-se o maciço granitóide da serra da Barriga, de contorno circular e de expressão morfológica marcante, constituindo autêntico "inselberg" (foto 1) com cotas superiores a 800 m.

Estruturalmente representa um "plug" granítico com cerca de 6 km de diâmetro, seccionando bruscamente as lineações e estruturas dos para-metamorfitos encaixantes.

Petrograficamente corresponde a um granito grosseiro de textura porfirítica e pegmatóide, branco a cinza claro. Ao microscópio exibe textura hipidiomórfica granular grosseira, algo cataclástica, e é constituído por microclina pertítica, em forma de ripas e cristais subédricos. Quartzo e oligoclásio compõem secundariamente o mosaico da rocha. A biotita aparece como acessório principal e a fluorita intersticial, muscovita e sericita, como acessórios secundários. Há uma caolinização seletiva dos feldspatos, atuando no plagioclásio, enquanto o alcali-feldspato mostra-se praticamente inalterado.

Dentre os granitos pós-cinemáticos, Marmo, (1967) refere-se aos granitos do tipo alpino ou ortoclásio granitos como os mais comumente encontrados. Faz ver no entanto, que alguns granitos pós-cinemáticos da Finlandia correspondem a típicos microclina granitos, essencialmente constituidos por microclina intensamente pertitizada, plagioclásio do tipo oligoclásio (30% An), quartzo e secundariamente, biotita e fluori-

# PROJETO JAIBARAS

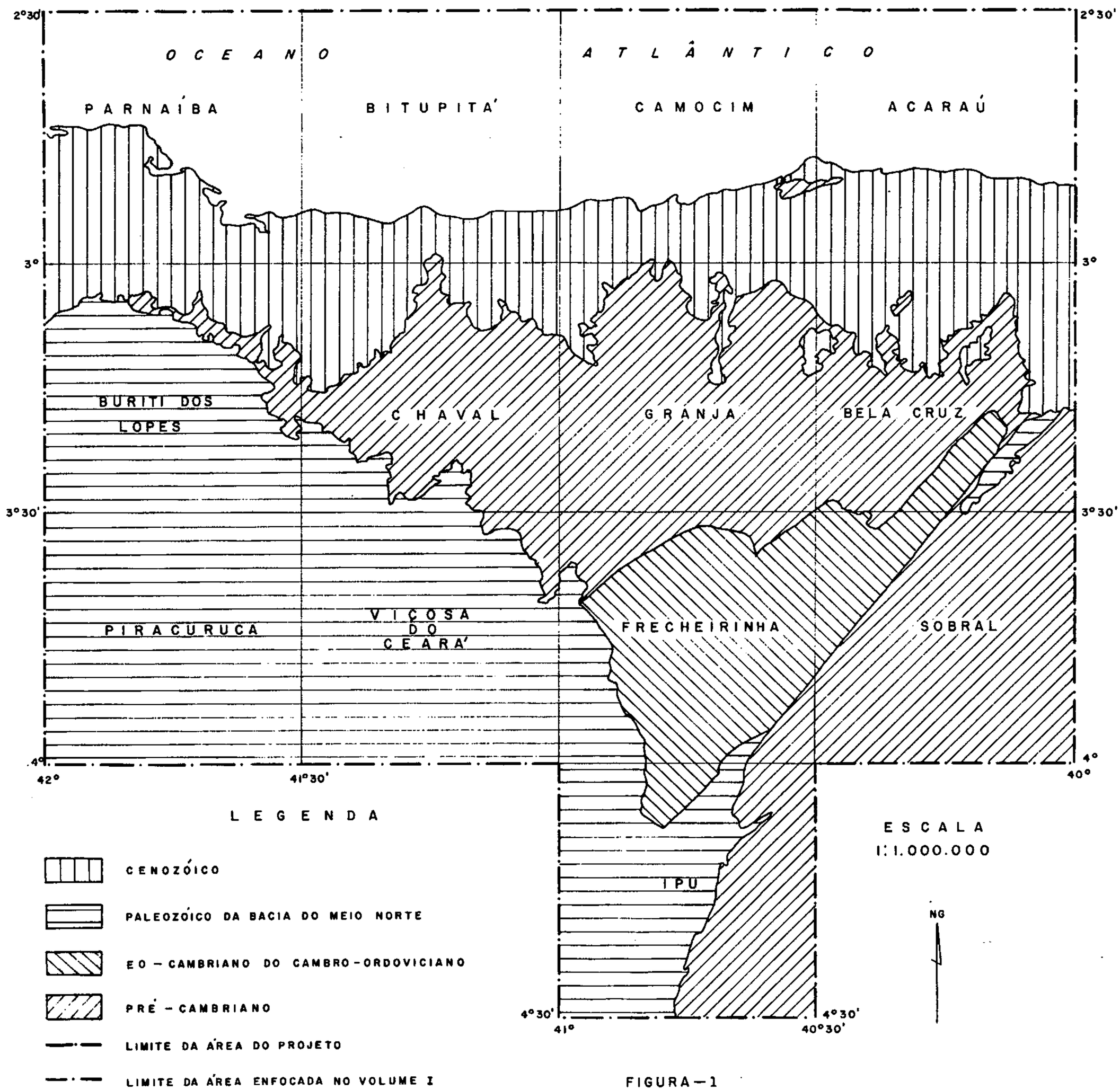



FIGURA — 1

ta. O granito da serra da Barriga apresenta um singelo paralelismo estrutural e petrográfico com os tipos citados por Marmo (op.cit.), devendo ser considerado como um exemplo de microclina granito pós-cinemático.

f. - Termometamorfitos

O "stock" granítico Meruoca-Rosário em seu flanco noroeste corta litologias da Unidade "B" do pré-Cambriano, propiciando o desenvolvimento de uma ampla aureóla de termometamorfitos, parcialmente obliterada pelos depósitos coluviais e falhamentos da borda do granito. Na estrada Massapê-Coreaú, os efeitos térmicos da intrusão granítica manifesta-m-se na recristalização e rearranjo observado em um biotita xisto bandeado, escuro, que perde praticamente a foliação, resultando em uma rocha extremamente compacta. Na fazenda Recife, bem próximo ao contato com o granito, seus efeitos são mais evidentes com desenvolvimento de um típico "hornfels" de textura granoblástica, constituido dominantemente de cordierita, quartzo, diopsídio, tremolita-actinolita, abundante epidoto (zoisita e pistacita), titanita, óxido de ferro e apatita. Trata-se de um cordierita-calco-hornfels, desenvolvido a partir de uma sequência calco-alumino-silicosa. Estas rochas caracterizam a continuidade da auréola metamórfica condicionada à intrusão granítica Meruoca-Rosário, observada na área de contato da Unidade "A" do pré-Cambriano e dos sedimentos do Grupo Bambuí.

4.2.2.4 - Arranjo Estrutural

No âmbito da Unidade "B" do pré-Cambriano prevalece um estilo tectônico essencialmente plástico secundado por grandes falhamentos orientados segundo NE-SW, grosseiramente paralelos ao lineamento Sobral-Pedro II. No bloco a oeste deste lineamento destaca-se na área ao sul do povoado Paula Pessoa o anticlinal da serra Dom Simão, uma dobra aberta e simétrica, moldada em quartzitos e cujo núcleo é ocupado por embrechitos e anatexitos. O eixo do dobramento é orientado grosseiramente segundo E-W com caimento suave e ligeira virgação para sudoeste. No flanco sul da anticlinal, desenvolve-se uma sequência de dobras secundárias e paralelas com caimento do eixo para SW. Ao sul desta estrutura, desde a escarpa da Ibiapaba até a Serra de Meruoca, bordejando o flanco norte da bacia de sedimentação Bambuí, os quartzitos e gnaisses estão estruturados em dobras paralelas e apertadas com os flancos quase verticalizados e com eixos orientados de NE-SW e depois, leste-oeste. Este estilo de dobras apertadas e verticalizadas alcança maior expressão na área ao norte da Serra Meruoca, entre o rio Coreaú e a falha de Tangente. A superposição nesta área de uma energia tectônica quebrável resultou no truncamento de algumas dobras além de deformações e deslocamentos em outras. A falha de Tangente de rejeito horizontal, dextrógiro, parece ter desempenhado papel preponderante neste processo de acomodação de blocos, seccionando e deslocando o bordo oeste da sinclinal da Serra do Mucuripe, moldado em quartzitos e com plunge para sudoeste.

A tectônica quebrável, tardia, também atuou intensamente no bloco migmatítico Senador Sá-Tucunduba, resultando

no desenvolvimento de largas faixas de cizalhamento. O relacionamento tectônico entre os dois grupos de litologias diferenciados no mapa dentro deste bloco da Unidade "B", a saber, migmatitos e quartzitos, se faz de modo concordante e aparentemente a sequência quartzítica ocupa posição mediana na estratigrafia da Unidade "B".

A área a leste do lineamento Sobral-Pedro II exibe arranjo estrutural uniforme, o que associado à repetição dos mesmos tipos litológicos sugere tratar-se de uma mesma unidade lito-estrutural, não justificando-se a individualização em "corpo orogênico do Acaraú" e "corpo orogênico de Santa Quitéria" proposto por Kegel, (op.cit.). Nesta área, as feições estruturais plásticas de maior destaque correspondem a dobras simétricas, abertas, com os eixos orientados grosseiramente na direção meridiana ou segundo NE-SW e com caimento sistematicamente para sul.

A análise e comparação dos elementos estruturais do pré-Cambriano evidencia o papel fundamental desempenhado pelo lineamento Sobral-Pedro II no desenvolvimento tectono-estrutural do embasamento cristalino, da região noroeste do Ceará, com os elementos estruturais amoldando-se à direção desta geoclase.

Ainda na área a leste de Sobral, os grandes falhamentos orientados segundo NE-SW, superimpostos à tectônica plástica, propiciam truncamentos e deslocamento de dobras, complicando sobremaneira a interpretação estrutural. Na área de Mumbaba, ao sul de Massapê, dentro do graben Jaibaras, aflora

representação da Unidade "B" do pré-Cambriano (migmatitos homogêneos), em um bloco limitado por falhas e pelo granito da Meruoca. Esta ocorrência constitui uma típica janela tectônica e a abundância de cataclasitos e milonitos dão conta da natureza enérgica dos esforços modeladores deste enclave tectônico.

4.2.2.5 - Grau Metamórfico

Apesar das grandes variações na intensidade dos processos de migmatização atuantes sobre os parametamorfitos da Unidade "B", as paragêneses minerais observadas sugerem um quadro relativamente uniforme no que se refere ao grau de metamorfismo alcançado.

No caso de rochas hiperaluminosas, aflorantes na área ao norte de Coreaú, assinalamos associações do tipo quartzo-muscovita-corindon. Na região ao sul de Forquilha, os gnaisses à cianita, granada, diopsídio e hornblenda, caracterizam também uma sequência com excesso em alumínio. Em ambos os casos, as assembléias minerais descritas enquadram estas rochas na fácies almandina-anfibolito de Turner e Verhoogen, (op. cit.) e de Winkler, (op. cit.).

As rochas calco-silicatadas, da área de Groairas e da secção basal dos quartzitos da serra de Dom Simão, com associação do tipo oligoclásio-granada-diopsídio-biotita, correspondem também a um metamorfismo da fácies almandina-anfibolito, em concordância com os fatos observados no caso da sequência hiper-aluminosa.

mento do eixo para sudoeste ou nordeste.

Ao sul de General Tibúrcio, modifica-se fundamentalmente o caráter dos dobramentos, passando a dobras com flancos sub-verticais, conspícua clivagem de cisalhamento paralela aos planos axiais, evidenciando a natureza extremamente enérgica dos esforços de compressão e cisalhamento. Os xistos e filitos exibem um comportamento tectônico diverso dos quartzitos subjacentes, porém condizente com as características de maior plasticidade e menor competência destas litologias. Na calha da sinclinal de Ubatuba e na anticlinal da serra das Flores, em litologias xistosas, os eixos dos dobramentos sofrem pronunciada rotação, resultando em dobras inversas com o plano axial mergulhando para sudeste. Em afloramentos são comuns dobramentos inversos, que se repetem, lembrando dobras de arrasto, que evoluem nas áreas com intercalações quartzíticas para falhas inversas, (foto 5).

A leste do meridiano 41°W, a Unidade "A" ocupa um bloco abatido do embasamento antigo, limitado por falhas associadas a zona de cisalhamento de Jaguarapí, ao norte e pela linha de falha Itacolomy-Tucunduba, ao sul. No interior deste graben, os xistos e filitos mostram-se intensamente dobrados e amarrotados em um padrão caótico, tornando impossível a reconstituição dos elementos estruturais. Algumas dobras moldadas nas áreas com intercalações de lentes quartzíticas, mostram-se truncadas e deformadas, com deslocamentos visíveis, pelas inúmeras falhas de cisalhamento de direção geral NE-SW, que seccionam a Unidade em blocos alongados e paralelos. Tais falhamentos representam o elemento estrutural

de maior destaque nesta área.

A tendência de afundamento deste baixo estrutural do embasamento antigo foi reativada no período cambro-ordoviciano, propiciando o surgimento de grabens ao longo da zona de cisalhamento Jaguarapí preenchidos por sedimentos atribuidos ao Grupo Jaibaras.

A sequência quartzítica basal, apresenta-se sempre com mergulhos da ordem de $70^{o}$-$80^{o}$ para norte e até sub-verticais. Nas proximidades de povoado Paula Pessoa ou Itacolomy, na serra de São Joaquim, os quartzitos apresentam-se intensamente dobrados em pequenas dobras recumbentes com planos "S" horizontalizados, culminando com o desenvolvimento de intensa clivagem de plano axial, que chega a obliterar totalmente o acamamento e foliação primária da rocha (fotos 6 e 7). Ainda nesta área, ao sul do povoado, os quartzitos da Unidade "A", fortemente cisalhados, recobrem gnaisses e quartzitos impuros da Unidade "B", ao longo da falha inversa de Itacolomy, estrutura de âmbito regional, mapeada desde o flanco da Ibiapaba até a região de Uruoca.

Os xistos e calcários mapeados a noroeste de Massapê e atribuidos com reservas, à Unidade "A" do pré-Cambriano, estão estruturados em uma grande anticlinal invertida, cujos flancos mergulham para sudeste com valores da ordem de $20^{o}$-$30^{o}$. Do lado leste, a Unidade "A" exibe contato tectônico com as formações do Grupo Jaibaras, ao longo da falha Massapê. Do lado oeste o contato com os quartzitos e migmatitos da Unidade "B" é também de natureza tectônica, através da falha Apuri

nã, uma falha inversa, com baixo ângulo de mergulho para sudeste.

Do ponto de vista evolutivo, o arcabouço estrutural da Unidade "A" parece ser a resultante de duas fases tectônicas distintas. A primeira fase, de natureza essencialmente plástica, propiciou o dobramento de toda sequência pelítica da Unidade "A", comprimida entre os dois blocos rígidos confinantes do graben. A maximização de tais esforços resultou no surgimento da falha inversa de Itacolomy e no acavalamento incipiente da Unidade "A" sobre o bloco rígido do sul, que funcionou como antepaís. Na área de General Tibúrcio e serra Ubatuba, a sequência quartzítica dominante modelou-se na série de dobramentos abertos, evoluindo para dobras e falhas inversas de nordeste para sudoeste.

Os esforços compressivos foram substituidos por esforços de natureza cisalhante, resultando na deformação e obliteração parcial dos dobramentos antigos, superimpondo-se ao conjunto uma enérgica tectônica rígida, responsável pelas feições tectônicas de maior destaque da área.

4.2.3.5 - Grau Metamórfico

As características petrográficas das rochas pelíticas da Unidade "A", aliadas as associações mineralógicas descritas, do tipo clorita-sericita-quartzo; muscovita-clorita-sericita-quartzo e muscovita-biotita-quartzo, enquadram esta sequência nos níveis superiores da fácies xisto verde.

Com base nestas observações atribuimos à Unidade "B" do pré-Cambriano um grau metamórfico equivalente a facies almandina-anfibolito, sendo possível definir, em algumas áreas a sub-facies cianita-almandina-muscovita.

Nos hornfels desenvolvidos na área de contato do "stock" granítico Meruoca-Rosário a paragênesese assinalada, cordierita-quartzo-diopsídio-epidoto-actinolita, caracteriza a facies hornblenda-hornfels desenvolvida em rochas da sequência calco-alumino -silicosa.

4.2.3 - Unidade "A" - (pré-Cambriano "A")

4.2.3.1 - Definição

As áreas de ocorrência da Unidade "A" correspondem ao bloco limitado pela zona de cizalhamento de Jaguarapí e pela linha de falha Itacolomy-Tucunduba, respectivamente a norte e sul, e a região serrana compreendida entre General Tibúrcio e o flanco noroeste da Serra de Ubatuba. No flanco nordeste da serra Meruoca, mapeamos uma área de xistos, filitos e calcários, atribuída à Unidade "A" do pré-Cambriano.

A sequência litológica que compõe a Unidade "A", nas áreas referidas inclui, filitos e xistos de baixo grau metamórfico, quartzitos, calcário cristalino e termometamorfitos, e caracteriza-se pela falta absoluta de evidências de feldspatização ou migmatização.

4.2.3.2 - Características Morfológicas

Morfologicamente são os quartzitos basais a sequência de maior destaque na área de ocorrência da Unidade "A" do pré-Cambriano. Constituem ressaltos topográficos, na forma de paredões alinhados segundo NE-SW, dos quais a serra de São Joaquim com cotas alcançando 800 metros, constitui o exemplo maior, ou formam cuestas elevadas de contornos irregulares, voltadas para nordeste, com mergulho geral para sudoeste, como ocorre na região das serras Ubatuba e Petimbú.

As áreas ocupadas por filitos e xistos sofreram um aplainamento total, nivelado às cotas da superfície Araras e atualmente são dissecadas por intensa atividade erosiva, resultando em um relêvo extremamente ondulado com rede de drenagem dendrítica de alta densidade. Nos bordos da Ibiapaba, apresentam relêvo acidentado, com cristas paralelas e vales em "V" característicos de estágio erosivo jovem.

4.2.3.3 - Características Litológicas

Os metamorfitos da Unidade "A" do pré-Cambriano, foram divididos em duas sequências individualizadas, com sentido lito-estratigráfico.

a - Quartzitos - pεAqz

A sequência de quartzitos, que ocupa posição basal na Unidade "A", é extremamente monótona do ponto de vista petrográfico. Correspondem habitualmente a quartzitos brancos,

puros, em bancos maciços, que preservam em certos pontos as feições primárias da estratificação paralela. Apresentam texturas granoblásticas, com cristais xenomórficos em mosaico, e frequentes feições de recrescimento e bordos denteados. Na parte média e no topo da sequência são comuns quartzitos muscovíticos, com a muscovita e sericita dispostas em leitos delgados, discretamente dobrados e cujas lamelas exibem bordos esfarrapados. Esta sequência está bem representada na região serrana do sopé da Ibiapaba e na serra de São Joaquim, até o vale do rio Coreaú. Intercalações quartzíticas na sequência de xistos e filitos foram assinaladas na região de Martinópole, a nordeste desta cidade, formando cristas alinhadas. Petrograficamente, em nada diferem dos quartzitos basais da Unidade.

b - Filitos e Xistos - pεAfl

A sequência superior da Unidade "A", caracteriza-se por uma clara individualização litológica, estrutural e estratigráfica. É constituida por uma sequência contínua de xistos de baixo grau metamórfico e filitos com intercalações eventuais de níveis quartzosos. Dispõe-se concordantemente sobre os quartzitos basais da Unidade "A" e acompanha todos os dobramentos que afetaram a mesma. No Vale do Covão, (foto 3), ocupa claramente a calha de uma sinclinal, evidenciando seu posicionamento no topo daquela Unidade.

Petrograficamente, os xistos e filitos mostram variações, por vezes importantes, sendo os tipos mais comuns representados por filitos, clorita-sericita-xistos, se-

ricita-talco-xistos e muscovita-xistos. Em nenhum local foi assinalada a presença de albita na sequência.

Nos afloramentos ao sul de Ibuguaçu, na área de ocorrência de manganês da fazenda Oitis, os filitos e xistos evidenciam um fino bandeamento resultante da alternância de leitos pelíticos e leitos psamíticos e seriam denominados com maior propriedade de quartzo-filito e quartzo-xisto, devido a abundância de elementos clásticos na rocha. São frequentes intercalações de bancos quartzíticos com espessura máxima de 10 metros, além de lentes eventuais de material manganífero.

As fácies menos metamórficas desta sequência são representadas por filitos profundamente alterados, que nos afloramentos apresentam-se como material terroso, laminado, lembrando por vezes típicas ardósias, como pode ser observado na área ao sul de Martinópole. O profundo intemperismo e lateritização que afetaram esta sequência (foto 4), modificam a mineralogia primária das rochas, reduzida a aglomerados pulverulentos de material argiloso e finos leitos de clorita e sericita. Ao sul do povoado Santa Terezinha ocorre uma faixa de rochas profundamente alterada, de granulometria fina, talcífera, sedosa ao tato e com aspecto fibroso. É recortada por uma densa rede de veios de quartzo, possivelmente ligados a manifestações de natureza hidrotermal.

Ao longo da rodovia CE-71 e na estrada velha Campanário-Granja, os filitos adquirem aspecto francamente xistoso, possuem geralmente cor cinza e são constituidos essencialmente de muscovita e grãos de quartzo. Ao microscópio

revelam textura granolepidoblástica, com grãos de quartzo distribuidos entre palhetas micáceas ou formando mosaico granular. A muscovita apresenta-se em finas palhetas incolores, até placas grosseiras, como microdobramentos. Em algumas amostras pode ser observado o desenvolvimento de raras palhetas de biotita, que juntamente com zircão e matéria carbonosa constituem os acessórios da rocha.

Na área de ocorrência a noroeste de Massapê, predominam xistos grosseiros, sem evidências de feldspatização, variando desde muscovita-biotita-quartzo xistos até biotita-xistos. Não foram observados filitos ou rochas afins. Próximo a zona de contato com o graben Jaibaras, ao longo da falha Massapê, ocorrem bancos de calcário cinza-azulado e cinza esverdeado, totalmente silicificado, bem expostos na estrada Massapê-Coreaú. A substituição do carbonato por $SiO_2$ foi quase total e corresponde ao processo referido por Kegel, (op. cit.), como persilicificação, comprovada pelo seguinte resultado da análise química: $SiO_2$-80,54%, CaO-5,20%, MgO - 0,70%.

Ao longo da borda nordeste do "stock" granítico Meruoca-Rosário, as rochas da Unidade "A" foram afetadas pelos processos de metamorfismo térmico consequentes à intrusão granítica. A melhor região para o estudo das associações minerais termo-metamórficas situa-se ao sopé da serra Meruoca, na estrada Meruoca-Massapê, em rochas da sequência calcc-pelítica.

Nos afloramentos, os calco-hornfels apresentam-se

como rochas densas e compactas, granulação média a fina, geralmente de cor verde, em bancos espessos, conservando os planos de acamamento e/ou xistosidade originais. Microscopicamente, exibem textura granoblástica e poiquiloblástica irregular e mineralogicamente são constituídos de plagioclásio, epidoto (zoisita e pistacita), quartzo, biotita em parte cloritizada, cordierita e wollastonita, além de carbonatos, tremolita-actinolita, e titanita. A cordierita apresenta sua alteração habitual em minerais fibrosos, com inclusão de epidoto e titanita.

4.2.3.4 - Arranjo Estrutural

A Unidade "A" do pré-Cambriano, na área a leste do meridiano 41° W, apresenta um arranjo estrutural bastante diferente daquele prevalecente na região serrana dos flancos da Ibiapaba. Nesta área, a sequência quartzítica basal assenta em discordância angular nítida sobre os migmatitos da Unidade "C" do pré-Cambriano, como ocorre na região de Petimbú; ou exibe contato tectônico com a mesma Unidade, como ocorre ao longo da falha de Ibuguaçu. Estrutura-se em uma série de dobramentos com eixos orientados segundo 50°-60° Az, infletindo-se para sudoeste e sul, passando a orientar-se segundo 20°-30° Az já nos flancos da Ibiapaba. As diferenças das propriedades mecânicas dos quartzitos basais e dos filitos e xistos, que o sobrepõem, condicionaram um comportamente tectônico diverso das duas litologias. Os quartzitos exibem dobramentos normais em uma sequência de sinclinais e anticlinais assimétricas abertas com mergulhos moderados das abas e cai-

A ausência de albita e epidoto, confirma a natureza incipiente e essencialmente epizonal do metamorfismo que afetou as rochas desta Unidade.

Na auréola de metamorfismo térmico associada ao "stock" granítico Meruoca-Rosário, observa-se uma diversificação maior das fácies metamórficas. Na estrada Massapê-Coreaú, foram descritos xistos a clorita, tremolita-actinolita, quartzo, epidoto e carbonatos e associações do tipo quartzo-biotita-muscovita-epidoto, que caracterizam a fácies albita-epidoto-hornfels, Winkler, (op. cit.), e correspondem a zonas externas da auréola de contato. Na estrada Massapê-Meruoca, na zona mais próxima ao granito, afloram escarnitos com a paragênese: plagioclásio, diopsídio, cordierita, escapolita, wollastonita, quartzo e biotita. Segundo Turner & Verhoogen, (op. cit.), a associação diopsídio-wollastonita é característica da fácies piroxênio-hornfels, podendo no entanto ocorrer no limite superior da fácies hornblenda-hornfels, Winkler, (op. cit.), coloca a paragênese acima citada na fácies K-feldspato-cordierita-hornfels.

| SEÇÃO COMPOSTA | DATA | ESCALA | FIGURA |
|---|---|---|---|
| | NOVEMBRO / 1972 | 1:20.000 | 3 |

| IDADE | GRUPO | FORMAÇÃO | ESPESSURA (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO LITOLOGICA |
|---|---|---|---|---|---|
| €O - CAMBRIANO | BAMBUÍ | COREAÚ | 3.900 | | Metagrauvaca feldspática, castanha escura, micácea, argilo-ferruginosa, fraturada, endurecida, parcialmente silificada, com intercalações de metassiltitos arroxeados. |
| | | | | | Graúvaca, arcóseo e arenito arcoseano, epi-metamórficos, creme a cinza amarelados, grã fina a média, estratificados, bastante endurecidos e com ocasionais zonas de silicificação. |
| | | | | | Arenitos arcoseanos, epi-metamórficos, finos, bem classificados de côr creme a cinza claro, com raras tonalidades ferruginosas; ocorrem intercalações de bancos espessos, maciços, mal estratificados de grauvaca com variações para tipos líticos e conglomeráticos, que possuem abundante matriz pelítica cinza parda a cinza esverdeado, onde se destacam blocos e seixos angulosos a sub angulosos de rochas e minerais claros (quartzitos, calcário, gnaisse, filito, quartzo, feldspatos, calcedônia e hidromica sub-angulosos. |
| | | | | | Intercalação de siltito, arenito calcifero, níveis argilosos, marga e calcário cinza azulados. |
| | | FRECHEIRINHA | 1.900 | | Calcário preto-azulado, grã fina, com aspecto brechóide e intercalações centimétricos de leitos cinza claros de argilitos e margas. Seccionado por uma rêde de vênulas brancas de calcita e em fratura fresca exala odor fétido. |
| | | | | | Intercalação de calcário silicoso cinza azulado, marga cinza, níveis argilosos e arenito silto-calcifero. |
| | | CAIÇARAS | 1.400 | | Ardosia alterada, castanho avermelhada, grã silto-argilosa, de fácil desagregação em placas lisas e com intercalações de bancos centimétricos de um quartzito branco leitoso, grã média a grosseira, com níveis conglomeráticos. Sequência cortada por veios de quartzo leitoso e / ou hialino com especularita. |
| | | | 1.000 | | Siltito arroxeado, finamente laminado, bastante micáceo, com aspecto ardoseano, correspondente a faixa de transição entre as duas formações. |
| | | TRAPIÁ | | | Arenito epi-metamórfico, creme amarelado, grã fina a média, micáceo, filítico, estratificado, extremamente fraturado e cortado por veios de quartzo leitoso e/ ou hialino. Intercaladas na sequência, ocorrem, ocasionais faixas com 1.0 a 1.5 m de espessura de metassiltito argiloso, micáceo e com aspecto ardosiano. |
| | | | | | Siltito epi-metamórfico cinza castanho, finamente laminado, micáceo, fraturado e com aspecto filitoso. |
| | | | | | Arenito epi-metamórfico fino, siltico, micáceo, finamente laminado, fraturado e cortado por veios de quartzo leitoso; quando decomposto possue aspecto tijoláceo e impregnações de óxido de ferro. |
| | | | 0 | | Arenito epi-metamórfico, quartzítico, fino a médio granular, filítico, estratificado, com camadas de 5 á 10 cm de espessura e intercalações de leitos argilosos e micáceos. Extremamente fraturado e cortado por veios de quartzo leitoso. |

## 4.3 - EO-PALEOZÓICO E CAMBRO-ORDOVICIANO

### 4.3.1 - Grupo Bambuí

#### 4.3.1.1 - Definição

Deve-se a Williams, (op. cit.),a primeira menção a Série Bambuí, na região NW do Ceará, referindo-se aos calcários pretos dos arredores de Frecheirinha. No modelo estratigráfico de Kegel, (op. cit.), aqueles calcários, designados de Formação Bambuí, aparecem sobrepostos ao então membro Trapiá da Formação Jaibaras,sendo-lhes atribuida idade eopaleozóica. A denominação de Grupo Bambuí foi pela primeira vez utilizada nesta área, por Mabesoone et alii, (op. cit.),que o subdividiram em duas formações: uma inferior englobando os calcários já conhecidos, denominando-os de Formação Bambuí e outra superior, englobando ardósias vermelhas e quartzitos, denominando-a de Formação Caiçaras.

Em sua concepção atual, o Grupo Bambuí, nesta área, compreende quatro unidades lito-estratigráficas, que representam um conjunto de pelo menos 3.900 metros de espessura, onde predominam grauvacas, arenitos arcoseanos, calcários, ardósias e quartzitos, e está representado na secção composta da figura 3. Do ponto de vista geotectônico, o Grupo Bambuí nesta região depositou-se em uma miogeosinclinal, na classificação de Kay, 1944 e 1947, (in Krumbein & Sloss, 1963), cujo eixo, é orientado segundo NE-SW. Para este elemento geo-tectônico, propomos a denominação de Miogeosinclinal da Ibiapaba.

4.3.1.2 - Área de Ocorrência

As ocorrências do Grupo Bambuí, na área do Projeto Jaibaras, correspondem ao amplo peneplano compreendido entre as serras Meruoca-Rosário e Ibiapaba, respectivamente a leste e oeste, e a serra do Carnutim ao sul. O perfil típico e mais completo do grupo acha-se exposto ao longo da rodovia BR-222 no trecho Aprazível-Saco.

4.3.1.3 - Formação Trapiá - (eЄsbt)

a - Definição

Os arenitos quartzíticos, arenitos e folhelhos arroxeados da região de Ubaúna e do riacho Trapiá foram designados por Kegel et alii, (op. cit.), como Membro Trapiá da Formação Jaibaras e posicionados estratigraficamente abaixo dos calcários da então Formação Bambuí. A semelhança litológica com as demais unidades areníticas, ocorrentes nos vales dos rios Jaibaras e Coreaú, induziu Kegel a incluir aquelas litologias no Membro Trapiá, posteriormente elevado a categoria de Formação, Mabesoone et alii, (op. cit.). Nos trabalhos recentes a Formação Trapiá aparece sobreposta ao calcário Frecheirinha, portanto em posição inversa daquela sugerida por Kegel. Os trabalhos do Projeto Jaibaras evidenciaram a incoerência dos fatos observados com os conceitos recentes sobre a estratigrafia da área.

A unidade originalmente definida como Membro Tra

piá por Kegel, na área de Ubaúna e vale do riacho Trapiá, corresponde a duas formações, a saber: um pacote de ardósias vermelhas com bancos quartzíticos intercalados, aqui denominada de Formação Caiçaras, Mabesoone et alii, (op. cit.), que se sobrepõe a uma unidade de arenitos finos e quartzitos referida na definição original, Kegel et alii, (op. cit.), e aqui individualizada como Formação Trapiá, ocupando posição basal no Grupo Bambuí. Inclui ainda esta Formação uma faixa de cornubianitos desenvolvida ao longo do contato com o "stock" granítico de Mucambo.

b - Área de Ocorrência

A Formação Trapiá ocorre conspicuamente no vale do riacho de mesmo nome, região de Ubaúna, onde foi originalmente reconhecida e descrita. Exibe perfil típico ao longo da rodovia BR-222 e a partir desta rodovia, estende-se para sudeste, bordejando o flanco noroeste do "stock" granítico de Mucambo, até o sopé da Ibiapaba. A Formação Trapiá constitui ainda a serra da Penanduba, feição topográfica de destaque da Bacia Bambuí.

c - Modo de Ocorrência

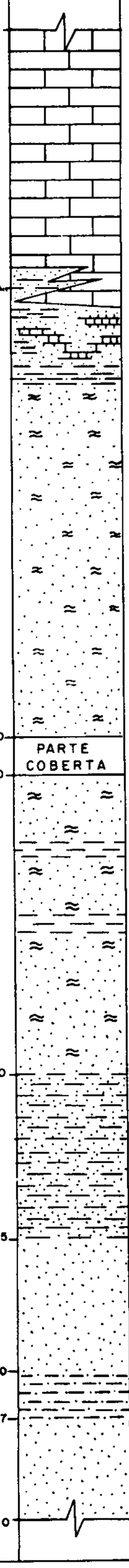
A Formação Trapiá apresenta relevo ondulado suave, solo arenoso síltico bastante delgado e irregular e cobertura vegetal arbustiva marcadamente rarefeita. Ao longo dos contatos com o granito Mucambo desenvolve-se uma auréola de metamorfismo térmico, que na Formação Trapiá manifesta-se morfologicamente com um relevo de cristas sub-verticais, paralelas

ao contato do granito e dispostas em um amplo semi-círculo. Na serra da Penanduba, exibe um panorama morfológico distinto, com o desenvolvimento de relevo montanhoso, com declives íngremes e vales encaixados, e uma cobertura vegetal exuberante, de médio porte, bastante densa.

Nos afloramentos, a Formação Trapiá apresenta-se como uma sucessão de bancos decimétricos, em alguns casos atingindo 1 metro de espessura, com acamamento regular, constituidos dominantemente de quartzitos pardo e cinza escuro intensamente fraturados, e cimento síltico-argiloso. Na serra da Penanduba, predominam bancos espessos de quartzitos maciços geralmente grosseiros, de cores claras até branco leitoso, com níveis conglomeráticos intercalados. Exibem fortes mergulhos e representam provavelmente a secção basal da Formação. O seu contato inferior não foi observado, o que se deve provavelmente a tectônica peculiar da bacia. A capa da Formação, por outro lado, aflora em diversos pontos, exibindo sempre um caráter transicional com as unidades que lhes são sobrepostas. Em sua faixa de ocorrência mais oriental, verifica-se a ausência de deposição da Formação Caiçaras e a Formação Trapiá passa gradativamente para os calcários da Formação Frecheirinha. Os afloramentos típicos encontram-se nos cortes da BR-222 após o km 255 e na fazenda Piancó, (fig.4) onde a Formação Trapiá mergulha com valores variando na faixa $30^{o}$-$50^{o}$ para SE, sob o calcário Frecheirinha.

Na faixa de contato ao longo do riacho Trapiá, e nos afloramentos da BR-222, cerca de 3 km a oeste de Ubaúna, a Formação Trapiá passa gradualmente para as ardósias verme-

| LOCALIZAÇÃO | FOLHA | DATA | ESCALA | FIGURA |
|---|---|---|---|---|
| FAZ. PIANCÓ | FRECHEIRINHA SA-24-Y-C-VI | NOVEMBRO / 1972 | 1:1000 | 4 |

| IDADE | FORMAÇÃO | AFLORAMENTO | ESPESSURA (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA |
|---|---|---|---|---|---|
| EO — CAMBRIANO | FRECHEIRINHA | | 335 |  | Calcário preto-azulado, granulação fina, com aspecto brechóide, contendo intercalações centimétricas de leitos cinza-claros de argilitos e margas. Encontra-se seccionado por uma rêde de vênulas brancas de calcita e em fratura fresca exala odor fétido. |
| | | | 300 | | Intercalações alternadas de camadas de 2 a 10 cm de espessura de arenito epimetamórfico de grã fina, siltico e calcífero, com lentes centimétricas de calcário margoso, cinza azulado e niveis argilosos. |
| | TRAPIÁ | CL-1258 | 240 | | Arenito epi-metamórfico fino, siltico, micáceo, calcífero, finamente laminado, fraturado e cortado por veios de quartzo leitoso; quando bastante decomposto possue aspecto tijoláceo e impregnações de óxido de ferro. |
| | | | 100 | PARTE COBERTA | |
| | | | 60 | | Arenito epi-metamórfico, quartzitico, fino à medio granular, filítico, estratificado, com camadas de 5 a 10cm de espessura e intercalações de leitos argilosos, finamente laminados e micáceos. Extremamente fraturado e cortado por veios de quartzo leitoso. |
| | | CL-1257 | 37.5 | | Siltito epi-metamórfico cinza amarelado, finamente laminado, micáceo, fraturado e com aspecto filitoso, devido ao desenvolvimento de xistosidade incipiente. |
| | | | 20 | | Horizonte siltico, fraturado, amarelo claro, pouco micáceo, finamente laminado, com aspecto filítico. |
| | | | 17 | | Arenito epi-metamórfico, creme a castanho, fino, filítico, fraturado, com intercalações de leitos centimétricos silto-argilosos e micáceos. |
| | | | 0 | | |

| LOCALIZAÇÃO | FIGURA | DATA | ESCALA | FIGURA |
|---|---|---|---|---|
| AÇUDE DE UBAUNA | FRECHEIRINHA SA-24-Y-C-VI | NOVEMBRO/1972 | 1:500 | 5 |

| IDADE | FORMAÇÃO | AFLORAMENTO | ESPESSURA (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA |
|---|---|---|---|---|---|
| EO - CAMBRIANO | CAIÇARAS | | 60 | | Ardosia alterada, castanho avermelhada, grã silto-argilosa, de fácil desagregação em placas lisas, onde por vêzes ocorrem marcas onduláres e, com intercalações de bancos centimetricos de um quartzito branco leitoso, grã media a grosseira, com niveis conglomeráticos. Sequência cortada por veios de quartzo leitoso e/ou hialino com especularita. |
| | | | 45.5 | | Siltito arroxeado, finamente laminado, bastante micáceo, com aspecto ardoseano, correspondente a faixa de transição entre as duas formações. |
| | | CL-287 | 40 | | |
| | TRAPIÁ | | 30 | | |
| | | | 20 | | Arenito epi-metamórfico, creme amarelado, grã fina a média, micáceo, filitico, estratificado, com camadas de 5 a 10cm de espessura, extremamente fraturado e cortado por veios de quartzo leitoso e/ou hialino; intercaladas na sequência, ocorrem, ocasionalmente, faixas com 1.0 a 1.5m de espessura de metasiltito argiloso, micáceo e finamente laminado, com aspecto ardosiano. |
| | | | 10 | | |
| | | | 0 | | |

lhas com quartzitos intercalados da Formação Caiçaras, (fig.5). Nestes afloramentos as ardósias mergulham sob os arenitos filíticos Trapiá, insinuando posicionamento estratigráfico inverso daquele apresentado neste relatório. Trata-se contudo de um exemplo de inversão tectônica ao longo de uma sinclinal inversa da qual ambas as formações participam.

No perfil da fazenda Piancó (fig. 41) foram medidos cerca de 300 metros desta unidade o que certamente não representa a sua espessura total. Considerando a extensa faixa de afloramento ao longo da escarpa da Ibiapaba, e os mergulhos da ordem 50°-60°, verificados nesta área, estimamos espessuras mínimas entre oitocentos e mil metros para esta formação.

Verificou-se totalmente infundada a suposição de Mabesoone et alii, (op. cit.), sobre a estruturação sub-horizontal dos quartzitos da serra da Penanduba como também não encontramos evidências da existência da mal definida Formação Penanduba (vide quadro I), proposta por aqueles autores.

d - Características Petrográficas

A Formação Trapiá caracteriza-se essencialmente pela constância de sedimentos clásticos em toda a sua secção, dominando na porção noroeste da bacia quartzitos conglomeráticos e arenitos grosseiros epimetamórficos, geralmente mal classificados.

Os quartzitos conglomeráticos da serra Penanduba

apresentam-se macroscopicamente com granulometria bastante irregular com seixos de quartzo subarredondados imersos em matriz arenítica, maciços, sem acamamento, de cores claras, em algumas áreas, com impregnações de óxido de ferro e manganês segundo as fraturas. São comuns recristalizações e preenchimento por silicificação, chegando a formar veios de silica com 5 cm de espessura.

As fácies finas da Formação Trapiá, são representadas macroscopicamente por arenitos epimetamórficos dispostos em bancos com acamamento regular, de granulação média a fina, cimento síltico argiloso, de cores cinza escura e parda, bastante endurecidos e extremamente fraturados. Ao microscópio, revelam textura clástica granular com orientação incipiente. São rochas de granulação fina, uniforme, constituidasde grãos de quartzo mostrando extinção ondulante, recristalização e denteamento dos grãos. Os interstícios são preenchidos por matriz pelítica constituída por filosilicatos, as vezes com ligeira orientação, além de quartzo fino. Nos tipos com aspecto filitoso, os elementos silto-argilosos dominam francamente na rocha, que apresenta diagênese alta e características epimetamórficas desenvolvidas.

Os termometamorfitos desta unidade formam auréola contínua ao longo do "stock" granítico de Mucambo, desde o pé da serra da Ibiapaba até a falha Café Ipueiras.

Estas rochas de expressão morfológica bem marcante, apresentam-se em cores cinza escura até preta, fortemente endurecidas, com aspecto vítreo e fratura sub-conchoidal.

Exibem um claro zoneamento desde arenitos levemente endurecidos (foto 8), que marcam o contato exterior da auréola, até típicos hornfels a cordierita e biotita na zona de contato imediato com o granito ou xenólitos inclusos no mesmo (foto 9).

As fácies mais típicas desta sequência, apresentam-se macroscopicamente com granulação fina, aspecto vítreo, são extremamente duras e desenvolvem fratura sub-conchoidal. Ao microscópio, exibem textura granoblástica e são constituidas essencialmente por quartzo, albita, clorita, muscovita, epidoto, e opacos. A matriz quartzo-feldspática forma um mosaico não orientado onde distribuem-se elementos esqueletiformes de biotita. Os termos mais metamórficos são caracterizados pela associação cordierita-muscovita-biotita-oligoclásio.

Distingue-se nos termometamorfitos da Formação Trapiá o desenvolvimento da fácies albita-epidoto-hornfels, Winkler, (op. cit.), nas zonas médias e exteriores da auréola metamórfica, caracterizada pela associação típica quartzo albita-clorita-muscovita-biotita-epidoto, evoluindo o grau metamórfico no contato imediato com o granito para a fácies hornblenda-hornfels, com a paragênese diagnóstico quartzo - cordierita-muscovita-biotita-oligoclásio.

e - Tectônica

A tectônica plástica característica do Grupo Bambuí prevalece também na Formação Trapiá, apesar do caráter

incompetente de suas litologias. Na área de Ubaúna e da BR-222, esta Formação participa de uma sequência de dobramentos menores cujos eixos são orientados segundo NE-SW, com caimento para nordeste. Das dobras normais e simétricas características da área ao norte do granito Mucambo, o estilo tectônico evolui para uma sequência isoclinal de dobras inversas, desenvolvidas a noroeste de Ubaúna.

Ao longo do contato com o "stock" granítico de Mucambo, esta Formação foi tectonicamente afetada pela intrusão, resultando em uma verticalização das camadas com mergulhos da ordem de 80° - vertical, radialmente dispostos com relação ao corpo intrusivo (foto 8).

Na área da serra Penanduba, a Formação Trapiá modelou-se em uma anticlinal complexa de difícil interpretação em função da precariedade dos afloramentos. Aparentemente, constitui o núcleo da dobra, cujo eixo mergulha para sudoeste. Esta estrutura foi truncada por falhamentos no flanco leste e ainda nas proximidades de Frecheirinha por falhas de colapso, paralelas ao eixo do dobramento.

f - Ambiente de Sedimentação

A interpretação tectônica da bacia Bambuí indica a serra da Penanduba, como área de afloramento da provável sequência basal do Grupo Bambuí, representada pela Formação Trapiá. As litologias ali observadas com dominância de quartzitos conglomeráticos e quartzitos grosseiros puros caracterizam o início de um ciclo de deposição transgressivo com sedi

mentos de elevado grau de maturidade que em termos regionais apresentam um marcado zoneamento granulométrico.

De certa forma, o caráter interdigitado dos contatos e as passagens laterais da fácies clástica dominante na Formação Trapiá para a fácies pelítica característica da Formação Caiçaras indica uma relação de contemporaneidade pelo menos parcial das duas formações; a primeira representando a sedimentação proximal e a segunda a sedimentação distal de um mesmo ciclo sedimentar. Nesta fase inicial do desenvolvimento da miogeosinclinal registrou-se uma subsidência lenta, proporcional ao assoreamento da fossa de forma a preservar,no período, ambiente de deposição marcadamente oxidante.Representa este conjunto a associação terrígena inferior das sequências de pré-inversão da miogeosinclinal.

4.3.1.4 - Formação Caiçaras - e€sbc

a - Definição

As ardósias vermelhas com bancos quartzíticos intercalados, conspicuamente expostos no trecho de BR-222,entre Ubaúna e o riacho Siriema, tem sido relatados em todos os trabalhos referentes a bacia. Este conjunto litológico incluído por Kegel et alii, (op.cit.) no então proposto membro Trapiá, foi pela primeira vez individualizado como unidade litoestratigráfica por Mabesoone et alii, (op.cit.),sob a denominação de Formação Caiçaras.

Conservamos neste trabalho a denominação Formação Caiçaras adotada por aqueles autores, redefinindo a unidade,

mormente em seus aspectos tectônicos e estratigráficos. Em seu novo conceito, esta unidade se sotopõe aos calcários da Formação Frecheirinha, portanto em posição inversa daquela sugerida por Mabesoone et alii, (op.cit.), e apresenta contatos transicionais com os arenitos sílticos e quartzitos da Formação Trapiá e com os calcários referidos.

b - Área de Ocorrência

A Formação Caiçaras ocupa uma estreita faixa em posição axial no miogeosinclíneo da Ibiapaba, de direção nordeste, desde as proximidades da cidade de Ibiapina até a região de Ubaúna, onde se bifurca em um ramo de direção noroeste até o povoado Penanduba e outro de direção nordeste no rumo do riacho Trapiá e da serra do Rosário. A área principal de ocorrência corresponde ao vale do riacho Caiçaras que empresta seu nome a Formação.

c - Modo de Ocorrência

As áreas de ocorrências da Formação Caiçaras exibem um modelado acidentado onde se destacam cristas alinhadas de quartzitos e vales entalhados com encostas íngremes.

Nos afloramentos apresentam-se como espessos pacotes de ardósias vermelhas e roxa-avermelhada, laminadas e clivagem ardosiana bem desenvolvida. São comuns zonas concêntricas de descoloração resultando em curiosas feições multicolores.

Os elementos grosseiros são representados por pacotes de ortoquartzitos de até 20 m de espessura, de cores claras ou impregnadas de óxido de ferro, frequentemente recristalizados, e cortados por veios de sílica. No perfil típico da formação ao longo da BR-222 todo este conjunto constitui uma série isoclinal com mergulhos fortes para sudeste e que corresponde a uma sinclinal inversa que evolui em direção norte para uma sinclinal simétrica, normal.

O caráter extremamente plástico das ardósias resultou em um conjunto intensamente deformado com abundantes "drags", micro-dobras e outras feições tectônicas (foto 10) que dificultam as estimativas de espessura da unidade.

Estimativas imprecisas sugerem espessura máxima da ordem de 400 metros para esta Formação.

d - Características Petrográficas

A Formação Caiçaras caracteriza-se por extrema monotonia de tipos petrográficos, praticamente restritos a ardósias vermelhas e quartzitos.

Microscopicamente, as ardósias apresentam grande fissilidade, desagregando-se facilmente em placas lisas segundo uma direção preferencial de clivagem. Apresentam cores avermelhada e roxa-avermelhada com manchas de descoloração creme esbranquiçada, que conferem aos afloramentos um aspecto mosqueado. São rochas de composição argilosa e siltica, macias ao tato, e bastante compactas.

Ao microscópio, revelam matriz pulverulenta de cor vermelha, e material argiloso contaminado com hidróxidos de ferro. Apresentam leitos com predominância de grãos de quartzo recristalizados, associados a finas palhetas de sericita, que se interpenetram com leitos de material argilo-ferruginoso.

Os quartzitos apresentam-se em bancos lenticulares com espessura desde 10-20 cm até 15-20 metros, bastante fraturados, particularmente frequentes na base da Formação. São rochas claras, granulação média a grosseira e ao microscópio exibem mosaico de quartzo em grãos xenomórficos com bordos denteados e recristalizados.

e - Tectônica

Do ponto de vista tectônico a Formação Caiçaras está estruturada em ampla sinclinal orientada segundo SW-NE e cujo eixo apresenta caimento pronunciado para nordeste. Na sua porção norte comporta-se como uma dobra simétrica, com mergulhos convergentes das abas. Na parte média esta estrutura sofre uma rotação no plano axial evoluindo para uma sinclinal inversa com mergulho do plano S para sudeste e cuja aba oeste cavalga as Formações Coreaú e Frecheirinha, ao longo da falha Siriema. Da BR-222 para sul, falhamentos de gravidade põem em contato tectônico esta unidade com os quartzitos da Formação Trapiá, do lado leste e com as unidades superiores do Grupo Bambuí, ao lado oeste.

f - Ambiente de Sedimentação

Sob este ponto de vista a Formação Caiçaras deve ser analisada conjuntamente com a unidade basal do Grupo, a Formação Trapiá. De acordo com a interpretação adotada, as ardósias vermelhas e quartzitos da Formação Caiçaras são considerados, pelo menos em parte, contemporâneos daquela unidade, e representam a sedimentação distal das primeiras fases de preenchimento da fossa. Registram condições ambientais calmas, de águas rasas, fortemente oxidantes.

4.3.1.5 - Formação Frecheirinha - eθsbf

a - Definição

A presença de calcário no noroeste do Ceará foi originalmente assinalada por Williams, (op.cit.), comparando-o a série São Francisco-Bambuí. Oliveira & Leonardos, (op.cit.), descreveram calcários cinza escuro entre Sobral e Tianguá e adotaram a mesma correlação sugerida por Williams, com a Série Bambuí. A designação de Formação Bambuí para os calcários pretos da região de Frecheirinha foi proposta por Kegel, (op. cit.), e interpretada pelo mesmo autor como estratigraficamente superior a Formação Jaibaras.

Trabalhos recentes elevaram a antiga Formação Bambuí a categoria de Grupo, Winge, (op.cit.), Mabesoone et alii (op.cit.), Danni, (op.cit.).

A manutenção da denominação "Formação Bambuí", per

tencente ao Grupo do mesmo nome, Mabesoone et alii, (op. cit.), além de confusa é incorreta do ponto de vista do Código de Nomenclatura Estratigráfica da Comissão Americana de Nomenclatura Estratigráfica, aqui adotado. Desta forma propomos a designação de Formação Frecheirinha para a unidade do Grupo Bambuí, litologicamente constituída por calcários pretos e azulados com eventuais horizontes margosos intercalados, e com área típica de ocorrência em torno da cidade de Frecheirinha, que empresta seu nome a Formação.

b - Área de Ocorrência

Os calcários da Formação Frecheirinha, distribuem-se em faixas irregulares na região compreendida entre a serra da Ibiapaba e a serra Meruoca-Rosário. Na área de Frecheirinha esta unidade ocorre desde a encosta da Ibiapaba, região das grutas de Ubajara e ao longo do vale do riacho Siriema, até a serra da Penanduba, em uma faixa de direção NE-SW, exibindo excelentes exposições ao longo da rodovia BR-222. Entre Ubaúna e Aprazível, ocorre em faixas irregulares, por vezes descontínuas, desde o bordo do "stock" granítico do Mucambo e daí para norte acompanhando do lado oeste a rodovia CE-71 no trecho Aprazível-Aroeiras.

c - Modo de Ocorrência

Morfologicamente, a Formação Frecheirinha corresponde a áreas planas ou levemente onduladas com solo argiloso geralmente bem desenvolvido, abrigando capa vegetal arbustiva densa e intensamente cultivado.

O desenvolvimento de um relêvo carstico bastante evoluido constitui feição morfológica peculiar da Formação Frecheirinha. Estas feições encontram-se expostas nas grutas de Ubajara, localizadas na escarpa da serra da Ibiapaba.

Nos afloramentos, a Formação Frecheirinha apresenta-se em bancos sobrepostos de calcário preto ou cinza escuro intensamente cortado por veios de calcita e sílica, exibindo sempre superfícies de dissolução. São comuns mergulhos fortes da ordem de 50º-60º para sudeste ou noroeste e raramente para norte, e dobras de arrasto, indicando a intensidade da tectônica plástica que afetou a formação.

Os contatos da Formação Frecheirinha, tanto na lapa quanto na capa, são essencialmente de caráter transicionais e interdigitados.Com exceção de eventuais contatos tectônicos, como por exemplo ao longo da falha Siriema, observa-se sempre uma passagem gradual dos arenitos filitosos e arenitos quartzíticos da Formação Trapiá para os calcários e margas da Formação Frecheirinha. Da mesma forma, a passagem gradual e interdigitada dos calcários desta unidade para os arenitos arcoseanos da Formação Coreaú é claramente demonstrada nos diversos afloramentos ao longo da BR-222, entre os km 251 e 257, e ainda no trecho da mesma rodovia entre o riacho Siriema e a cidade de Frecheirinha.

Por se tratar de unidade caracterizada essencialmente por contatos transicionais e interdigitados, intensamente dobrada e falhada, torna-se difícil se estabelecer estimativas da espessura máxima desta Formação. Aparentemente as

maiores espessuras de calcário encontram-se na área da anticlinal de Frecheirinha que ocupa posição aproximadamente axial na bacia. Ná área de concessão da C.C.C.P., ao norte de Aprazível, onde os calcários são praticamente horizontalizados em zona axial de dobra aberta, foram perfurados 300 metros de calcário preto, não tendo sido alcançada a lapa da Formação. Com base neste elemento, podemos estimar espessuras entre 400-500 metros para a Formação Frecheirinha.

d - Características Petrográficas

A Formação Frecheirinha é essencialmente constituída de calcários de granulação fina, de coloração preta, cinza-azulada, cinza escura e mais raramente creme e rósea, bastante impuros com intercalações eventuais de delgados bancos margosos, metasiltitos e quartzitos finos, escuros.Por vezes, como no riacho Trapiá observa-se uma alternância rítmica destas diversas litologias resultando uma rocha de aspecto bandeado (vide foto 11).

Mineralogicamente, os calcários da Formação Frecheirinha são compostos essencialmente de calcita e em quantidades subordinadas, dolomita, matéria argilosa, óxidos de ferro e quartzo. A calcita apresenta-se quase sempre como uma massa micrítica texturalmente arranjada em mosaico, enquanto os veios recristalizados exibem caráter esparítico.

e - Tectônica

Da mesma forma que as demais unidades do Grupo Bambuí, a Formação Frecheirinha foi afetada por intensa tectôni

ca plástica, o que resultou em uma estruturação em dobras com eixos orientados segundo NE-SW e com plunge para NE e SW.

A maior destas estruturas, a anticlinal de Frecheirinha exibe em seus flancos mergulhos da ordem de 60º a 70º e caimento para SW. São comuns nos afloramentos dobras de arrasto, particularmente nas secções onde intercalam-se leitos de calcário com margas e material síltico. No vale do riacho Siriema a Formação Frecheirinha constitui o soalho da falha de empurrão de orientação NE-SW, sendo acavalada pelas unidades basais do Grupo Bambuí.

Do rio Coreaú para leste, esta Formação participa de uma sequência de anticlinais e sinclinais com os eixos orientados segundo NE-SW e com mergulhos dos flancos da ordem de 50°- 60° e em alguns casos mais suaves. São frequentes feições de arrasto. Nas áreas de ocorrência, a norte e sul de Aprazível, os esforços tectônicos foram menos intensos, modelando dobras normais e simétricas, em alguns casos com mergulhos mais atenuados, da ordem de 30°- 40°.

f - Ambiente de Sedimentação

Os calcários pretos, micríticos, da Formação Frecheirinha, de ocorrência limitada às áreas centrais da bacia registram uma fase de desequilíbrio no desenvolvimento da miogeosinclinal caracterizada pela aceleração do ritmo de subsidência da fossa, que supera nitidamente o ritmo de assoreamento. Corresponde a sequência calcária de ciclo de pré-inversão da miogeosinclinal, Beloussov, (1962), e marca o final daquele

ciclo. São sedimentos relativamente homogêneos com dominância de material carbonatado e participação secundária de material argiloso. Nas áreas próximas a borda da bacia, principalmente no setor noroeste, evolui para uma associação de grauvacas (incluidas na Formação Coreaú) e relacionadas a fácies "flysch" particularmente desenvolvida nas fases de pós-inversão da miogeosinclinal.

4.3.1.6 - Formação Coreaú - eSsbco

a - Definição

Sobreposta concordantemente aos calcários da Formação Frecheirinha geralmente com contatos transicionais, foi individualizada uma sequência de arenitos arcoseanos finos de cores creme e cinza claro e grauvacas líticas escuras, por vezes conglomeráticas, que ocupa posição estratigráfica bem definida como unidade mais jovem do Grupo Bambuí. Para esta unidade estratigráfica propomos a denominação de Formação Coreaú, nome derivado do rio Coreaú , que desenvolve o alto curso sobre suas áreas de ocorrência. O conjunto de litologias aqui diferenciadas como Formação Coreaú tem sido englobada por diversos autores na Formação Trapiá, em seu conceito antigo, da mesma forma que todas as demais sequências areníticas ocorrentes na área das bacias Jaibaras e Bambuí. Os perfis típicos desta unidade afloram ao longo da rodovia CE-71, no trecho Aprazível-Coreaú, e ao longo da BR-222 entre Frecheirinha e Saco.

b - Área de Ocorrência

A Formação Coreaú é a unidade estratigráfica dominante nos setores oeste e norte da área ocupada pelo Grupo Bambuí. Ocorre ainda em larga faixa de direção nordeste desde o pé da serra da Ibiapaba até o rio Coreaú.

Nesta área sofre inflexão para sul, ocupando o vale do rio Coreaú e uma faixa estreita e irregular ao longo da rodovia CE-71, até a região de Aprazível. Outras representações da Formação Coreaú foram mapeadas ao longo do vale do riacho Siriema, preenchendo calhas de sinclinais.

c - Modo de Ocorrência

As áreas de ocorrências da Formação Coreaú caracterizam-se por um relêvo suavemente ondulado, colinoso, evoluindo para áreas planas. O solo arenoso delgado limita o desenvolvimento da cobertura vegetal, restrita a arbustos irregularmente distribuidos.

Nos afloramentos os arenitos e arcóseos apresentam-se em bancos decimétricos, bem acamadados com mergulhos de média a alta intensidade, geralmente em cores creme e cinza claro, exibindo intenso fraturamento, que por vezes confunde a identificação da atitude estrutural da rocha. Este fraturamento generalizado é uma característica típica da Formação Coreaú e está desvinculado de estruturas locais, assumindo claramente um caráter regional. As fácies grosseiras distribuem-se a noroeste e oeste da serra da Penanduba. São representadas por grauvacas líticas com frequentes feições conglo

meráticas dispostas em bancos espessos, maciços, mal estratificadas.

O contato inferior da Formação Coreaú tem caráter transicional e interdigitado com os calcários da Formação Frecheirinha e está claramente exposto em diversas áreas da bacia, especialmente ao longo do flanco oeste da rodovia CE-71 e na BR-222, entre os km 251 e 257. No flanco noroeste da serra da Penanduba, a Formação Coreaú repousa em concordância sobre os arenitos e quartzitos da Formação Trapiá constatando-se nesta parte da bacia ausência de deposição do calcário Frecheirinha.

Como unidade terminal de um ciclo de sedimentação bem individualizado e em decorrência das peculiaridades estrururais da bacia não foi possível observar o topo desta unidade estratigráfica. Os contatos com a formação basal do Grupo Jaibaras são invariavelmente de caráter tectônico. No limite oeste da bacia, nos flancos da serra da Ibiapaba, a Formação Coreaú é recoberta discordantemente pelos arenitos siluro-devonianos da Formação Serra Grande. Esta unidade exibe ainda contato tectônico com o embasamento cristalino, ao longo da falha Arapa que limita pelo lado norte a bacia Bambuí.

A Formação Coreaú foi cortada pelas intrusões graníticas e granodioríticas do Mucambo e Meruoca-Rosário, resultando em suas áreas de contato o desenvolvimento de típicos hornfels. Foi ainda seccionada por inúmeros diques relacionados ao vulcanismo do Grupo Jaibaras, especialmente a sul e sudoeste de Coreaú.

Considerando a ampla faixa de exposição da Formação ao longo da escarpa da Ibiapaba, no trecho Tianguá-Ubajara, com desniveis da ordem de 700 metros e ainda os fortes mergulhos e peculiaridades tectônicas, estimamos valores mínimos da ordem de 2.000 metros de espessura para esta unidade.

d - Características Petrográficas

Petrograficamente a Formação Coreaú caracteriza-se por uma associação de sedimentos clásticos, geralmente imaturos com dominância de arenitos arcoseanos, grauvacas e arcóseos. As fácies de metamorfismo térmico desenvolvidas na borda de intrusões graníticas complementam o conjunto litológico desta unidade. As fácies mais grosseiras, representadas por grauvacas conglomeráticas e grauvacas líticas ocorrem preferencialmente no bordo oeste da bacia, onde exibem gradações laterais e verticais para arcóseos e arenitos arcoseanos. A análise microscópia de algumas amostras representativas, todas situadas no bordo oeste da bacia, revelou sempre texturas de natureza clástica granular, mal selecionadas, algumas com orientação. A matriz, geralmente abundante ( 50%) é constituida de grãos de quartzo, feldspato e principalmente hidrômicas e material argiloso. Dispersos na matriz, observam-se clastos angulosos, mal selecionados (0.05-1.00mm) de composição variada, indicando procedências diversas. A má seleção mineralógica e granulométrica destas rochas identifica uma sedimentação rápida, sem triagem, em ambiente de subsidência acelerada.

Na parte norte da bacia, as litologias predominan

tes são arenitos arcoseanos e arcóseos de cores claras variando de creme a cinza amarelado, de granulação média a fina, bastante endurecidos, podendo apresentar silicificação em áreas tectonicamente favoráveis. Ao microscópio, exibem textura clástica granular com alguma orientação, são constituidos dominantemente de quartzo e feldspatos em grãos bem classificados, mostrando alguma recristalização e ligeiro denteamento. Os interstícios dos grãos são preenchidos por matriz pelítica constituida de filosilicatos, por vezes mostrando orientação, além de quartzo e feldspato de granulação mais fina. São rochas afetadas por um epimetamorfismo evidenciado pela recristalização parcial, orientação das micas e ligeiro denteamento dos grãos.

e - Tectonica

A Formação Coreaú, como unidade terminal da sequência Bambuí participou da tectônica plástica tão característica do Grupo. Na região de Aprazível apresenta-se em uma sequência de anticlinais e sinclinais paralelas com os eixos orientados segundo NE-SW, geralmente com plunge para NE. Nos dobramentos do riacho Siriema e a noroeste de Ubaúna aparece regularmente, ocupando posição característica nas estruturas. Apesar dos dobramentos conspícuos observados nestas áreas, a feição tectônica de maior realce da Formação Coreaú é um intenso fraturamento de caráter regional claramente desvinculado de estruturas locais. Este fraturamento não obedece direções preferenciais, exibindo sempre um padrão caótico e indefinido.

f - Ambiente de Sedimentação

Sumariamente, as litologias da Formação Coreaú podem ser agrupadas nos termos arcóseos e ou arenitos arcoseanos e grauvacas. Como vimos, estas litologias acham-se intimamente relacionadas e ainda que reconhecendo nas diversas áreas da bacia a dominância de uma ou de outra fácies, ambas se interpenetram e se sucedem em uma típica associação terrígena do tipo "flysch". No desenvolvimento geotectônico da área, a Formação Coreaú corresponde ao início do estágio de pós-inversão da geosinclinal caracterizada por acentuado desequilíbrio tectônico com áreas fortemente subsidentes ao lado de áreas em franco processo de soerguimento.

4.3.1.7 - Idade e Correlação Estratigráfica

Desde a correlação pioneira de Williams,(op. cit.) dos calcários, hoje incluidos na Formação Frecheirinha,com a então Série Bambuí, este termo vinculou-se definitivamente a geologia do noroeste do Ceará. Desta forma, deve-se mais à tradição, a manutenção da denominação Grupo Bambuí ao conjunto litológico aqui individualizado em uma bacia isolada e afastada mais de 1.000 quilômetros das áreas clássicas de ocorrências do Grupo e cerca de 500 quilômetros de sua ocorrência mais próxima. A integração dos dados geológicos e geotectônicos, com datações geocronológicas recentes, nos permite um novo enfoque do problema.

Amaral & Kawashita, (1967), aplicando o método Rb/Sr em amostras de folhelhos intercalados nos calcários Se

te Lagoas, determinaram idade de 600 ± 50 m.a. para o Grupo Bambuí, colocando-o no eo-Cambriano. No noroeste do Ceará, a datação do granito Meruoca, 440 m.a., Vandoros, (op.cit.), intrusivo nas camadas ditas Bambuí, também situa a sequência sedimentar no eo-Cambriano, dado coerente com o desenvolvimento geotectônico regional. Desta forma, existe uma correspondência cronológica entre o Grupo Bambuí na sua área clássica, e a sequência homônima aqui referida.

Do ponto de vista estratigráfico as sequências litológicas individualizadas nas Formações Trapiá, Caiçaras, Frecheirinha e Coreaú, apresentam um paralelismo acentuado com a coluna estratigráfica proposta por Braun, (1968), para o Grupo Bambuí, em Minas Gerais e Goiás, conforme pode ser observado no quadro comparativo abaixo.

| GRUPO BAMBUÍ | |
|---|---|
| BRAUN. O.P.G. (1968) | NW. CEARÁ-Projeto Jaibaras |
| Formação Três Marias-Arcóseos, grauvacas síltica e arenitos arcoseanos. | Formação Coreaú-Arcóseos, grauvacas e arenitos arcoseanos. |
| Formação Paraopeba- Rochas carbonáticas e pelíticas. | Formação Frecheirinha-Rochas carbonáticas e pelitos subordinados. |
| Formação Paranoá-Quartzitos, filitos e metasiltitos. | Formação Caiçaras- Ardósias com quartzitos intercalados. |
| | Formação Trapiá-Quartzitos e arenitos filitosos. |
| Conglomerado Basal (Fácies Carrancas) | Não observado |

Do ponto de vista geotectônico, as Formações eo-cambrianas do noroeste do Ceará corresponderiam a extensão setentrional dos sedimentos depositados na borda ocidental da plataforma do São Francisco e que constituem o geosinclíneo Brasília, Almeida, (op.cit.). Com efeito, observa-se uma similitude flagrante na evolução tectônica do geosinclíneo Brasília e do conjunto aqui individualizado como miogeosinclíneo da Ibiapaba. À correspondência de fácies litológicas associa-se a correspondência de estilo tectônico, cujo elemento dominante, em ambos os casos são falhas inversas e dobras isoclinais ou reviradas. A continuidade do miogeosinclíneo Ibiapaba por sob os sedimentos da bacia do Meio Norte em direção sudoeste, se bem que especulativa, apoia-se de certa forma na coincidência das direções estruturais no noroeste do Ceará e no bordo sul da bacia, região nordeste de Goiás. Acrescente-se, a presença de litologias (arcóseos e grauvacas), na área de Parnaguá e Corrente, sul do Piauí, Winge, (1968), tidas como representantes do Grupo Bambuí.

Com base nos critérios expostos concluimos pela correlatividade no tempo, litológica e tectônica do Grupo Bambuí na sua área clássica de Minas Gerais e Goiás, com o conjunto litológico tido como representação do mesmo Grupo no noroeste do Ceará, resultantes de um mesmo ciclo geotectônico. Em termos de tempo, situa-se o Grupo Bambuí, definitivamente no eo-Cambriano.

### 4.3.2 - Granitóides Tipo Meruoca - ЄOgrm

#### 4.3.2.1 - Generalidades

Dois importantes "stocks" graníticos ocorrem na área de sedimentos epimetamórficos dos Grupos Bambuí e Jaibaras e constituem as serras Meruoca-Rosário e do Carnutim.

Kegel et alii, (op.cit.), colocam o granito da Meruoca no embasamento cristalino. Cobra, (op.cit.), admite duas fases intrusivas, a mais antiga representada pelo granito Mucambo, pré-vulcânico e outra mais jovem representada pelo granito Meruoca-Rosário, pós-vulcânico. Mabesoone et alii, (op.cit), referem-se aos granitos da serra do Carnutim e da serra Meruoca, posicionando-os no Grupo Jaibaras como evento pós-Trapiá e pré-Aprazível. Datação radiométrica (K/A)em uma amostra do granito Meruoca revelou idade de 440 m.a.Vandoros, (op.cit.), que o coloca no Cambriano Médio.

A classificação aqui adotada de "stock" para estas massas intrusivas corresponde aos conceitos de Longwell- e Bateman, in Amstutz, (1971), que reservam a denominação "batolito" para massas graníticas com diâmetro superior a 100 quilômetros.

4.3.2.2 - "Stock" Granítico do Mucambo

a - Definição

Esta importante massa intrusiva situa-se na porção sul-central da folha Frecheirinha, tem forma grosseiramente circular com alongamento pronunciado para sudoeste, e é truncado nos flancos leste e sudeste pela falha Café Ipueiras, compreendendo uma área de aproximadamente 180 $km^2$.

Morfologicamente, condiciona duas paisagens distintas. Na parte sul e central, instalou-se um peneplano suave com espesso solo de decomposição. A parte norte do maciço, por outro lado, corresponde a área de relevo áspero, e constitui a denominada Serra do Carnutim.

O "stock" granítico do Mucambo, intrusivo nos sedimentos epimetamórficos do Grupo Bambuí, proporciona o desenvolvimento de uma ampla auréola de metamorfismo térmico. Ao longo do contato com as formações do Grupo Jaibaras, acompanhando a falha Café Ipueiras, não foi observada qualquer manifestação de termometamorfismo nos sedimentos da Formação Pacujá, insinuando a "mise en place" anterior da intrusão granítica.

b - Características petrográficas

A grande maioria, cerca de 80% da massa intrusiva, é constituida por uma rocha granítica grosseira equigranular, isotrópica, leucocrática em tonalidades cinza clara, destacando-se macroscopicamente feldspato branco, quartzo e máficos.

Nas fácies de borda, observam-se eventuais variações para granulometria média a fina, exibindo raramente estrutura "schlieren". São comuns a presença de enclaves das encaixantes, (foto 9) exclusivamente na zona de contato com o Grupo Bambuí.

Ao microscópio, esse granito apresenta textura

granular grosseira, é constituido de quartzo em grandes cristais xenomórficos e feldspatos, representados por K-feldspato (microclina pertitizada) e plagioclásio (28-30% An) em percentagens aproximadamente iguais. Quanto aos ferromagnesianos, encontramos hornblenda (sódica e férrica) substituidas por biotita marrom e epidoto. Como acessório observam-se pequenas pontuações de fluorita inclusas nos ferromagnesianos, além de zircão, alanita, apatita e opacos. Trata-se portanto de um granito monzonítico com hornblenda e biotita, evoluindo na extremidade sul do "stock" para um granito subalcalino com hornblenda. Na tabela I apresentamos as análises químicas de diversas amostras deste granito, com as localidades referidas no mapa índice, (figura 6).

Como constituinte subordinado do "stock" de Mucambo foi individualizada uma outra fácies granítica com distribuição na parte central do corpo magmático.

Trata-se de rocha de granulação grosseira, isotrópica, com cristais de até 1 cm de feldspato cor de carne, o que confere a rocha coloração avermelhada. Destacam-se ainda grãos xenomórficos de quartzo e placas irregulares marrom esverdeada que correspondem a agregados de minerais máficos.

Ao microscópio, revela textura pegmatóide gradando para textura granular, em alguns casos com cataclase. Os feldspatos constituem cerca de 50% da rocha, em grãos xenomórficos e sub-automórfico. Cerca de 2/3 correspondem a K-feldspato pertitizado (pertita) e o restante a plagioclásio (oligoclásio sódico 10-15% An). O quartzo aparece em grãos

xenomórficos, intersticiais. Os minerais máficos são representados por hornblenda sódica (pleocroismo verde), alterando para biotita clorita e epidoto. Petrograficamente, esta rocha corresponde a um granito sub-alcalino a hornblenda e biotita.

c - Petroquímica

Onze amostras representativas dos tipos petrográficos constituintes do "stock" granítico de Mucambo (vide figura 6) foram analisadas quimicamente, e com base nestas análises (Tabela I) investigamos alguns aspectos ligados ao quimismo do corpo intrusivo.

Para definição do grau de afinidade calco-alcalina ou alcalina da intrusão, usamos o diagrama de variação proposto por Wright, (1969), que relaciona as percentagens em peso de $SiO_2$ e o índice de alcalinidade expresso na relação:

$$\frac{Al_2O_3+CaO+alk\ total}{Al_2O_3+CaO-alk\ total}$$

O exame do diagrama (fig. 7) indica que das 11 amostras analisadas, seis situam-se francamente no campo calco alcalino, quatro no campo intermediário e apenas uma no campo alcalino.

A correlação destes dados com os elementos petrográficos disponíveis, indica que as amostras de quimismo calco-alcalino correspondem as fácies de maior distribuição no "stock", isto é, ao granito monzonítico com hornblenda e biotita. As demais amostras de afinidade alcalina correspondem ao

## TABELA - I

| AMOSTRA | CL-165 | CL-845 | CL-846 | CL-853 | CL 857-A | CL 857-B | CL 864 | CL 1121-A | CL 1337 | CL 1338 | IB-77 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 69.90 | 66.2 | 73.9 | 70.6 | 68.6 | 67.2 | 68.40 | 66.70 | 68.00 | 71.00 | 72.50 |
| $Al_2O_3$ | 14.60 | 12.0 | 10.7 | 11.0 | 12.5 | 13.5 | 13.69 | 16.06 | 13.93 | 14.64 | 13.55 |
| $Fe_2O_3$ | 1.28 | 0.7 | 1.3 | 0.6 | 2.0 | 1.7 | 1.40 | 1.28 | 1.90 | 0.96 | 1.22 |
| FeO | 4.32 | 4.9 | 1.9 | 4.4 | 1.8 | 3.5 | 4.46 | 4.32 | 4.18 | 1.00 | 3.02 |
| MnO | 0.05 | 0.27 | 0.2 | 0.27 | 0.33 | 0.33 | 0.10 | 0.12 | 0.07 | 0.05 | 0.06 |
| MgO | 0.66 | 0.09 | 0.9 | 0.18 | 0.50 | 0.5 | 0.58 | 0.54 | 0.71 | 0.76 | 0.38 |
| CaO | 0.65 | 2.6 | 1.2 | 3.1 | 2.4 | 2.4 | 2.31 | 1.96 | 1.33 | 4.69 | — |
| $Na_2O$ | 2.84 | 3.4 | 2.7 | 3.5 | 3.9 | 4.3 | 2.78 | 2.92 | 3.07 | 4.76 | 2.70 |
| $K_2O$ | 4.22 | 4.9 | 3.8 | 5.0 | 4.9 | 5.3 | 4.66 | 4.66 | 4.51 | 0.59 | 4.82 |
| $TiO_2$ | 0.48 | 0.9 | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 0.50 | 0.50 | 0.57 | 0.50 | 0.32 |
| $P_2O_5$ | 0.18 | 0.20 | 0.12 | 0.17 | 0.20 | 0.26 | 0.10 | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |

## TABELA - II

| AMOSTRA | CL-315 | CL-793 | CL-794 | CL-795 | CL-798 | CL-807 | CL-808 | CL-816 | CL-818 | CL-822 | CL-832 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 64.1 | 69.6 | 74.9 | 72.0 | 75.7 | 72.1 | 73.1 | 70.60 | 76.0 | 75.80 | 74.00 |
| $Al_2O_3$ | 14.3 | 13.8 | 13.0 | 13.5 | 12.0 | 13.0 | 12.0 | 17.47 | 12.28 | 12.28 | 12.75 |
| $Fe_2O_3$ | 2.0 | 1.0 | 0.9 | 1.3 | 1.8 | 1.0 | 0.4 | 1.68 | 1.83 | 1.81 | 2.67 |
| FeO | 3.8 | 1.9 | 0.9 | 0.9 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 0.42 | 0.28 | 0.40 | 0.10 |
| MnO | 0.4 | 0.13 | 0.27 | 0.2 | 0.2 | 0.23 | 0.2 | 0.03 | 0.01 | 0.04 | 0.04 |
| MgO | 0.5 | 0.9 | 0.09 | 0.3 | 0.04 | 0.04 | 0.09 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.09 |
| CaO | 1.4 | 1.2 | 0.9 | 1.1 | 0.4 | 1.1 | 0.8 | 0.30 | 0.50 | 0.20 | 0.20 |
| $Na_2O$ | 4.5 | 2.4 | 3.5 | 3.5 | 3.3 | 4.1 | 4.1 | 3.34 | 3.04 | 2.84 | 1.84 |
| $K_2O$ | 3.2 | 7.9 | 6.4 | 6.8 | 5.0 | 5.4 | 5.3 | 5.12 | 4.67 | 4.96 | 6.92 |
| $TiO_2$ | 0.4 | 0.25 | 0.15 | 0.25 | 0.15 | 0.1 | 0.1 | 0.10 | 0.10 | 0.20 | 0.05 |
| $P_2O_5$ | 0.10 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.04 |

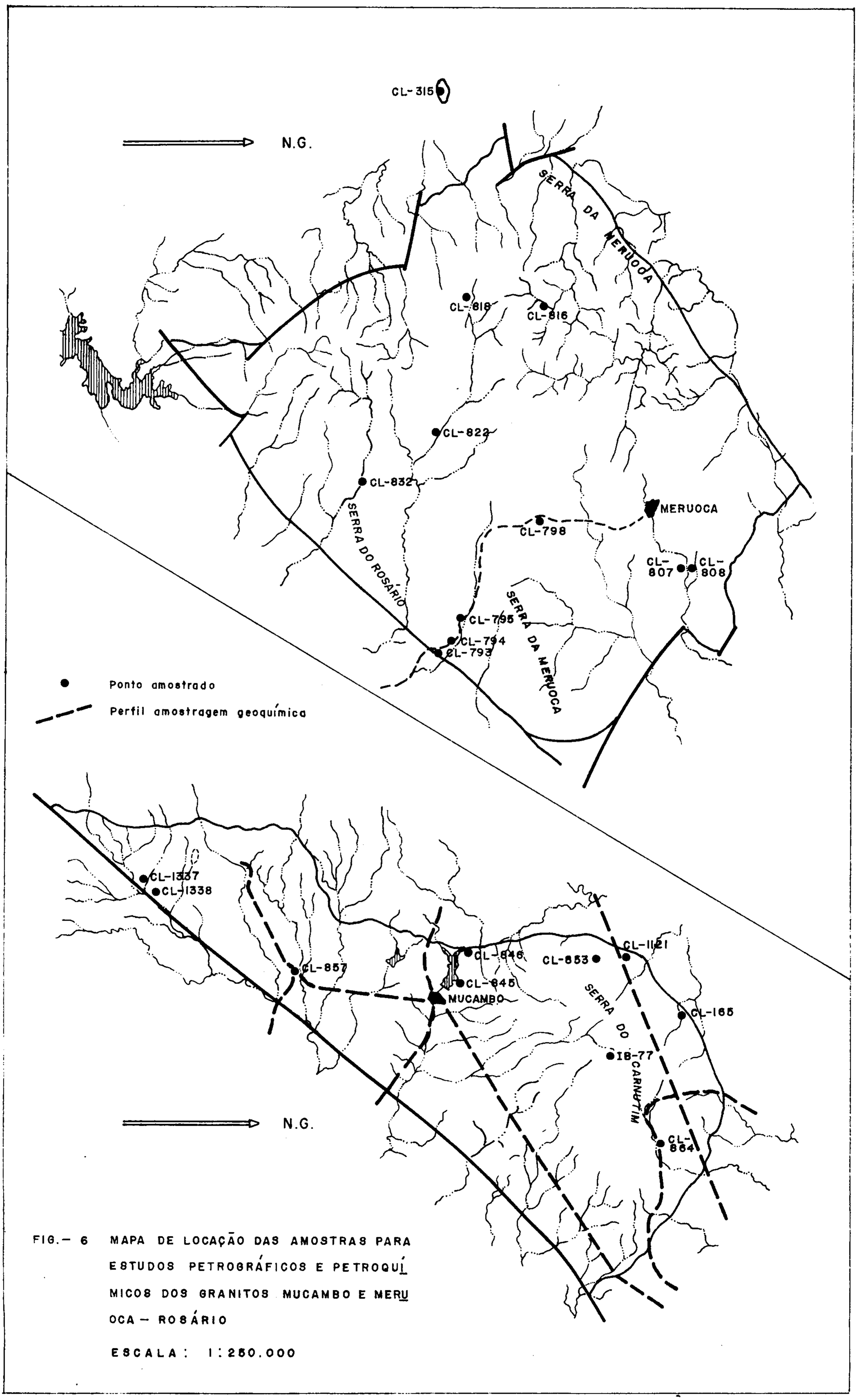



FIG.– 6 MAPA DE LOCAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ESTUDOS PETROGRÁFICOS E PETROQUÍMICOS DOS GRANITOS MUCAMBO E MERUOCA – ROSÁRIO

ESCALA: 1:250.000

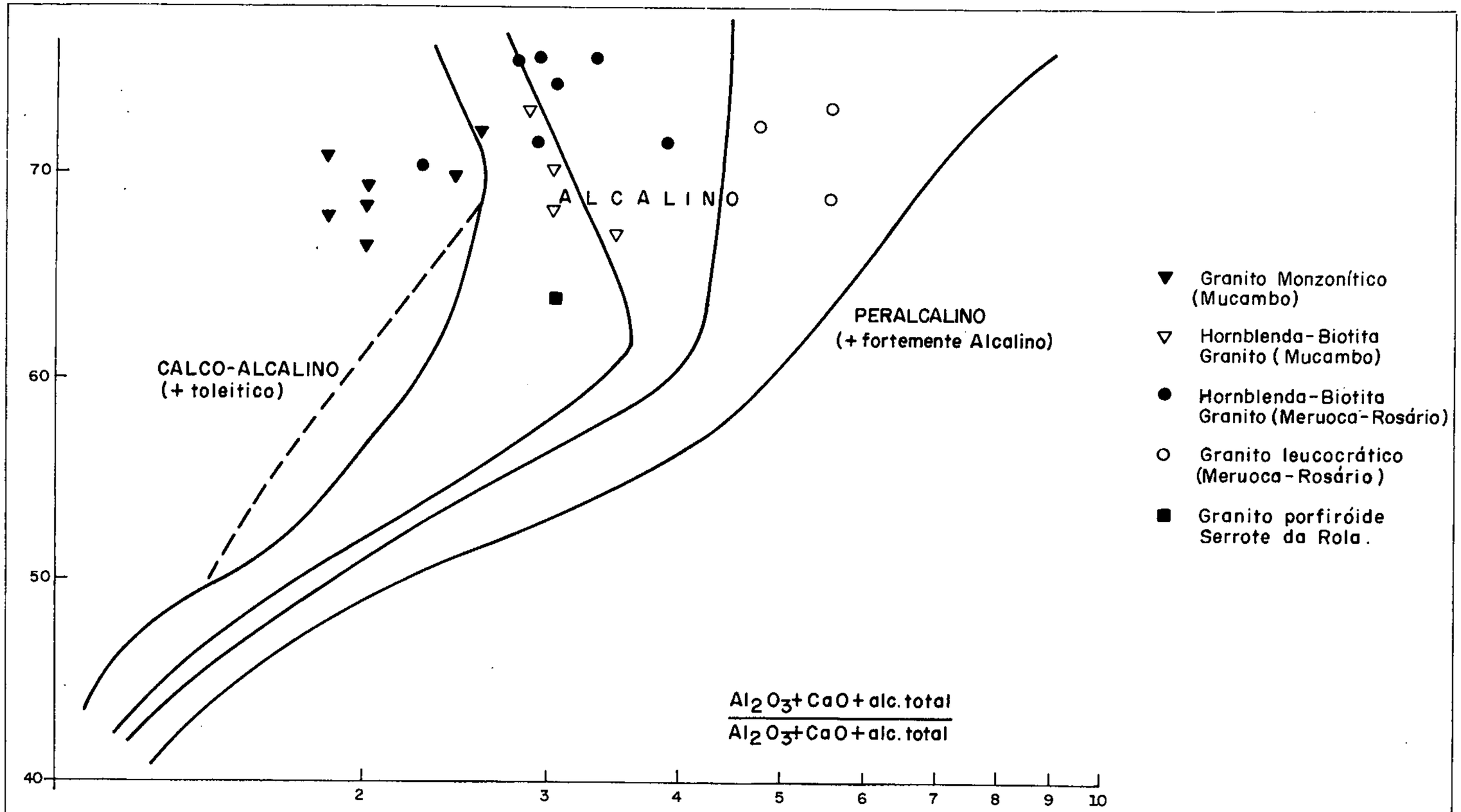



FIG. 7- DIAGRAMA DE VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE ALCALINIDADE (WRIGHT J. B. - 1969) DOS GRANITOS MUCAMBO E MERUOCA - ROSÁRIO.

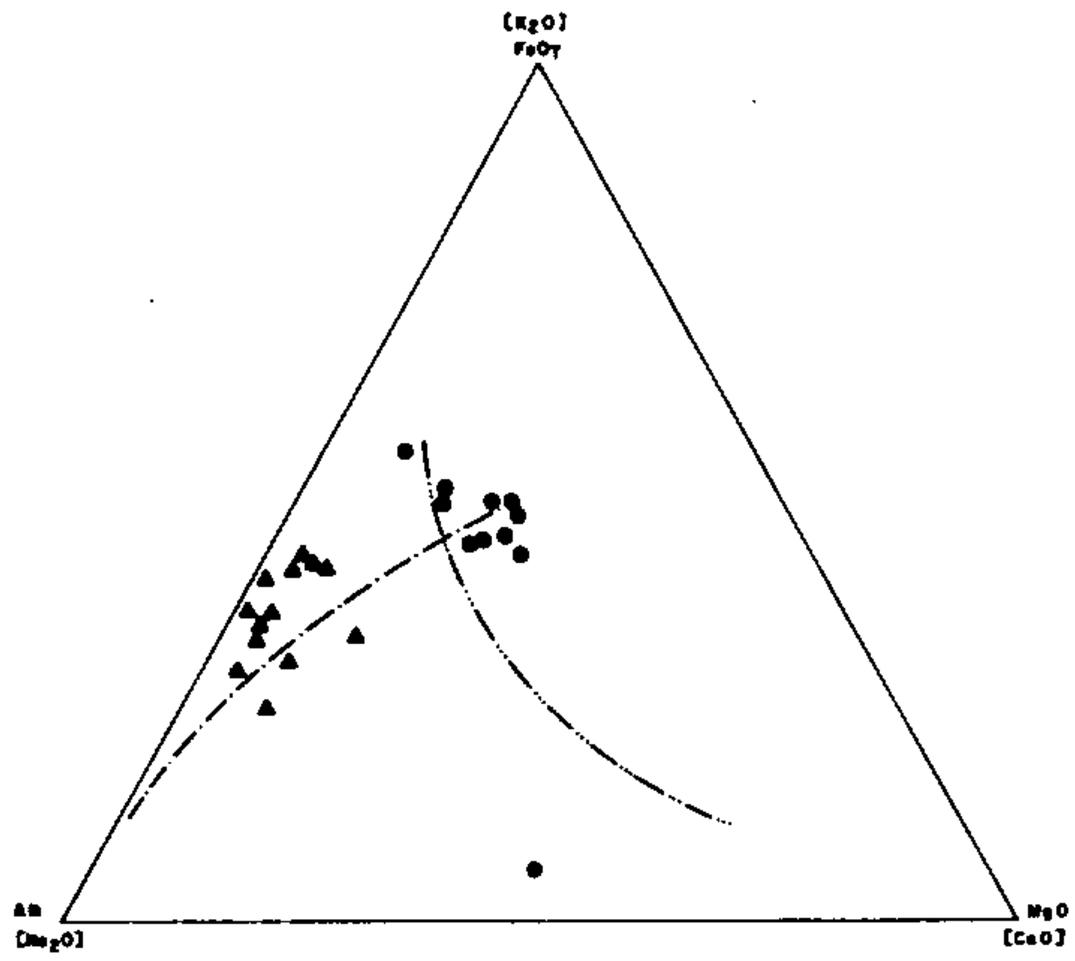



FIG. 8 - DIAGRAMA DE VARIAÇÃO DO GRANITO MUCAMBO.

● Diagrama Alk / $FeO_T$ / MgO

▲ Diagrama $Na_2O$ / $K_2O$ / CaO

Curvas de referência : Batolito calco-alcalino da California do Sul ( NOCKOLDS, S R e ALLEN, R - 1953 )

—·—·— Variação de Alk / $FeO_T$ / MgO

—··—··— Variação de $Na_2O$ / $K_2O$ / CaO

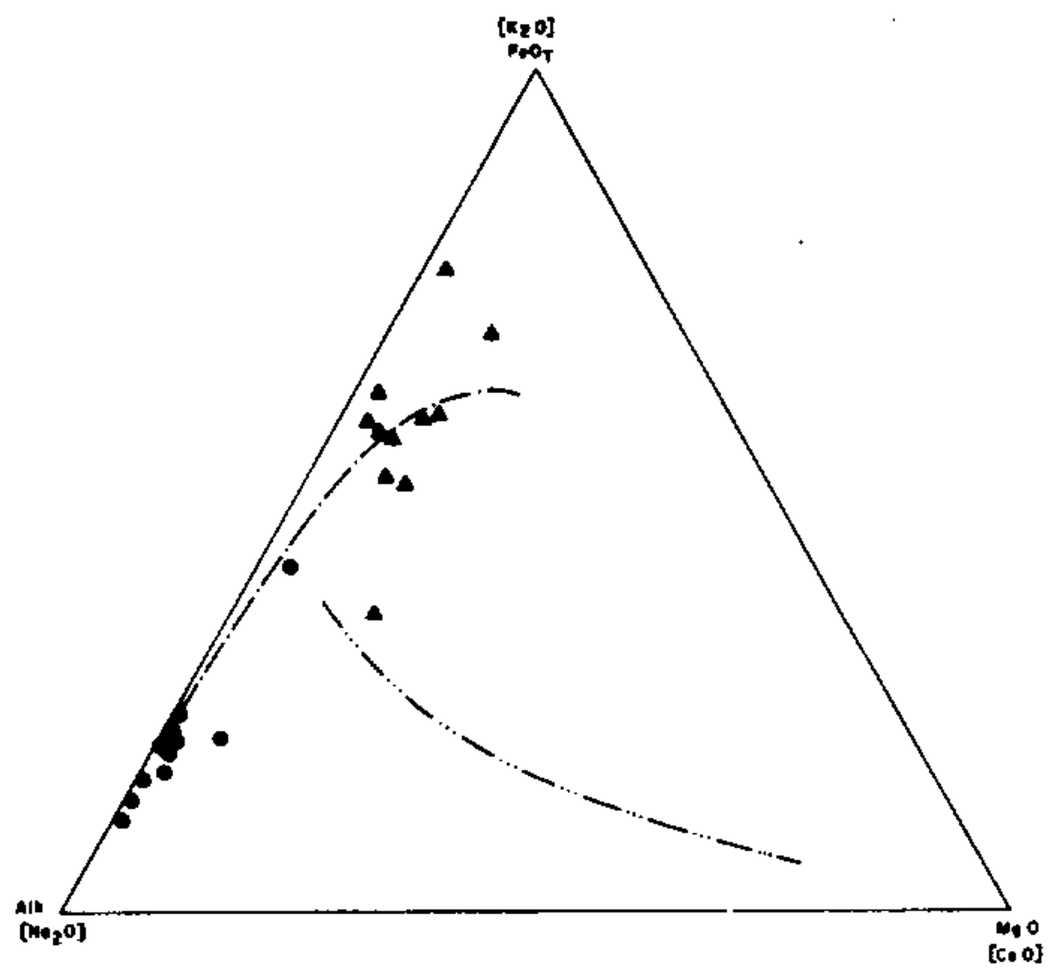



FIG. 9 - DIAGRAMA DE VARIAÇÃO DO GRANITO MERUOCA - ROSÁRIO.

● Diagrama Alk / $FeO_T$ / MgO

▲ Diagrama $Na_2O$ / $K_2O$ / CaO

Curva de referência serie basalto ⟶ riolito alcalino Ilha da Pascoa ( NOCKOLDS, S.R. e ALLEN, R - 1954 )

—·—·— Variação de Alk / $FeO_T$ / MgO

—··—··— Variação de $Na_2O$ / $K_2O$ / CaO

granito vermelho petrograficamente classificado como granito sub-alcalino com hornblenda e biotita.

As mesmas análises foram plotadas em diagramas triangulares para $Na_2 + K_2O$; MgO; $FeO_t$ (ferro total expresso em FeO) e para $Na_2O$; $K_2O$; CaO (figura 8). Para efeito comparativo, plotamos as curvas de variação do batolito calco-alcalino da Califórnia do Sul, Nockolds & Allen, (1953). Os pontos representativos do granito Mucambo acompanham com bastante fidelidade o "trend" das curvas de referência, confirmando a sua afinidade calco-alcalina. No diagrama AFM observa-se um ligeiro desvio dos pontos em relação a curva correspondente, realçando o caráter ferromagnesiano mais acentuado do granito Mucambo.

4.3.2.3 - "Stock" Granítico Meruoca-Rosário

a - Definição

Este corpo de rocha granítica localiza-se no curso médio do Rio Acaraú, e tem forma aproximada de um quadrado com cerca de 20 km de lado, o que corresponde a uma área da ordem de 400 $km^2$.

Constitui as conhecidas serras da Meruoca e do Rosário, com altitudes da ordem de 1.000 metros, e relevo montanhoso com escarpas abruptas, geralmente nuas ou com feições ruiniformes em blocos de rocha soltos e empilhados de forma caótica.

Os contatos do "stock" granítico com as formações do Grupo Jaibaras são sempre de caráter tectônico e não foram assinaladas evidências de termometamorfitos. Nas áreas de contato com o Grupo Bambuí e rochas do embasamento pré-Cambriano desenvolveu-se uma ampla auréola de metamorfismo térmico, parcialmente mascarada por falhamentos.

b - Características petrográficas

Petrograficamente, o "stock" Meruoca-Rosário apresenta uma surpreendente homogeneidade, praticamente restrito a tipos petrográficos mineralogicamente semelhantes com raras diferenças granulométricas e texturais.

A fácies petrográfica dominante, cerca de 80-90% da área do maciço, é o granito vermelho da Meruoca. Trata-se de uma rocha grosseira, equigranular e isótrópica de cor vermelha forte, macroscopicamente constituida de feldspato cor de carne e quartzo. Não se observam praticamente minerais máficos. Ao microscópio, revela textura hipidiomórfica granular grosseira constituida essencialmente por ortoclásio pertítico em cristais irregulares ou geminados, raro plagioclásio, e quartzo com bordas de corrosão com o ortoclásio. Os máficos, em quantidades subordinadas, são biotita e hornblenda. Fluorita intersticial tem presença constante, além do zircão, apatita, alanita, leucoxênio, epidoto, clorita e sericita. Corresponde petrograficamente a um biotita-hornblenda granito com variações para granito leucocrático, na ausência dos máficos.

O segundo tipo petrográfico identificado, corresponde a um biotita-granito, diferindo do anterior pela ausência sistemática da hornblenda e pela coloração cinza clara.

Merece destaque uma rocha de textura porfiróide de cor cinza, com afloramentos típicos na estrada Sobral-Jordão. Ao microscópio revela textura gráfica composta essencialmente de ortoclásio pertítico, plagioclásio, quartzo e biotita além de fluorita incolor ou roxa. Esta rocha classificada como granófiro, distingue-se do biotita-granito referido apenas pelas características texturais e modo de ocorrência.

c - Petroquímica

Doze amostras representativas dos tipos petrográficos do "stock" Meruoca-Rosário foram analisadas quimicamente (Análises figuradas na Tabela II e mapa índice, figura 6) e seus índices de alcalinidade calculados na forma recomendada por Wright, (op. cit.) foram plotados no respectivo diagrama (fig. 7). O exame do diagrama destaca claramente o caráter altamente dispersivo das rochas do maciço, que variam desde termos calco-alcalinos (uma amostra), com marcada dominância no campo alcalino, evoluindo até termos fortemente alcalinos. Este comportamento reflete-se petrograficamente pela maior presença de hornblenda nas amostras com tendência calco-alcalina, praticamente ausente nos polos fortemente alcalinos. Em média, o "stock" granítico Meruoca-Rosário caracteriza-se por uma afinidade alcalina de natureza potássica bem marcada. Os diagramas triangulares Alk/$FeO_t$/MgO e $Na_2O$ / $K_2O$/CaO (fig. 3) enfatizam esta característica. As curvas de

referências correspondem a série diferenciada basalto-riolito alcalino da ilha da Páscoa, Nockolds e Allen, (1954). Os pontos do diagrama AFM acompanham com ótima aproximação a curva de referência. Para os pontos representativos no diagrama Na/K/Ca verifica-se um pronunciado afastamento da curva de referência adotada, evidenciando a natureza alcali-potássica, pronunciada das rochas que constituem o corpo intrusivo Meruoca-Rosário.

4.3.2.4 - Aspectos Genéticos

Os "stocks" de Mucambo e Meruoca-Rosário apresentam entre si um elenco de fatores comuns indicativos do relacionamento genético e contemporaneidade das intrusões.

a) Ambos são intrusivos no Grupo Bambuí como bem o demonstram as auréolas de termometamorfitos e metassomatismo de contato, indicando a condição pós-Bambuí destas magmáticas.

b) A ausência de metamorfismo térmico nas faixas de contato com os sedimentos do Grupo Jaibaras, situa estas manifestações magmáticas, em termos de tempo, no período pós-Bambuí/pré-Jaibaras.

c) Ambas apresentam granulação grosseira generalizada, indicando a natureza plutônica dos corpos intrusivos. Por outro lado, a fácies metamórfica desenvolvida nas auréolas de contato, do tipo albita-epidoto-hornfels e mais rara-

mente hornblenda-hornfels são diagnósticas de condições epizonais de cristalização, da mesma forma que a presença de granófiros, praticamente exclusivos de plutões de epizona, Buddington, (1959).

d) As relações francamente discordantes das intrusivas, com as estruturas das rochas encaixantes seja do Grupo Bambuí, seja do embasamento pré-Cambriano, caracterizam a "mise en place" tardia destas intrusivas em relação as últimas manifestações da orogênese Caririana e, sob este ponto de vista, correspondem aos granitos anerogênicos ou pós-cinemáticos da classificação de Eskola.

e) Os granitos a ortoclásio predominantes no "stock" Mucambo, segundo Marmo, (op. cit.), são tipos pouco frequentes entre os granitos pós-cinemáticos, fazendo ver no entanto, que muito dos granitos pós-cinemáticos alpinos, do Himalaia, dos Andes e de outras regiões exibem idêntica característica mineralógica.

f) Esta fase intrusiva representa o evento derradeiro da evolução geotectônica ligada a miogeosinclinal da Ibiapaba, sucedendo no tempo as últimas fases dos dobramentos caririanos na região. Datações radiométricas em amostras do granito Meruoca, Vandoros, (op. cit.), situa este evento no Cambriano Médio (440 m.a.).

g) Do ponto de vista petroquímico observa-se um aparente zoneamento no "stock" do Mucambo com o granito monzonítico de afinidade calco-alcalina ocupando a maior parte

do maciço e o hornblenda-biotita granito de tendência alcalina em posição subordinada na área central do maciço. No "stock" Meruoca-Rosário observa-se uma dominância de fácies com marcada tendência alcalina com raras variações calco-alcalinas.

h) Em termos cronológicos, as relações de campo, principalmente na área do granito Mucambo, insinuam a existência de duas fases intrusivas; a primeira, mais importante, corresponderia ao granito monzonítico de afinidade calco-alcalina e a segunda, correspondente ao granito sub-alcalino a hornblenda e biotita, de afinidade alcalina. O "stock" Meruoca-Rosário parece ter surgido apenas nesta segunda fase com o aparecimento dos magmas de afinidade alcalina. Este mecanismo evolutivo é extremamente frequente em todo o mundo, como enfatiza Routhier, (1963).

i) Do ponto de vista metalogenético assume especial importância o "stock" do Mucambo em função da sua natureza calcoalcalina e das litologias que atravessa. Chamamos a atenção para o alto potencial mineralizante nas áreas de contato com os calcários e margas da Formação Frecheirinha, recomendadas como áreas prioritárias para pesquisa. Sob este aspecto o "stock" Meruoca tem importância secundária, seja em função de sua afinidade francamente alcalina potássica, seja em função das litologias que atravessa.

### 4.3.3 - Grupo Jaibaras

4.3.3.1 - Definição

O termo"Série Jaibaras" foi originalmente utilizado por Oliveira & Leonardos, (op. cit.), e referido a uma sequência sedimentar dobrada constituída de conglomerados, arcóseos, arenitos, folhelhos vermelhos e calcários, descrita na região de Sobral. No esquema estratigráfico adotado por Kegel et alii,(op. cit.), a "Formação Jaibaras", compreendendo os membros Aprazível e Trapiá assume uma posição basal na sequência e é sotoposta a então denominada Formação Bambuí. Winge, (op. cit.), redefiniu a estratigrafia da região introduzindo a denominação "Grupo Jaibaras" subdividido em três sub-grupos: superior (conglomerado brechóide); médio (vulcânicas andesíticas); e inferior (arenitos, siltitos e conglomerados). Em seu conceito recente, Mabesoone et alii, (op. cit.), o Grupo Jaibaras inclui uma unidade basal composta de arenitos, siltitos e conglomerados (Formação Trapiá), o maciço granítico do Mucambo, derrames e diques andesíticos e os conglomerados polimíticos da Formação Aprazível. A aplicação deste esquema estratigráfico nos trabalhos de mapeamento ora empreendidos mostrou-se em parte incompatível com os fatos observados, impondo uma redefinição estratigráfica do Grupo Jaibaras, apoiada principalmente em critérios tectônico-estruturais.

A secção basal do Grupo, denominada impropriamente de Formação Trapiá, foi redefinida, compreendendo duas novas Formações, a saber: Massapê e Pacujá.

O posicionamento das intrusões graníticas da área

de Mucambo e da serra Meruoca-Rosário no Grupo Jaibaras, também mostrou-se incoerente com as evidências de campo e laboratório. A ausência de qualquer manifestação de metamorfismo térmico nas extensas áreas de contato da Formação Pacujá com os referidos granitos, indica claramente a condição pré-Jaibaras dos mesmos.

A complexa "suite" de rochas vulcânicas e associadas, características do graben Jaibaras, foi aqui reunida sob a denominação de Formação Parapuí e corresponde ao Grupo Jaibaras médio (vulcânicas andesíticas) de Winge, (op. cit.), e a unidade de andesitos de Danni, (op. cit.).

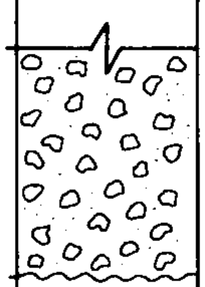
Finalmente, para os conglomerados superiores do Grupo Jaibaras foi conservada a denominação original de Kegel et alii, (op. cit.), de Formação Aprazível, adotando- se porém, a conceituação lito-estratigráfica definida por Cobra, (op. cit.), e que atribui a mesma, posição terminal no Grupo.

A secção composta da figura 10, apresenta a nova estratigrafia do Grupo Jaibaras e suas características litológicas principais.

4.3.3.2 - Área de Ocorrência

As diversas unidades que constituem o Grupo Jaibaras, exibem um condicionamento geotectônico único e bem definido, sempre associadas a estruturas de afundamento. A área

| SEÇÃO COMPOSTA | DATA | ESCALA | FIGURA |
|---|---|---|---|
| | NOVEMBRO/1972 | 1:16 000 | 10 |

| IDADE | GRUPO | FORMAÇÃO | ESPESSURA (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO LITOLOGICA |
|---|---|---|---|---|---|
| CAMBRO — ORDOVICIANO | JAIBARAS | APRAZIVEL | 3050 |  | Ortoconglomerado grosseiro, polimictico, mal classificado, normalmente não estratificado, com blocos sub-angulosos de todos os tipos de rochas pré-Aprazível na área e com diâmetro variável de 1cm a 1m., dominando a faixa de 10-30 cm. A matriz é grosseira, arcoseana, cinza-amarelada, rósea ou cinza-esverdeada. Condicionado a linhas de falhas e estruturas de afundamento. |
| | | PARAPUÍ | 2960 | | Basaltos, andesitos, dacitos, riolitos e brechas, geralmente espilitizados e queratofirizados, além de gabros, diabásios, dácitos, sienitos, dioritos e riolitos porfiriticos. Hidrotermalismo intenso em algumas áreas. |
| | | PACUJÁ | 2600 | | Arenito fino a médio, epi-metamórfico, castanho arroxeado, arcoseano, micáceo, compactado, mal a regularmente selecionado; intercalado com arenito fino, arcoseano, arroxeado, mui micáceo, regularmente selecionado e com estratificação cruzada.<br>Metassiltito mui micáceo, friável, bem laminado, arroxeado, com intercalação de arenito fino, acastanhado, bem laminado, bastante micáceo, com ripple-marks e óxido de ferro recobrindo nodulos de arenito.<br>Arenito fino, epi-metamórfico, micáceo, arcoseano, amarelo-amarronado, com estratificação cruzada em pequenos leitos e películas de óxido de ferro nos estratos cruzados.<br>Arenito epi-metamórfico, fino, micáceo, arroxeado, bem laminado, com intercalações de siltito micáceo e arenito arcoseano com muito óxido de ferro.<br>Arenito epi-metamórfico, médio, arcoseano, com leitos de arenito litico, arroxeado, mal a regularmente selecionado, micáceo, com ocasionais níveis grosseiros.<br>Arenito epi-metamórfico, grã média, estratificado, com intercalações de arenito grosseiro, arcoseano e pouco micáceo.<br>Arenito epi-metamórfico, arroxeado arcoseano, grã média, compactado, bem selecionado, pouco micáceo, com alternância de horizontes finamente acamados e maciços.<br>Metassiltito finamente laminado, castanho escuro, micáceo e matriz argilo-ferruginosa<br>Arenito epi-metamórfico, estratificado, grã fina a média, arroxeado, regularmente selecionado, arcoseano, micáceo, com intercalações de horizontes silto-argilosos, laminados e micáceos.<br>Arenito epi-metamórfico, estratificado, grosseiro, castanho, arcoseano a grauváquico, micáceo, matriz argilo-ferruginosa, friável e com intercalações ocasionais de leitos conglomeráticos.<br>Arenito epi-metamórfico, estratificado, grosseiro, castanho, arcoseano a grauvaquico, micáceo, matriz argilo-ferruginosa, friável e com intercalações de bancos conglomeráticos, estratificados, com matriz silto-argilosa e seixos sub-arredondados de filito e gnaisse. |
| | | MASSAPÊ | 1100 | | Conglomerado epi-metamórfico, regularmente classificado, estratificado, matriz argilo-ferruginosa e seixos sub-arredondados de filito, gnaisse e migmatito; intercalação de bancos areniticos, grã media a grosseira, micáceo.<br>Conglomerado epi-metamórfico, estratificado, regular a bem classificado, matriz argilo-arcoseana castanha e micácea, com seixos de migmatito, gnaisse, filitos e quartzitos ou de filitos, grauvacas, arenitos arcoseanos e calcário margoso cinza-azulado ou róseo, conforme a fonte de suprimento de material para sua formação.<br>Conglomerado epi-metamórfico, brechóide, mal classificado, com seixos angulosos a sub-arredondados, de 2 a 20 cm de diâmetro, de rochas do embasamento cristalino (migmatito, gnaisse, skarn gnaisse, filitos, quartzitos, etc); a matriz é argilo-arcoseana, marrom avermelhada, micácea e com alto grau de diagênese. |
| | | | 0 | | |

de ocorrência mais importante corresponde ao denominado "graben Jaibaras", ampla fossa tectônica, que se estende desde a escarpa da serra de Ibiapaba ao longo do lineamento Sobral-Pedro II até próximo a cidade de Morrinhos. O graben principal admite ramificações para norte, na região de Aprazível, até a serra do Rosário. Outras representações do Grupo Jaibaras, geralmente incompletas, foram mapeadas ao longo da zona de cisalhamento de Jaguarapí.

4.3.3.3 - Formação Massapê - (€Ojm)

a - Definição

Oliveira e Leonardos, (op. cit.), já põem em destaque os conglomerados como elemento característico da sequência Jaibaras. Kegel et alii, (op. cit.), agruparam todos os conglomerados por eles observados nesta área, sob a denominação de Membro Aprazível, unidade basal da então proposta Formação Jaibaras. Mabesoone et alii, (op. cit.), referem-se ao conglomerado aflorante no corte da ferrovia, 1 km a oeste de Massapê, como elemento basal da Formação Trapiá (sensu lato) e sugerem o nome de membro Massapê, para o mesmo.

O mapeamento regional revelou em diversas áreas da bacia a continuidade do conglomerado basal do Grupo Jaibaras, ocupando posição tectônica e estratigráfica bem definida e caracterizado por grande variedade faciológica. Para esta unidade litoestratigráfica, pela primeira vez individualizada em mapas e definida em suas características litológicas,

tectônicas e estratigráficas, propomos a denominação de Formação Massapê. Este nome corresponde a cidade nos arredores da qual foi definida a Formação e aproveita a denominação sugerida por Mabesoone et alii, (op. cit.). A Formação Massapê compreende os conglomerados polimíticos, brechóides, compostos por elementos angulosos oriundos de fonte próxima a área de deposição, cimentados por matriz areno-arcoseana vermelha ou cinza escura, de caráter molassóide. Ocupa claramente a base do Grupo Jaibaras.

b - Área de Ocorrência

Os conglomerados da Formação Massapê tem presença marcante em toda borda ocidental do graben Jaibaras, especialmente na área de Aprazível, a noroeste de Massapê e na região do riacho Cajazeiras, onde alcança espessuras notáveis. Afloramentos típicos são encontrados na altura do km 250 da BR-222. Nos grabens do sistema Jaguarapí não foram observados afloramentos desta unidade estratigráfica.

c - Modo de Ocorrência

Normalmente, a Formação Massapê apresenta-se como uma sucessão de bancos espessos superpostos, exibindo mergulhos da ordem de 20-25° para sul e sudeste, isto é, sempre dirigidos para o eixo principal do graben.

Com exceção da área de Coreaú, onde constitui ocorrência isolada do Grupo Jaibaras, não foi observado em nenhum local o contato inferior desta unidade. Em todos os

casos observam-se nítidos contatos de falha, seja com rochas do embasamento pré-Cambriano, seja com a unidade superior do Grupo Bambuí. A capa da Formação Massapê em todos os casos observados exibe contato normal, por vezes transicional, com os arcóseos e grauvacas da Formação Pacujá que lhe é sobreposta. Nas áreas de Massapê e do Riacho Cajazeiras, são comuns passagens gradacionais de fácies, observando-se interdigitação dos conglomerados da unidade basal com os arenitos e grauvacas da Formação Pacujá.

As espessuras calculadas da Formação Massapê com base em secções medidas são da ordem de 100 metros, na área de Aprazível (figura 11), e 180-200 m no perfil da estrada de ferro, próximo a Massapê (figura 12). No perfil do riacho Cajazeiras (figura 13) esta Formação alcança espessura da ordem de 1.080 metros, possivelmente o valor máximo desta unidade em todo o graben.

d - Características petrográficas

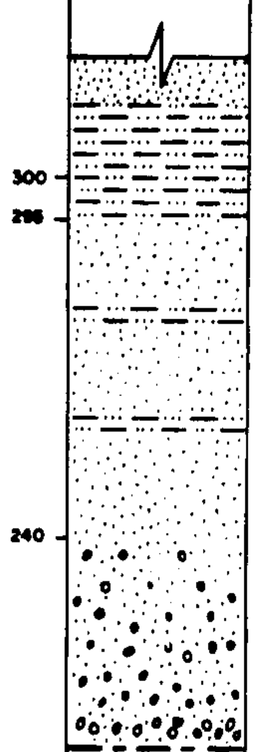
Petrograficamente, a Formação Massapê é constituída de ortoconglomerados polimíticos, Pettijohn, (1957), cuja variação da matriz e dos elementos grosseiros denunciam um estreito condicionamento à fontes locais de suprimento.

Nas ocorrências da área de Aprazível, o conglomerado é formado por blocos angulosos de até 10 cm de dimensão máxima, dominando blocos de 3 - 5 cm, de rochas do Grupo Bambuí, incluindo arenitos arcoseanos micáceos de cor roxo-avermelhada, duros e compactos. Visto como elemento isolado, a

| LOCALIZAÇÃO | FÔLHA | DATA | ESCALA | FIGURA |
|---|---|---|---|---|
| FAZ. APRAZÍVEL | FRECHEIRINHA SA - 24 - Y - C - VI | NOVEMBRO / 1972 | 1:1.500 | 11 |

| IDADE | FORMAÇÃO | AFLORAMENTO | ESPESSURA (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA |
|---|---|---|---|---|---|
| CAMBRO — ORDOVICIANO | PACUJÁ | CL-120 | 290.0 – 260.0 | | Arenito epi-metamórfico, fino, micáceo, arroxeado, bem laminado, com intercalações de siltito micáceo e arenito arcoseano com bastante óxido de ferro. |
| | | | 260.0 – 232.5 | PARTE COBERTA | |
| | | | 232.5 – 217.5 | | Arenito epi-metamórfico fino, micáceo, arroxeado, com leitos de siltito laminado e muito micáceo. |
| | | CL-61 | 217.5 – 195.0 | | Arenito epi-metamórfico médio, arcoseano, com leitos de arenito lítico, arroxeado, mal a regularmente selecionado, micáceo, com ocasionais níveis grosseiros. |
| | | CL-62 | 195.0 – 158.0 | | Arenito epi-metamórfico, grã média, estratificado, com intercalações de arenito grosseiro, arcoseano e pouco micáceo. |
| | | CL-923 | 158.0 – 130.5 | | Arenito epi-metamórfico arroxeado, arcoseano, grã média, compactado, bem selecionado, pouco micáceo, com alternancia de horizontes finamente acamados e maciços. |
| | | | 130.5 – 105.0 | | Arenito epi-metamórfico, estratificado, arcoseano, grã média a grosseira, castanho arroxeado, com horizontes de conglomerado bem classificado, matriz arcosiana e seixos de arenito arcosiano. |
| | MASSAPÊ | CL-924 | 105.0 – 22.5 | | Conglomerado epi-metamórfico, estratificado, bem classificado, matriz argilo-arcoseana castanha e micácea, com seixos de arenito arcoseano e calcário margoso cinza azulado ou rosado. |
| | | | | | Conglomerado epi-metamórfico, maciço, regular classificação, matriz argilo-arcoseana castanha e micácea, formado exclusivamente de seixos de 2 a 5 cm de diametro, sub-arredondados de arenito arcoseano e siltito marron avermelhados, recortados por veios milimétricos de silica. |
| Є | COREAÚ | | 22.5 – 0 | | Siltito e arenito epi-metamórficos, castanhos, estratificados, micáceos e intensamente fraturados. |

| LOCALIZAÇÃO | FÔLHA | DATA | ESCALA | FIGURA |
|---|---|---|---|---|
| MASSAPÊ ( ESTRADA DE FERRO ) | SOBRAL SA-24-Y-D-IV | NOVEMBRO / 1972 | 1:2.000 | 12 |

| IDADE | FORMAÇÃO | AFLORAMENTO | ESPESSURA (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA |
|---|---|---|---|---|---|
| CAMBRO — ORDOVICIANO | PACUJÁ | | 300 – 295 |  | Metassiltito finamente laminado, castanho escuro, micáceo e matriz argilo-ferruginosa. |
| | | | 240 | | Arenito epi-metamórfico, estratificado, grã fina à média, arroxeado, regularmente selecionado, arcoseano, micáceo; com intercalações de horizontes silto-argilosos, finamente laminados, castanho escuro e micáceos. |
| | | | 200 | | Arenito epi-metamórfico, estratificado, grosseiro, castanho, arcoseano, micáceo, matriz argilo-ferruginosa, friável e intercalações ocasionais de leitos conglomeráticos. |
| | MASSAPÊ | CL-1259 | 150 | | Conglomerado epi-metamórfico, regularmente classificado, estratificado, matriz argilo-ferruginosa e seixos sub-arredondados de filito, gnaisse e migmatito; com intercalação de bancos areníticos, grã média a grosseira, micáceo. |
| | | | 100 | | Conglomerado epi-metamórfico, brechóide, mal classificado, com seixos angulosos a sub-arredondados, de 2 a 20 cm de diâmetro, de rochas do embasamento cristalino ( migmatito, gnaisse, skarn-gnaisse, filitos, quartzitos, etc); a matriz é argilo-arcoseana, marrom avermelhada, micácea e com alto grau de diagênese. |
| PRE-Є | | CL-1260 | 25 | | Filitos e xistos com intercalações de calcário cristalino cinza-azulado; brechados e cataclasados. |
| | | | 0 | | |

| LOCALIZAÇÃO | FOLHA | DATA | ESCALA | FIGURA |
|---|---|---|---|---|
| RCH. CAJAZEIRAS | BELA CRUZ SB-24-Y-I | NOVEMBRO /1972 | 1:15000 | 13 |

| IDADE | FORMAÇÃO | AFLORAMENTO | ESPESSURA (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO LITOLOGICA |
|---|---|---|---|---|---|
| CAMBRO — ORDOVICIANO | PACUJÁ | | 2.332.5 – 2.107.5 | | Arenito epi-metamórfico, arcoseano, grã fina, regularmente selecionado, estratificado, compactado, matriz argilosa e micácea; intercalações de arenito arcoseano e/ou grauvaca, grã grosseira, mal selecionado, matriz silto-argilosa, cinza esverdeada e micácea. |
| | | MJ-322 | 1.537.5 | | Metagrauvaca conglomeratica, estratificada, mal selecionada, compactada e matriz argilosa cinza escura; arenito arcoseano fino, roseo à arroxeado, finamente estratificado e micáceo. |
| | | MJ-332 | 978.0 | | Metagrauvaca conglomerática, compacta e densa, cinza esverdeada, mal estratificada, matriz argilosa com ocasional esfoliação esferoidal; intercalações de metaconglomerado, com seixos de 2 cm de diâmetro em media, mal classificado, matriz silto-argilosa e predominância de fragmentos de quartzito e filito. |
| | MASSAPÊ | | 900.0 – 767.5 | PARTE COBERTA | |
| | | MJ-321 | 662.5 | | Conglomerado epi-metamórfico, polimictico, regular classificação, castanho, com seixos subarredondados de filito, quartzito e gnaisse, matriz silto-argilosa, mui endurecido; intercalações de metagrauvaca conglomerática, cinza esverdeada, mal classificada, matriz argilosa com ocasional silicificação. |
| | | MJ-320 | | | Conglomerado epi-metamorfico, brechóide, polimictico, mal classificado, cinza arroxeado, com seixos angulosos a sub-arredondados de quartzito, gnaisse, filitos e xistos; matriz silto-argilosa, micácea e pouco consistente. |
| | | MJ-319 | 0 | | |

matriz lembra típicos "red-beds" de sequências molássicas oxidadas. Na secção do riacho Cajazeiras, (figura 13), na porção norte do graben, o conglomerado caracteriza-se por uma matriz argilo-arenosa, cinza-arroxeada, endurecida, cimentando blocos angulosos, centimétricos, de quartzo, gnaisse, siltito, etc. Intercalam-se níveis lenticulares de arenito conglomerático com matriz argilosa cinza-esverdeada. Nesta área, o caráter transicional e interdigitado do contato entre as formações Massapê e Pacujá por vezes dificulta a marcação exata do mesmo.

e - Tectônica

A área relativamente restrita de afloramentos da Formação Massapê dificulta sobremaneira uma análise detalhada do seu padrão tectônico-estrutural. Constitui sem dúvida esta unidade o assoalho sobre o qual acumulou-se toda a sequência litológica do Grupo Jaibaras, sendo desta forma afetada por toda atividade tectônica subsequênte da bacia. De fato, ao sul de Aprazível, esta unidade apresenta-se seccionada por um complicado sistema de falhas escalonadas, dividindo-a em blocos e exibindo intenso fraturamento. Os mergulhos alcançam valores de até 30°, geralmente para SW e são sempre concordantes com a Formação Pacujá sobrejacente. Na secção norte do graben, a Formação Massapê é tectonicamente mais tranquila, exibindo uma simples relação de concordância com a unidade mais jovem, com mergulhos da ordem de 20° - 30° para SE.

f - Ambiente de Sedimentação

O mapeamento da Formação Massapê e suas características petrográficas evidenciam um estreito condicionamento desta unidade a áreas de relevo jovem, de acentuados desniveis. Distribui-se quase exclusivamente ao longo de linhas de falhas ou ao pé de escarpas quartzíticas.

Ainda que, de limitada extensão aflorante, esta Formação é o testemunho de importante evento no desenvolvimento geotectônico regional. Representa a sedimentação não marinha proximal relacionada a fase póstuma do soerguimento orogenético da miogeosinclinal da Ibiapaba (dobramentos Caririanos) e constitui o início da sedimentação molássica, que se seguiu às últimas fases orogenéticas. Da mesma forma, testemunha uma mudança importante e irreversível na ambiência geotectônica regional, que evolui da fase geosinclinal para uma fase cratônica com o surgimento e desenvolvimento de "rift-valleys" e intensa tectônica quebrável.

O episódio Massapê, inaugura, por assim dizer, o chamado <u>estádio de transição</u> no processo de consolidação da plataforma, Almeida, (1969), na região noroeste do Ceará.

4.3.3.4 - Formação Pacujá - (€Ojp)

a - <u>Definição</u>

Os arenitos, arcóseos e folhelhos vermelho-arroxeados mencionados por Oliveira & Leonardos, (op. cit.), foram incluidos por Kegel et alii, (op. cit.), no Membro Trapiá da

antiga Formação Jaibaras, estratigraficamente sotoposto aos calcários da Formação Bambuí. Recentemente, o membro Trapiá foi alçado a categoria de Formação, Mabesoone et alii, (op. cit.); Danni, (op.cit), e nela foram incluídas todas as fácies areníticas e arcoseanas ocorrentes na área do graben Jaibaras, na região compeendida entre as serras da Meruoca e Ibiapaba.

A interpretação das informações de campo, à luz de critérios tectono-estruturais, revelou a existência de três unidades litoestratigráficas distintas na área anteriormente mapeada como Formação Trapiá, mantendo contudo, a denominação original de Kegel para a unidade ocorrente no vale do riacho Trapiá, sotoposta aos calcários do Grupo Bambuí, como reconheceu aquele autor.

Ocupando a maior parte do graben Jaibaras e estruturas menores semelhantes, foi individualizada uma unidade composta de arenitos arcoseanos micáceos, grauvacas, folhelhos micáceos e leitos conglomeráticos. Predominam cores escuras, roxo-avermelhado, lembrando típicas camadas vermelhas (red beds), e subordinadamente cinza-esverdeado e creme. Esta unidade, que se sobrepõe concordantemente a Formação Massapê, foi confundida com a Formação Trapiá e como tal mapeada pelos diversos geólogos que trabalharam na bacia.

À esta nova unidade estratigráfica, propomos a denominação de Formação Pacujá, referindo-se a cidade de Pacujá, situada na porção meridional do graben Jaibaras, em torno da qual a Formação ora proposta exibe seus perfis mais típicos.

b - Área de Ocorrência

A Formação Pacujá constitui a unidade dominante do graben Jaibaras, mormente na sua porção sul. As melhores exposições desta Formação encontram-se nas planícies que circundam Graça, Pacujá e Ararius. Outros perfis típicos foram observados na área a oeste de Sobral, na estrada Sobral-Massapê e em torno de Massapê. Foi ainda mapeada nos pequenos grabens associados a zona de cisalhamento de Jaguarapí.

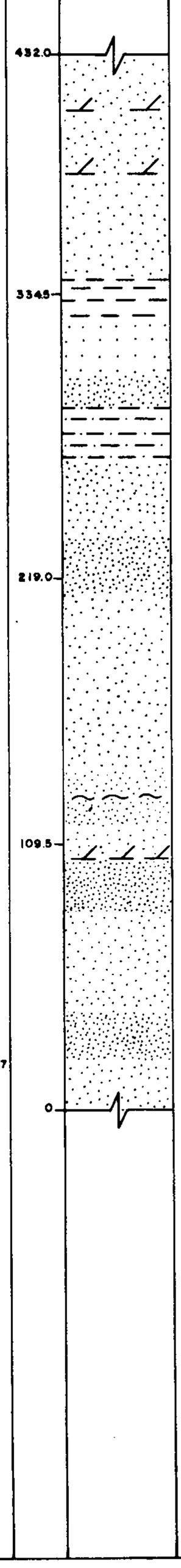
c - Modo de Ocorrência

Ocorre normalmente como uma sucessão de bancos decimétricos bem estratificados (foto 12), de composição variando desde arenito fino micáceo até típicos arcóseos ou grauvacas líticas. A Formação foi afetada por intenso falhamento, dando origem a uma complexa estruturação em blocos basculados com mergulhos da ordem de $20^{\circ}$-$30^{\circ}$ para os quadrantes sudeste ou noroeste, podendo atingir $50^{\circ}$-$60^{\circ}$.

Como pode ser visto nas secções típicas, a Formação Pacujá se sobrepõe concordantemente aos conglomerados da Formação Massapê, observando-se na maioria dos casos uma passagem gradativa e interdigitada. A lapa da Formação Pacujá foi observada apenas nas áreas onde ela recobre a Formação Massapê. Nos demais casos, seus contatos correspondem a falhas limítrofes do graben e a secção basal da Formação não aflora.

Algumas secções medidas (Pacujá, Aprazível, Massapê, Riacho Cajazeiras, figuras 11, 12, 13 e 14), todas incom-

| LOCALIZAÇÃO | FÔLHA | DATA | ESCALA | FIGURA |
|---|---|---|---|---|
| PACUJÁ | FRECHEIRINHA SA-24-Y-C-VI | NOVEMBRO / 1972 | 1:3000 | 14 |

| IDADE | FORMAÇÃO | AFLORAMENTO | ESPESSURA (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA |
|---|---|---|---|---|---|
| CAMBRO - ORDOVICIANO | PACUJÁ | CL-387 | 432.0<br>334.5<br>219.0<br>109.5<br>0 |  | Arenito fino a médio, castanho - arroxeado, arcoseano, micáceo, compactado, mal a regularmente selecionado; intercalado com arenito fino, arcoseano, castanho-arroxeado, mui micáceo, regularmente selecionado, com estratificação cruzada, e película de óxido de ferro nos extratos cruzados.<br><br>Sequência alternada de siltito extremamente micáceo, friável, bem laminado, arroxeado, com intercalação de arenito fino, micáceo, bem laminado, com estratificação paralela, passando a arenito fino, compacto, maciço, menos micáceo.<br><br>Arenito fino, arcoseano, compacto, maciço, micáceo, cinza-arroxeado e amarronado, alternado com arenito fino, acastanhado, bem laminado, bastante micáceo, com ripple-marks e óxido de ferro recobrindo nódulos de arenito.<br><br>Arenito fino, micáceo, arcoseano, amarelo-amarronado, com estratificação cruzada em pequenos leitos.<br><br>Sequência de arenito fino a siltico, arcoseano, regularmente classificado, micáceo, com horizontes de arenito fino a médio, mal selecionado, arcoseano. Os leitos finos e médios se alternam, formando bancos mais consolidados, com intercalações de bancos mais laminados e mais micáceos, constituído quase que exclusivamente pelo arenito fino. |

pletas, indicam claramente a extrema variação da espessura da Formação Pacujá, fato provavelmente relacionado a subsidência diferencial dos diversos blocos do graben. Na área de Pacujá, (figura 14), observamos espessuras de 430 m, não sendo encontrada a capa ou a lapa da Formação. Em Aprazível, foram anotados apenas 185 m da Formação Pacujá e na secção Massapê-Estrada de Ferro, (fig. 12), foram medidos 115 m desta unidade. Na secção do riacho Cajazeiras, (fig. 13), o conjunto Massapê-Pacujá alcança pelo menos 2.360 metros de espessura medida, dos quais 1.275 m correspondem a Formação Pacujá.

A Formação Pacujá, já tectonizada e parcialmente erodida constitui o soalho dos derrames de lavas do vulcanismo Parapuí, que a recobrem discordantemente, da mesma forma que os conglomerados da Formação Aprazível e os arenitos e conglomerados da Formação Serra Grande.

d - Características petrográficas

Petrograficamente, a Formação Pacujá representa uma associação de arenitos líticos e arcoseanos, folhelhos vermelhos micáceos e, subordinadamente, grauvacas e horizontes conglomeráticos. São sedimentos imaturos de cores roxo-avermelhado, castanho e cinza esverdeado, e juntamente com a Formação Massapê, constituem uma típica sequência molássica continental acumulada em fossas tectônicas.

Microscopicamente, estas rochas apresentam textura clástica granular de composição bastante heterogênea, rica em materiais lábeis, incluindo feldspatos parcialmente ca-

ulinizados, biotita e muscovita em pequenas palhetas. São ainda minerais abundantes, além do quartzo, a clorita, sericita, epidoto, leucoxênio e zircão. Os grãos são geralmente angulosos com película de hidróxidos de ferro, que chega formar um cimento, impregnando toda a rocha.

A fácies típica na área de Massapê são os arenitos lito-feldspáticos com feições conglomeráticas, que exibem ao microscópio textura clástica granular e são constituídos por grãos de quartzo e feldspatos, e fragmentos de rocha de tamanho e forma irregular, quase sempre angulosos de dimensão variando entre 1-1,5 mm. Os fragmentos de rochas incluem siltito, quartzito, chert, arenitos, etc.. Na matriz arenosa intersticial são frequentes óxidos de ferro, apatita, titanita, leucoxênio e sericita. Estes sedimentos caracterizam típicas molassas pós-orogênicas e como tal foram interpretados.

As únicas representações de grauvacas na Formação Pacujá foram registradas na área ao norte do Serrote do Madeiro e entre Sapó e Mutambeiras, na margem direita do Rio Acaraú. São rochas escuras com matriz cinza a cinza esverdeado, sem qualquer plano de estratificação e com elementos clásticos milimétricos, caoticamente distribuidos na matriz. Dispõem-se em bancos geralmente espessos e em alguns locais exibem curiosas formas de esfoliação esferoidal.

Ao microscópio, a rocha apresenta textura clástica não selecionada constituída por matriz areno-pelítica, incluindo quartzo, feldspato, sericita, clorita, carbonato e epidoto, onde se distribuem clastos de rochas, plagioclásio,

microclina, muscovita, calcedônia, etc. Não foram observados fragmentos de material vulcânico. Estas rochas aparentemente assumem uma posição basal na Formação Pacujá e estão representadas apenas nas áreas onde o conjunto Massapê-Pacujá atinge suas maiores espessuras.

As representações da Formação Pacuja nos grabens do sistema Jaguarapí, limitam-se aos arenitos lito-feldspáticos com níveis conglomeráticos intercalados. Apenas no vale do riacho Sairí, na rodovia CE-71, afloram folhelhos roxos, micáceos, intercalados a arenitos finos.

e - Tectônica

A Formação Pacujá foi afetada por uma tectônica rígida generalizada, que a seccionou em blocos basculados com mergulhos de ordem de 20°-30° para os quadrantes SE e NW. Na área a oeste de Sobral, o graben Jaibaras sofre um acentuado estreitamento e a Formação Pacujá, comprimida entre o "stock" granítico da Meruoca e o embasamento cristalino mostra-se dobrada em sinclinal com plunge para SW. Este dobramento que aparentemente afeta também a Formação Aprazível é uma estrutura aberrante no contexto tectônico do Grupo Jaibaras e relaciona-se provavelmente a reativações póstumas do lineamento Sobral - Pedro II. Ainda geneticamente relacionado a estes esforços observa-se um intenso fraturamento, que afetou a Formação Pacujá em toda extensão do graben. São fraturas de tensão, sub-verticais, orientadas segundo NE-SW, além de um sistema subordinado segundo NW-SE.

f - Ambiente de Sedimentação

A Formação Pacujá corresponde a continuidade e fase principal do ciclo de sedimentação inaugurado com os conglomerados da Formação Massapê, e suas fácies "camadas vermelhas", arcóseos e conglomerados, constituem uma molassa depositada em grabens, e relacionada ao desmantelamento dos blocos soerguidos ao fim da orogênese Caririana.

Na porção norte do **graben**, a secção basal da Formação, constituída de grauvacas líticas e conglomeráticas de cores cinza-esverdeado e cinza-escuro, registra um episódio aberrante no ciclo de sedimentação Massapê-Pacuja. A ausência de ambiente oxidante, associada as maiores espessuras registradas da Formação Massapê, indicam ser esta área a zona de maior subsidência da estrutura, propiciando localmente a constituição de uma fossa profunda, de ambiente redutor.

Em termos da evolução geotectônica regional o ciclo de sedimentação Massapê-Pacujá representa a primeira fase do estádio de transição, que se seguiu a inversão dos geosinclíneos Brasiliano, Almeida, (op.cit.), representados localmente pela miogeosinclinal da Ibiapaba.

4.3.3.5 - Formação Parapuí - (€Ojpa)

a - Definição

A ocorrência de rochas vulcânicas na região entre Sobral e Aprazível foi citada originalmente por Oliveira e

Leonardos, (op.cit.), e posteriormente reconhecida por todos os geológos que desenvolveram trabalhos nesta área.

Os trabalhos do Projeto Jaibaras revelaram a existência de uma complexa "suite" de rochas vulcânicas, incluindo extensos derrames de lavas, elementos piroclásticos e termos sub-vulcânicos representados por diques e "sills". Petrograficamente, correspondem a basaltos, andesitos, dacitos e rioliitos, geralmente espilitizados e queratofirizados, além de gabros, diabásios, dacitos e riolitos porfiríticos.

Todo este conjunto de rochas vulcânicas foi agrupado em uma unidade lito-estratigráfica, para a qual propomos a denominação de Formação Parapuí. O nome proposto refere-se a vila homônima, situada às margens do Rio Acaraú, próximo a terminação setentrional do graben, em torno da qual ocorre um dos mais representativos exemplos dos derrames de lavas espilíticas tão característicos deste vulcanismo. A Formação Parapuí é constituida por uma grande variedade de tipos petrográficos de origem vulcanica, individualizados no mapa ou não, guardando entre si uma clara relação de consanguineidade.

b - Área de Ocorrência

As rochas vulcânicas da Formação Parapuí têm suas áreas de ocorrências intimamente associadas ao graben Jaibaras e são maiormente limitadas por ele. Na secção setentrional do graben, ocorrem os mais extensos derrames de lavas mapeados, destacando-se os complexos espilíticos do Serrote do

Madeiro e de Parapuí. Na secçaõ sul, observa-se uma maior diversidade de tipos litológicos e os corpos de rochas vulcânicas mapeados assumem formas alongadas, grosseiramente paralelas. Ocorrem preferencialmente ao longo da calha do rio Jaibaras e ao longo do bordo leste da falha Café Ipueiras, e são particularmente frequentes no trecho da bacia compreendida entre a BR-222 e a vila de Arariús. Nesta área, além dos extensos derrames de espilitos, andesitos, dacitos e riolitos, adquirem especial importância os diques e "sills" de rochas sub-vulcânicas.

As rochas da Formação Parapuí estão ainda representadas, na área entre Aprazível e Coreaú e na região da Serra Penanduba e vila Saco, sob forma de diques, cortando as diversas unidades do Grupo Bambuí. Esta Formação não se encontra representada nas áreas de ocorrências do Grupo Jaibaras associadas a zona de cisalhamento de Jaguarapí.

c - Modo de Ocorrência

Na porção norte do graben, entre Massapê e Parapuí, a morfologia das áreas de rochas vulcânicas é dominada pelas elevações do serrote do Madeiro e do serrote do Morro com altitudes da ordem de 330 m. Da área de Massapê para sul, apenas os termos efusivos ácidos constituem destaque topográfico (serrotes Mumbaba, Paissandú, etc). As demais litologias correspondem a áreas de topografia plana ou de pequenas elevações, com desenvolvimento de espesso solo argiloso.

As rochas efusivas da Formação Parapuí ocorrem sempre cobrindo descordantemente as formações inferiores do Grupo Jaibaras, respectivamente, os conglomerados da Formação

Massapê e os arenitos, arcóseos e grauvacas da Formação Pacujá.

As efusivas de caráter básico e intermediário constituem cerca de 70 a 80% dos corpos mapeados e apresentam características de derrames policíclicos. O caráter recorrente do vulcanismo Parapuí é claramente observado no serrote do Madeiro, onde derrames sucessivos são testemunhados por níveis de lava amigdalóide intercalados em bancos maciços de lavas. O serrote do Madeiro parece corresponder ao principal centro emissor de lavas do vulcanismo Parapuí, exibindo espessuras estimadas em pelo menos 350 metros de material vulcânico.

Na região sul da Vila Jaibaras os derrames de lavas intermediárias e ácidas são menos possantes, porém apresentam uma notável diversificação litológica. São pontos de destaque os corpos de lavas riolíticas, por vezes queratofirizadas, podendo atingir 150-200 metros de espessura. Os corpos riolíticos cortam claramente os derrames espilíticos e andesíticos, caracterizando a sua "mise em place" tardia em relação ao vulcanismo basalto-andesítico.

As rochas hipabissais da Formação Parapuí aparecem com destaque na secção mediana da bacia, de Aprazível para sul, na forma de possantes diques e "sills" de gabros ofíticos, uralitizados ou não. A oeste do povoado Arariús, estas intrusivas adquirem forma grosseiramente elíptica, sugerindo uma estruturação do tipo lopolito. Os corpos intrusivos mapeados cortam invariavelmente as Formações Pacujá e Massapê.

O magmatismo Parapuí manifestou-se também fora do graben Jaibaras, preferencialmente na forma de extensos diques de pequena possança, constituindo o denominado "complexo filoniano", seccionando rochas do pré-Cambriano, do Grupo Bambuí e raramente, o "stock" granítico Meruoca-Rosário.

d - Características petrográficas

A caracterização petrográfica das diversas fácies, que compõem a Formação Parapuí, foi feita através do estudo detalhado de 70 lâminas delgadas. Verificamos que a complexa "suite" de rochas vulcânicas desta Formação constituem uma típica "Província Petrográfica", Turner & Verhoogen, (op.cit.), apresentando variações contínuas na sua composição desde o polo mais básico, representado por basaltos e diabásios, até o polo mais ácido, representado por riolitos. Como caráter singular desta província, observa-se uma generalizada espilitização e queratofirização acompanhadas de intensa ação hidrotermal.

A associação petrográfica observada, do tipo Basalto - Andesito - Dacito - Riolito, enquadra o magmatismo desta província na série sub-alcalina (calco-alcalina, sensu lato), classicamente designada de Série Pacífica, Alsac, (1971). Esta tipologia de alto valor metalogenético, especialmente com referência a jazimentos de Cu - Pb - Zn, do tipo vulcanogênico,. era até hoje desconhecida no Brasil ou pelo menos ainda não descrita na literatura geológica brasileira.

d.1 - Nomenclatura das Rochas

As séries magmáticas calco-alcalinas, s.l., que abrigam associação do tipo "espilito-queratófiro", em que pese o seu alto valor metalogenético, são petrograficamente mal definidas.

A terminologia corrente para as rochas eruptivas muitas vezes não satisfazem as necessidades descritivas de uma associação com tipos petrográficos complexos como é o caso, por exemplo, da Formação Parapuí. Este fato, nos levou a adotar neste trabalho a classificação sugerida por Juteau, (1971), para a série espilítica-queratófira dos Vosges, ligeiramente modificada em função de características peculiares à série vulcânica da Formação Parapuí.

A classificação adotada (quadro II) distingue dois grande grupos de rochas vulcânicas, a saber:

a - Rochas albitizadas, do complexo espilito-queratófiro, denominadas "albitofíricas", compostas quase exclusivamente de tipos efusivos.

b - Rochas vulcânicas e sub-vulcânicas "normais", incluindo diabásios, gabros, dacitos, riodacitos, riolitos, quartzo-monzonito e microgranitos. As rochas vulcânicas classificadas " normais", apesar de conservar basicamente sua composição e textura primária, exibem frequentemente fenômenos de uralitização, epidotização, cloritização, carbonatização e sericitização.

No quadro II, apresentamos a correspondência das

fácies vulcânicas normais e das fácies albitofíricas sugeridas por Jung e Brousse (1959), e adotada neste trabalho.

| ROCHAS ERUPTIVAS NORMAIS | ROCHAS ALBITOFÍRICAS |
|---|---|
| Riolitos porfiríticos | Riolitos parcialmente queratofirizados |
| Quartzo-sienitos | |
| Riodacitos porfiríticos | |
| Gabros ofíticos c/ou sem olivina | |
| Dacitos porfiríticos | Espilitos |
| Dacitos normais | (Basaltos e andesitos vitrofíricos albitizados) |
| Andesitos normais | |
| Brechas poligênicas | Brechas e aglomerados espilitizados |
| Brechas monogênicas | |

Quadro II - Classificação adotada para as rochas vulcânicas da Formação Parapuí.

d.2 - Caracterização das fácies petrográficas

d.2.1 - Associação Espilito - Queratófiro

O traço característico da Formação Parapuí, e que a individualiza das demais formações vulcânicas correlativas do Brasil; Grupo Bom Jardim, Ribeiro et alii,(1966); Grupo Castro, Trein e Fuck, (1967); Grupo Itajaí, Almeida, (op. cit.), é o extensivo desenvolvimento de uma associação de lavas do tipo espilito-queratófiro. Elementos desta associação foram originalmente descritos por Kegel et alii, (op.cit.), e recentemente por Mebesoone et alii,(op.cit.).

A "suite" espilito-queratófiro da Formação Parapuí caracteriza-se pela predominância de tipos básicos e intermediários representados por basaltos e andesitos totalmente espilitizados e mineralogicamente definidos pela associação albita - clorita - epidoto - tremolita - actinolita - calcita.

São observados frequentemente tipos transicionais entre basalto - andesito normais/espilito, que conservam relictos de plagioclásio básico do tipo andesina/labradorita inclusos em cristais de albita, denunciando claramente a natureza metassomática da espilitização do vulcanismo Parapuí. Por outro lado, é notória a ausência de clinopiroxênio, particularmente augita, nos espilitos. Este fato é bastante significativo e indica a atuação de processos de alteração tardios, não relacionados a espilitização, Fonteilles, (1968); Battey, (1956).

Outra característica importante evidenciada pelo estudo petrográfico dos espilitos da Formação Parapuí, é a perfeita conservação das texturas de cristalização magmática principalmente no que diz respeito aos feldspatos, que não exibem efeitos de corrosão ou crescimento dos elementos originais. Tal fato, indicativo da substituição Ca/Na molécula a molécula, nos plagioclásios, sem variação de volume, Gilluly, (1935), é uma das características típicas de certas associações espilíticas, e está bem representada na foto 13.

Os termos ácidos da "suite"espilito-queratófiro da Bacia Jaibaras são pouco desenvolvidos e aparentemente o pro

cesso de sodificação dos dacitos e riolitos não se completou.

Petrograficamente, o processo de queratofirização das efusivas ácidas manifesta-se na albitização parcial dos feldspatos alcalinos de alguns riolitos, caracterizados mineralogicamente pela associação ortoclásio-sanidina- albita-epidoto. Estes tipos petrográficos figuram na classificação adotada como "riolitos parcialmente queratofirizados".

Descrevemos a seguir alguns tipos petrográficos característicos da associação espilito-queratófiro e que correspondem a fácies albitofírica na classificação adotada, oriundos de afloramentos típicos da Formação Parapuí.

a) - Espilito amigdalóide

Nos afloramentos apresenta-se como rocha afanítica, marrom-acinzentada, escura, destacando-se ripas de plagioclásio na forma de pontuações brancas e amigdalas, com até 0,6 cm, preenchidas por material verde pistache ou branco. Fraturas preenchidas por calcita, epidoto e material argiloso. Algumas fraturas mostram indícios de mineralização cuprífera com calcopirita-malaquita-azurita. A pirita está sempre presente, disseminada na rocha.

Microscopicamente, a rocha exibe textura hialofítica ou hialopilítica com fenocristais ripiformes de plagioclásio albitizado (9%An)imersos em uma mesostase desvitrificada. Amigdalas abundantes são encontradas ocupadas por clorita, epidoto-calcita, epidoto-quartzo, quartzo puro, prenhita- cal

cita. A composição mineralógica inclui, além da albita, geralmente impregnada de óxido de ferro, clorita, epidoto,calcita, sílica criptocristalina, quartzo, leucoxênio e prenhita.

b) - Olivina basalto espilitizado
(Espilito microlítico)

No afloramento apresenta-se como rocha extrusiva caracterizada por uma matriz afanítica preta, com pequenos pórfiros ripiformes de feldspato rosa-ferrugem. Associam-se blocos de sílica cripto-cristalina e amorfa, e intenso fraturamento. Ao microscópio, destacam-se microlitos de plagioclásio sódico (5% - An) fartamente distribuídos e fenocristais automórficos de composição sódica-oligoclásio sódico(20% An), em arranjos sem orientação especial, lembrando textura ofítica em vários locais da lâmina. Ocorre ainda, serpentina e hidróxido de ferro, segundo pseudomorfos de olivina(foto 14).

c) - Hialobasalto espilitizado (Espilito)

Rocha típica dos grandes derrames da porção norte do graben, na área de Parapuí e do Serrote do Madeiro. Nos afloramentos apresentam-se como rochas verde-escuras, textura afanítica onde, em alguns casos, se distinguem pequenas pontuações brancas ou rosa, ripiformes. Constituem geralmente bancos maciços, porém frequentemente exibem estrutura amigdalóide com os vacuolos preenchidos por materiais diversos (epidoto, clorita, calcita, quartzo, etc).

Ao microscópio, exibem geralmente típica textura

hialofilítica e mais raramente textura microlítica. A composição mineralógica é relativamente monótona e corresponde a associação característica dos espilitos, isto é, albita, em microlitos e cristais ripiformes dispersos na matriz desvitrificada, epidoto (zoisita-pistacita), clorita, tremolita-actinolita, leucoxênio e sílica cripto-cristalina. Preenchendo as amígdalas são encontrados epidoto, clorita e sílica criptocristalina (fotos 15 e 16).

d) - Riolito parcialmente queratofirizado

Ocorre na forma de derrames ao longo da falha Café Ipueiras e na fazenda Paissandú, cortando e por vezes recobrindo derrames espilíticos. No afloramento apresenta textura porfirítica com pequenos pórfiros de feldspato e quartzo dispersos numa matriz afanítica cinza-rosado.

Ao microscópio, tem-se textura porfirítica, com uma matriz microcristalina, silicosa, constituida de calcedonia e micro-grãos de quartzo. Destacam-se da matriz pórfiros de quartzo e ortoclásio automorfos, estes em parte albitizados e micropertitizados. Destacam-se ainda, carbonatos em massas irregulares ou segundo pseudomorfos de ortoclásio (foto 17) e epidoto em pequenos agregados alongados ou sub-radiais.

d.2.2 - Rochas Eruptivas Normais

As rochas da Formação Parapuí não afetadas pelo processo de espilitização, denominadas "normais" na classificação adotada, incluem termos efusivos e principalmente ro

chas filonianas. As efusivas são representadas por andesitos, dacitos e riolitos. Estas lavas foram intensamente afetadas por processos de alteração hidrotermal, resultando em rochas totalmente sericitizadas e cloritizadas. Correspondem aos hidrotermalitos mencionados por Delfour, (1967); e Anderson, (1969), de especial importância do ponto de vista metalogenético. Observa-se um aparente zoneamento nestas manifestações hidrotermais. Algumas amostras típicas de efusivas não espilitizadas são descritas a seguir:

a) - Andesito: Derrames na região de Arariús. No afloramento apresenta-se com granulação fina, homogênea e de coloração cinza a róseo. Ao microscópio, exibe textura hipidiomórfica granular, lembrando em certos locais textura ofítica. Acha-se constituida por ripas de Andesina (An 36%), parcialmente argilizadas, sericitizadas e contaminadas por hidróxido de ferro. O máfico é o anfibólio (hornblenda) cloritizado , com formação de opacos e agregados fibrosos, bordejando as secções prismáticas. Ocorre ainda a penina individualizada em cristais fibro-radiais, e apatita.

b) - Dacito amigdalóide epidotizado -(Hidrotermalito) - Afloramento na área fazenda Nova/fazenda Campina, próximo as ocorrências de mineralização cuprífera.

No afloramento exibe coloração verde epidoto, com estrutura vacuolar, podendo as amigdalas apresentar-se vazias ou preenchidas por material carbonático. Algumas fraturas estão preenchidas por epidoto e carbonato. Ao microscópio, observa-se uma mesóstase (70-90% da rocha) de composição pistací

tica impregnada de hidróxido de ferro, contendo formas vestigiais microlíticas também totalmente substituidas para epidoto. Ocorre ainda, indivíduos ripiformes (1,5 - 2,5 mm de comprimento) com formas semelhantes a plagioclásio, substituídos totalmente para agregados prismáticos de epidoto. Em alguns casos subsistem restos de plagioclásio intercrescido com quartzo, que não sofreram substituição.

c) - Riolito pórfiro: Derrames ácidos ao longo da falha Café Ipueiras. Nos afloramentos apresentam-se com coloração rosa escuro, textura porfirítica, destacando-se fenocristais de quartzo e feldspato em uma matriz afanítica. Ao microscópio, destaca-se uma mesóstase desvitrificada, resultando um material argiláceo com impregnação de limonita e opacos. Dispersos na massa observam-se fenocristais de quartzo e feldspatos (foto 18). O quartzo ocorre em fenocristais automórficos (0,29 - 1,40 mm) mostrando corrosão nas bordas, além de raros cristais xenomórficos. A sanidina em fenocristais automórficos (1,1 - 3,7 mm), em geral argilizados, possui em alguns casos linhas de geminação, 2V pequeno e sinal ótico negativo.

### d.2.3 - Complexo Filoniano

Como elemento complementar da Formação Parapuí temos um cortejo de rochas subvulcânicas e hipabissais, que constituem o denominado "Complexo Filoniano". Petrograficamente, caracterizam-se por uma grande variedade de tipos litológicos, seja no aspecto textural seja no seu quimismo.

Na porção central do graben Jaibaras, entre Aprazível e Arariús, ocorrem com maior frequência os termos básicos desta associação, representados por diques e "sills" com até 600 m de espessura aflorante, constituidos de diabásios uralitizados e cloritizados e olivina-gabros ofíticos uralitizados. Na área da fazenda Urubú e a sudoeste da fazenda Campina, estas rochas abrigam mineralização cuprífera, que se manifesta na forma de calcopirita disseminada preferencialmente em zonas brechadas, e discreta impregnação de malaquita em blocos rolados dispersos no solo.

O complexo filoniano da Formação Parapuí inclui ainda diques de composição dacítica-riolítica com área típica de ocorrência na região do povoado Aroeiras e na serra da Penanduba, cortando sedimentos epimetamórficos do Grupo Bambuí.

São descritas a seguir algumas amostras representativas de afloramentos típicos do complexo filoniano da Formação Parapuí.

a) - Diabásio cloritizado e uralitizado

Nos afloramentos da região de Arariús, apresentam-se com rocha de cor cinza escura, granulação média, faneríta, isotrópica.

Ao microscópio, exibem típica textura ofítica com ripas de plagioclásio (2,5 mm de comprimento) zonados com teor de anortita variável e com franjas e cristais intersticiais tardios de K-feldspato do tipo anortoclásio (2V-30º),

além de quartzo, que exibe localmente intercrescimento gráfico com o K-feldspato. O plagioclásio (oligoclásio-andesina) foi quase totalmente substituido (saussurita, hidromica, argila). Os ferromagnesianos, que constituem cerca de 1/3 do volume da rocha são representados por piroxênios substituidos diferencialmente por actinolita verde a azulada, hornblenda marrom, biotita verde, clorita, epidoto e opacos pretos. O conjunto de alterações dos plagioclásios e piroxênios destas rochas caracteriza um típico autometamorfismo por soluções residuais de grande valor metalogenético.

b) - Olivina gabro ofítico

Corpos intrusivos no Grupo Bambuí, Nos afloramentos apresentam-se como rocha de granulação grosseira, cor cinza-esverdeada, constituida de minerais máficos e feldspato em ripas alongadas.

Na lâmina delgada apresentam texturas sub-ofítica e hipidiomórfica granular formada por cristais sub-automórficos de labradorita (An 52%), argilisados, sericitizados, geminados segundo a lei da albita e albita-carlsbad. As ripas de plagioclásio tem seus interstícios ocupados por cristais de piroxênio rômbico e/ou monoclínico parcialmente uralitizados. Destacam-se ainda cristais de olivina em parte serpentinizados e em alguns casos, rara nefelina. Os minerais de alteração mais frequentes são tremolita-actinolita, serpentina, epidoto, clorita e sericita.

c) - Riolito - (Quartzopórfiro)

Vários diques de composição riolítica foram amostrados e estudados na região da serra da Penanduba, na estrada Aprazível-Coreaú e entre o povoado Aroeiras e a serra do Rosário.

Nos afloramentos são rochas leucocráticas, com tonalidades cinza e rósea, formada por matriz afanítica, que engloba pórfiros tabulares de feldspato róseo e grãos de quartzo incolor. Ao microscópio, predomina textura porfirítica, evoluindo em alguns casos para textura gráfica (granófiros). Mineralogicamente, são constituidos por quartzo e feldspato alcalino, em uma matriz microfelsítica que engloba pórfiros destes mesmos minerais, além de agulhas de opacos. Microclina pertítica é o pórfiro dominante, apresentando alteração para sericita e carbonato.

## e - Petroquímica

### e.1 - Generalidades

Abordamos aqui as características petroquímicas das rochas da Formação Parapuí, visando os seguintes objetivos:

1 - Definir o interrelacionamento genético das diversas fácies petrográficas reunidas na Formação Parapuí.

2 - Definir e caracterizar as séries magmáticas presentes no vulcanismo Parapuí.

3 - Com base nas conclusões petroquímicas e petrográficas, avaliar a vocação metalogenética desta província vulcânica.

Como elementos informativos, dispomos de 47 análises químicas de rochas em amostras petrograficamente estudadas e classificadas, cujos resultados analíticos com os respectivos parâmetros de Niggli estão figurados nas tabelas III, IV, V e VI.

e.2 - Conceito e Terminologia

Consideradas do ponto de vista da petrologia clássica as séries magmáticas compreendem os três grupos definidos por Harker e Becke in Barth, (1967) e denominadas:

Série Potássica ou Mediterrânea

Série Alcalina ou Atlântica

Série Calco-Alcalina (sensu latu), Sub-Alcalina ou Pacífica.

As duas últimas distinguem-se petrograficamente pela natureza dos produtos diferenciados, com a associação traquibasalto; andesito a andesina e traquiandesito;traquito; riolito e granitos a piroxênio ou anfibólio alcalino, no primeiro caso; e andesitos, dacitos e riolitos no segundo. Ainda com referência as duas últimas, observa-se na literatura, Tilley, (1950); Brousse, (1968); Kuno, (1968), etc., uma terminologia assás diversificada, oriunda de critérios diferentes para classificação de fenômenos semelhantes.

# TABELA - III

| AMOSTRA | MJ 243 | CL 102 | CL 134 | MJ 243 | MJ 237-B | CL 252 | CL 1331 | CL 1334 | CL 446 | CL 1332 | CL 409 | MJ 484 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 47.80 | 49.10 | 44.50 | 50.50 | 47.60 | 46.50 | 55.00 | 54.30 | 68.00 | 49.70 | 48.00 | 58.40 |
| $Al_2O_3$ | 14.70 | 12.90 | 14.64 | 19.84 | 14.50 | 9.90 | 13.55 | 14.87 | 12.50 | 13.69 | 17.47 | 13.50 |
| $Fe_2O_3$ | 1.00 | 0.90 | 2.28 | 2.46 | 1.00 | 1.40 | 5.12 | 8.20 | 6.10 | 11.68 | 13.10 | 5.60 |
| FeO | 11.00 | 10.90 | 16.28 | 7.92 | 6.10 | 10.40 | 5.04 | 2.45 | 2.20 | 1.88 | 0.28 | 8.40 |
| MnO | 0.30 | 0.60 | 0.24 | 0.18 | 0.60 | 0.40 | 0.06 | 0.17 | 0.60 | 0.07 | 0.08 | 0.20 |
| MgO | 4.70 | 5.80 | 12.00 | 5.19 | 2.70 | 3.40 | 2.42 | 2.97 | 0.20 | 2.17 | 2.25 | 5.80 |
| CaO | 6.90 | 7.30 | 2.66 | 3.64 | 8.80 | 7.80 | 6.05 | 3.78 | 0.30 | 6.96 | 2.00 | 6.50 |
| $Na_2O$ | 4.00 | 3.00 | 2.16 | 3.12 | 5.00 | 3.40 | 4.02 | 4.00 | 3.00 | 4.01 | 5.74 | 3.80 |
| $K_2O$ | 2.90 | 1.40 | 1.03 | 1.35 | 1.50 | 2.00 | 0.86 | 3.16 | 6.60 | 3.00 | 2.56 | 1.10 |
| $TiO_2$ | 1.30 | 1.70 | 1.56 | 1.30 | 1.40 | 0.60 | 1.70 | 1.65 | 0.30 | 1.55 | 2.10 | 1.40 |
| $P_2O_5$ | 0.54 | 0.55 | 1.03 | 0.59 | 0.61 | 0.88 | 1.14 | 1.06 | 0.06 | 1.08 | 1.77 | 0.53 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| al | 22 | 20 | 18 | 52 | 25 | 17 | 26 | 28 | 34 | 23 | 31 | 20 |
| fm | 44 | 50 | 70 | 14 | 30 | 45 | 38 | 40 | 33 | 39 | 141 | 51 |
| c | 19 | 20 | 6 | 17 | 28 | 25 | 21 | 13 | 1 | 21 | 6 | 18 |
| alk | 15 | 10 | 6 | 17 | 17 | 13 | 15 | 19 | 32 | 17 | 22 | 11 |
| si | 124 | 129 | 94 | 225 | 140 | 137 | 180 | 173 | 310 | 142 | 145 | 148 |
| mg | 0.41 | 0.45 | 0.53 | 0.25 | 0.38 | 0.33 | 0.30 | 0.34 | 0.04 | 0.23 | 0.24 | 0.43 |
| k | 0.32 | 0.23 | 0.23 | 0.21 | 0.16 | 0.27 | 0.12 | 0.34 | 0.59 | 2.93 | 0.22 | 0.16 |
| qz | -36 | -11 | -30 | +57 | -28 | -15 | +20 | -3 | +82 | -26 | -43 | +4 |
| | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| MJ-243 | GABRO OFÍTICO EPI-METAMÓRFICO |
| CL-102 | OLIVINA GABRO OFÍTICO |
| CL-134 | MICROGABRO OLIVÍNICO NORMAL COM NEFELINA |
| MJ-243 | GABRO OFÍTICO EPI-METAMÓRFICO |
| MJ-237-B | GABRO OFÍTICO EPI-METAMÓRFICO (URALITIZADO) |
| CL-252 | QUARTZO DIORITO CLORITIZADO, URALITIZADO |
| CL-1331 | ESPILITO |
| CL-1334 | ESPILITO |
| CL-446 | ANDESITO AMIGDALÓIDE |
| CL-1332 | BASALTO MICROLÍTICO-ESPILITO |
| CL-409 | BASALTO OLIVÍNICO ESPILITIZADO |
| MJ-484 | ESPILITO |

# TABELA-IV

| AMOSTRA | CL 22 | CL 16-A | CL 441 | CL 68-B | CL 44 | CL 131-A | CL 445 | MJ 420 | MJ 296 | CL 1316 | CL 065-A | CL 917 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 47.80 | 56.20 | 50.80 | 48.50 | 47.40 | 39.80 | 60.90 | 53.10 | 42.00 | 47.50 | 46.30 | 47.50 |
| $Al_2O_3$ | 14.00 | 12.70 | 14.30 | 13.80 | 12.90 | 7.80 | 13.50 | 12.70 | 13.50 | 15.82 | 17.70 | 14.30 |
| $Fe_2O_3$ | 11.30 | 14.10 | 5.90 | 9.30 | 6.60 | 7.40 | 5.70 | 9.10 | 6.10 | 13.63 | 7.70 | 9.70 |
| FeO | 2.40 | 1.50 | 7.00 | 4.20 | 7.50 | 3.20 | 3.40 | 4.50 | 7.40 | 1.86 | 7.20 | 5.90 |
| MnO | 0.70 | 0.30 | 0.40 | 0.40 | 0.50 | 0.70 | 0.40 | 0.40 | 0.30 | 0.17 | 0.40 | 0.33 |
| MgO | 1.90 | 0.60 | 4.70 | 5.30 | 5.00 | 3.70 | 1.60 | 3.60 | 4.90 | 2.36 | 4.80 | 4.20 |
| CaO | 6.50 | 3.40 | 8.10 | 3.10 | 6.60 | 15.50 | 3.50 | 4.80 | 6.20 | 6.79 | 5.50 | 5.20 |
| $Na_2O$ | 4.90 | 6.70 | 4.00 | 4.90 | 5.10 | 3.50 | 3.60 | 3.80 | 4.00 | 3.75 | 4.40 | 4.40 |
| $K_2O$ | 1.90 | 0.70 | 0.50 | 1.90 | 0.70 | 1.40 | 2.60 | 0.80 | 2.90 | 1.02 | 0.70 | 1.70 |
| $TiO_2$ | 2.40 | 1.80 | 1.80 | 2.00 | 2.20 | 1.30 | 0.60 | 2.20 | 1.90 | 1.95 | 2.20 | 3.00 |
| $P_2O_5$ | 0.96 | 1.05 | 0.72 | 0.57 | 0.82 | 0.54 | 0.15 | 0.75 | 0.70 | 1.77 | 0.89 | 0.70 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| al | 23 | 29 | 22 | 22 | 19 | 11 | 30 | 20 | 21 | 26 | 26 | 22 |
| fm | 40 | 30 | 45 | 52 | 49 | 36 | 37 | 49 | 47 | 42 | 48 | 50 |
| c | 20 | 14 | 22 | 9 | 18 | 42 | 14 | 16 | 17 | 20 | 14 | 14 |
| alk | 17 | 27 | 11 | 17 | 14 | 11 | 19 | 13 | 15 | 12 | 12 | 14 |
| si | 136 | 218 | 131 | 134 | 121 | 100 | 228 | 161 | 109 | 131 | 115 | 125 |
| mg | 0.20 | 0.11 | 0.39 | 0.42 | 0.39 | 0.38 | 0.24 | 0.33 | 0.40 | 0.22 | 0.37 | 0.33 |
| k | 0.20 | 0.06 | 0.07 | 0.20 | 0.07 | 0.21 | 0.32 | 0.11 | 0.32 | 0.15 | 0.08 | 0.20 |
| qz | -32 | +10 | -13 | -34 | -35 | -44 | +52 | +9 | -51 | -17 | -33 | -31 |
| | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| CL - 22 | BASALTO PORFIRÍTICO ESPILITIZADO-ESPILITO |
| CL - 16-A | ESPILITO |
| CL - 441 | BASALTO AMIGDALÓIDE ESPILITIZADO-ESPILITO |
| CL-68-B | BASALTO OFÍTICO AMIGDALÓIDE ESPILITIZADO-ESPILITO |
| CL - 44 | BASALTO PORFIRÍTICO AMIGDALÓIDE - ESPILITO |
| CL-131-A | BASALTO HIALOPILÍTICO AMIGDALÓIDE - ESPILITO |
| CL-445 | HIALOBASALTO - ESPILITO |
| MJ-420 | BASALTO HIALO-OFÍTICO-ESPILITO |
| MJ-296 | BASALTO HIALO-OFÍTICO AMIGDALÓIDE-ESPILITO |
| CL-1316 | HIALOBASALTO ESPILITIZADO-ESPILITO |
| CL-065-A | HIALOBASALTO AMIGDALÓIDE - ESPILITO |
| CL-917 | BASALTO ESPILITIZADO - ESPILITIZADO |

# TABELA - V

| AMOSTRA | CL 115 | CL 118 | CL 801 | CL 233 | CL 119 | CL 1219-B | CL 1330 | CL 1219-A | CL 317 | CL 355 | CL 356 | CL 267 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 42.90 | 51.30 | 48.30 | 47.30 | 56.50 | 61.70 | 54.00 | 68.00 | 50.70 | 70.20 | 51.40 | 63.20 |
| $Al_2O_3$ | 13.15 | 17.47 | 14.50 | 13.40 | 17.47 | 13.93 | 13.60 | 9.92 | 13.50 | 11.20 | 13.40 | 12.50 |
| $Fe_2O_3$ | 7.90 | 3.94 | 2.3 | 2.10 | 8.40 | 4.22 | 9.91 | 3.41 | 3.00 | 2.70 | 2.10 | 1.70 |
| FeO | 8.20 | 8.36 | 8.7 | 11.10 | 3.60 | 3.60 | 0.86 | 2.44 | 10.40 | 2.30 | 9.10 | 6.70 |
| MnO | 0.80 | 0.18 | 0.33 | 0.40 | 0.16 | 0.18 | 0.13 | 0.19 | 0.40 | 0.30 | 0.30 | 0.40 |
| MgO | 4.70 | 3.32 | 6.00 | 6.30 | 2.72 | 1.74 | 0.43 | 1.41 | 2.80 | 0.50 | 3.60 | 0.90 |
| CaO | 5.50 | 2.73 | 10.10 | 7.60 | 1.96 | 2.87 | 15.40 | 4.34 | 6.00 | 0.90 | 6.20 | 2.40 |
| $Na_2O$ | 3.60 | 3.34 | 3.10 | 3.30 | 4.02 | 4.50 | 0.16 | 4.46 | 2.30 | 4.90 | 2.10 | 3.10 |
| $K_2O$ | 1.90 | 2.44 | 0.90 | 1.60 | 0.15 | 3.16 | 0.10 | 0.09 | 2.90 | 3.00 | 3.00 | 3.40 |
| $TiO_2$ | 2.40 | 1.30 | 1.60 | 2.20 | 1.80 | 1.23 | 2.23 | 1.62 | 2.60 | 0.20 | 1.70 | 0.40 |
| P O | 1.66 | 1.87 | 0.16 | 0.48 | 1.41 | 0.57 | 1.89 | 1.60 | 1.15 | 0.05 | 0.55 | 0.16 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| al | 20 | 31 | 19 | 19 | 35 | 31 | 24 | 27 | 23 | 34 | 24 | 31 |
| fm | 53 | 46 | 45 | 50 | 45 | 33 | 26 | 32 | 46 | 26 | 44 | 36 |
| c | 15 | 9 | 27 | 20 | 7 | 12 | 49 | 21 | 19 | 5 | 20 | 11 |
| alk | 12 | 14 | 9 | 11 | 13 | 24 | 1 | 20 | 12 | 35 | 12 | 22 |
| si | 111 | 155 | 118 | 116 | 190 | 233 | 161 | 314 | 150 | 368 | 155 | 266 |
| mg | 0.34 | 0.33 | 0.49 | 0.46 | 0.303 | 0.29 | 0.07 | 0.30 | 0.27 | 0.14 | 0.36 | 0.15 |
| k | 0.25 | 0.32 | 0.15 | 0.24 | 0.001 | 0.31 | 0.33 | 0.001 | 0.45 | 0.28 | 0.48 | 0.41 |
| qz | -37 | -1 | -18 | -28 | +38 | +37 | +57 | +134 | +2 | 128 | +7 | +78 |
| | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| CL-115 | DIABÁSIO ALTERADO |
| CL-118 | DIABÁSIO ESPELITIZADO |
| CL-801 | DIABÁSIO |
| CL-233 | DIABÁSIO URALITIZADO |
| CL-119 | ANDESITO NORMAL |
| CL-1219-B | DACITO NORMAL-ALTERADO |
| CL-1330 | DACITO NORMAL-EPIDOTIZADO |
| CL-1219-A | DACITO NORMAL |
| CL-317 | DACITO-QUARTZOPORFIRO |
| CL-355 | DACITO PORFIRO |
| CL-356 | DACITO PORFIRÍTICO |
| CL-267 | DACITO GRANOFÍRICO |

Em nossos trabalhos adotamos a classificação sugerida por Kuno, (op.cit.), baseada na evolução do quimismo das rochas no curso dos processos de diferenciação e em associações minerais tipomórficas, parcialmente modificada, Fonteilles, (1967); Alsac, (op.cit.). A classificação original de Kuno compreende três séries magmáticas fundamentais e uma quarta subordinada, a saber:

- Série alcalina
- Série toleítica ou pigeonítica
- Série hiperaluminosa (high alumina)
- Série calco-alcalina (sensu stricto) ou hiperstênica.

Das duas séries fundamentais aqui consideradas, alcalina e toleítica, tratando-se de vulcanismo tardi-orogenético, pode derivar por processos de contaminação siálica, a série calco-alcalina sensu stricto, ou hiperstênica, raramente, no caso de séries alcalinas e frequentemente no caso de séries toleíticas, Alsac, (op.cit.). Com referência a classificação original de Harker e Becke anteriormente citada, o esquema aqui adotado apresenta a seguinte correspondência:

| HARKER E BECKE | KUNO |
|---|---|
| Série Alcalina (Atlântica) | Série Alcalina |
| Série calco-alcalina s.l. ou sub-alcalina (Pacífica) | Série Toleítica ou pigeonítica<br>Série calco-alcalina s.s ou Hiperstênica |

A diferenciação entre as séries toleítica e a série calco-alcalina s.s. obedece a critérios mineralógicos e químicos; Tilley, (op.cit.); Kuno, (op.cit.). Do ponto de vita mineralógico os piroxênios são elementos distintivos: a pigeonita e a augita sub-cálcica caracterizam a série toleítica e o hiperstênio e a augita normal caracterizam a série sub-alcalina. Do ponto de vista químico a série toleítica caracteriza-se por um enriquecimento em ferro nos primeiros estágios da diferenciação (Fenner Trend) e os tipos petrográficos dominantes são basaltos ferríferos com andesitos e dacitos subordinados. Por outro lado, na série calco-alcalina s.s. o enriquecimento em ferro é ausente ou mal definido e a diferenciação processa-se com forte enriquecimento em alcalis (BOWEN TREND). Os tipos extrusivos dominantes são os andesitos e subordinadamente dacitos e riolitos.

A metalogenia clássica enfatiza sobremaneira a vocação metalogenética das séries magmáticas orogênicas ou imediatamente pós-orogênicas de afinidade calco-alcalina, s.l. e com andesitos abundantes, Routhier, (op.cit.). Fonteilles, (op.cit.), com base principalmente em trabalhos de T. Watanabe e H. Kuno demonstrou a associação preferencial do vulcanismo metalogenético pós-orogênico com a série calco-alcalina s. s. ou hiperstênica. Dentro desta linha de raciocínio, procuramos identificar os tipos de lavas presentes na Formação Parapuí a fim de avaliar com base em critérios petrogenéticos a vocação metalogenética da província. No caso de lavas normais, sem alteração de origem metassomática ou hidrotermal, a identificação das séries magmáticas é tarefa relativamente simples graças ao grande número de diagramas de variação e de parâmetros

químicos específicos existentes na literatura.

No caso do vulcanismo Parapuí, onde verificou-se uma espilitização e uma alteração hidrotermal generalizada, modificando substancialmente os caracteres químicos e mineralógicos primários das rochas, a utilização daquelas técnicas mostrou-se quase sempre inadequada.

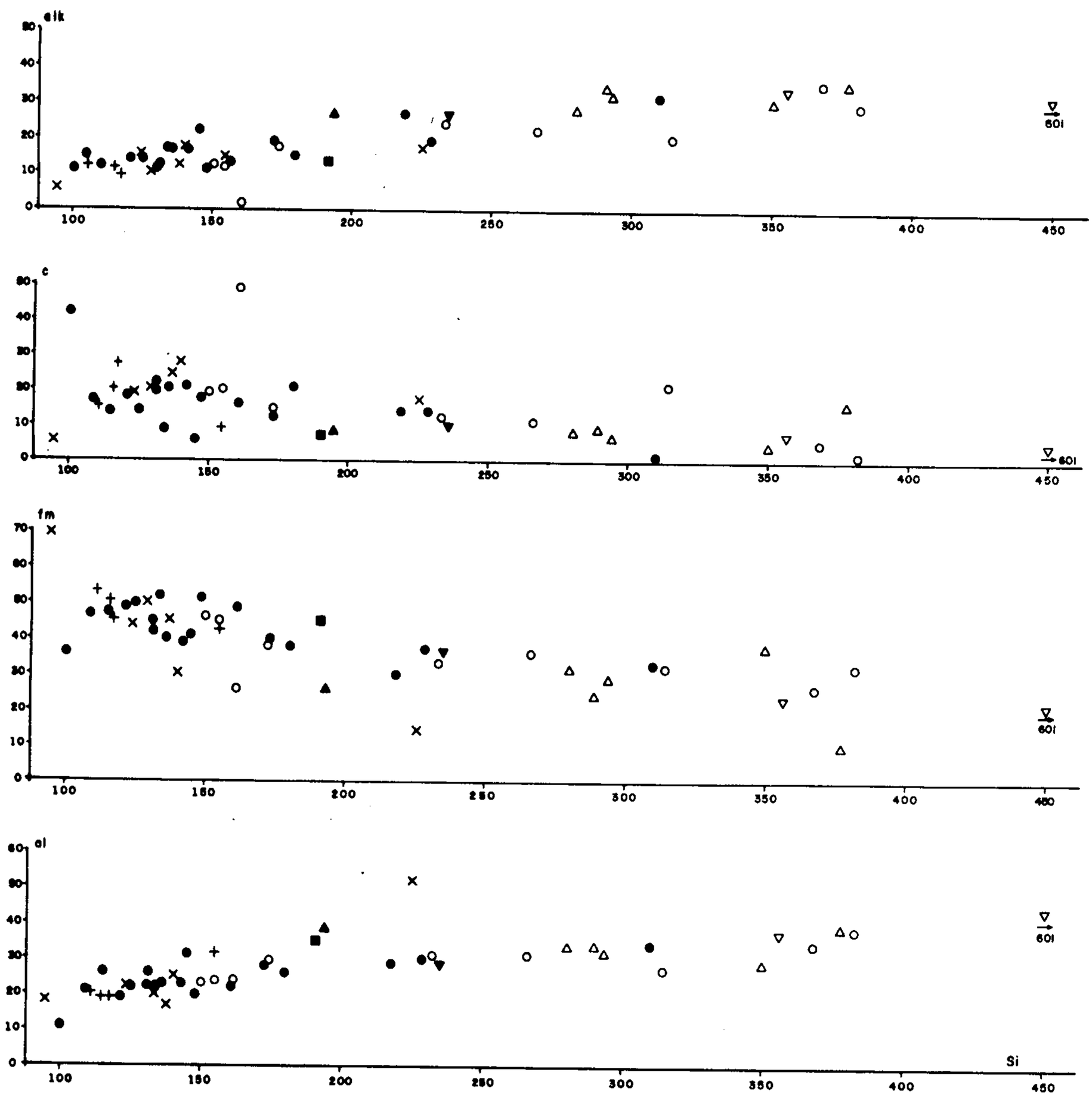
Para o estudo deste tipo de rochas, Fonteilles, (op. cit.), sugere o uso de diagramas de variação com os constituintes ditos inertes ou invariantes durante o processo de espilitização, isto é, silica, alumínio e ferro e com certas reservas, magnésio. Com a aplicação da técnica sugerida por Fonteilles associada a outros tipos de diagramas, logramos identificar os "trends" mais importantes do ponto de vista petroquímico na associação vulcânica da Formação Parapuí.

e.3 - Caracterização Petroquímica

a - Parâmetros de Niggli

Os parâmetros de Niggli calculados para todas as amostras analisadas foram plotados em diagramas com os valores de al, fm, c e alk nas ordenadas e si nas respectivas abcissas (fig. 15). O exame dos diagramas nos conduz as seguintes deduções:

1 - Os valores de si mostram-se extremamente dispersivos, variando entre 94 e 382. A existência de uma fase hidrotermal silicosa é evidenciada pelos valores de si $>$ 200, apre -




● Espilito

+ Diabásio uralitizado

× Gabro - ofítico

■ Andesito normal

○ Decito normal

▽ Riolito parcialmente queratofirizado

△ Riolito normal

▼ Quartzo - sienito

▲ Porfiro rombico

Fig. 15 - Representação gráfica dos parâmetros al, fm, c e alk de Niggli em função do parâmetro si, para as rochas da formação Parapuí.

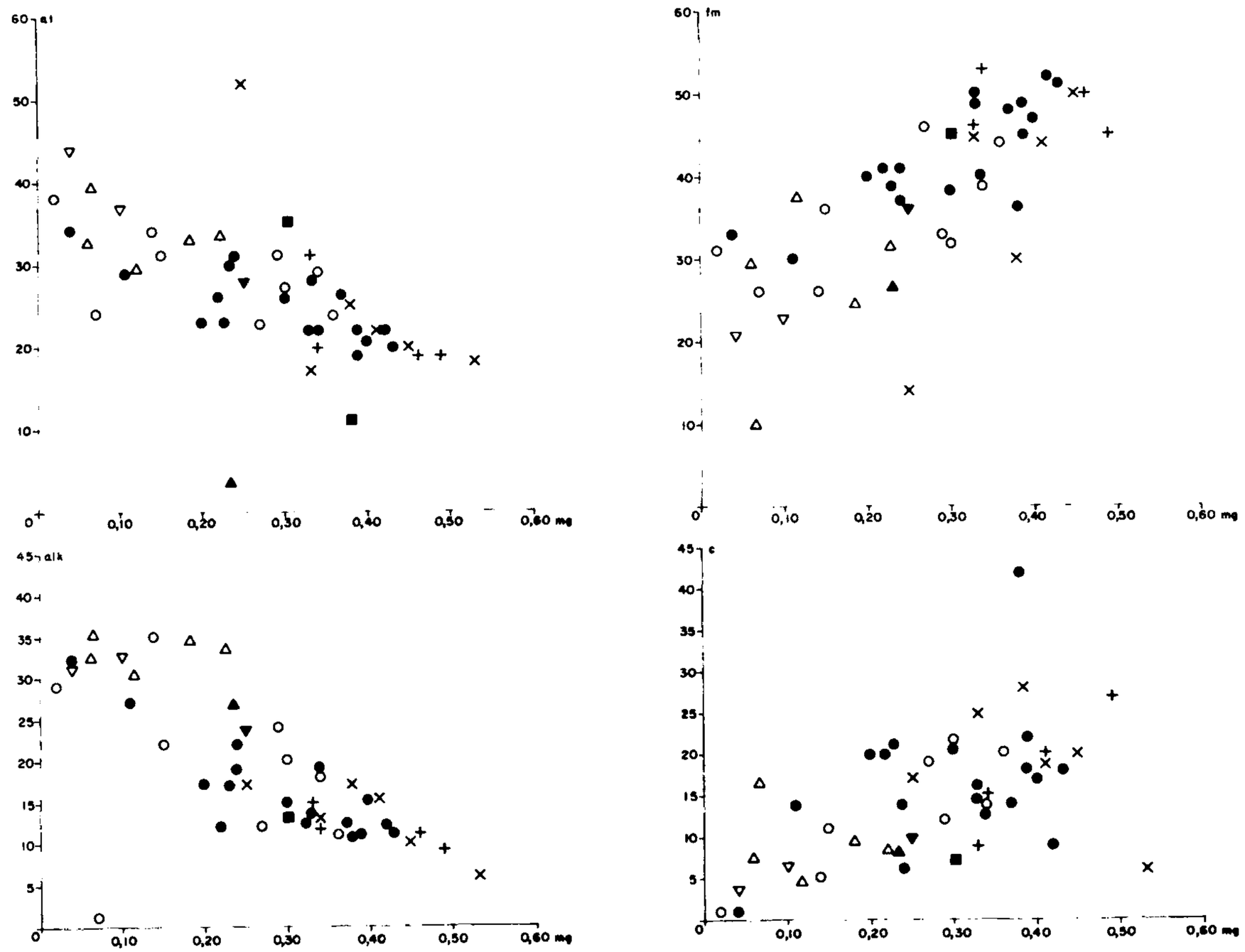



FIG. 16 - Representação gráfica dos parâmetros al, fm, alk e c de Niggli, em função do parâmetro mg (Diagrama de FABRIES J. - 1964)

sentado por alguns dacitos. Petrograficamente, este fato manifesta-se pela intensa silicificação observada em algumas áreas da província (fazenda Nova).

As deficiências de amostragem tornam-se claras em todos os diagramas, particularmente sentida nos tipos petrográficos com valores de si $>$ 250.

2 - Em todos os diagramas considerados observa-se um marcado alinhamento e continuidade dos pontos representativos das diversas fácies, sugerindo um interrelacionamento genético das rochas amostradas, através de uma evolução essencialmente por diferenciação, Juteau & Rocci, (1966). Note-se que este alinhamento é bem evidente apesar das deficiências de amostragem já referidas. Indicações adicionais do relacionamento consanguineo das rochas do vulcanismo Parapuí são ainda evidenciadas, plotando-se os valores dos parâmetros al, alk, fm e c nas ordenadas, contra mg nas abcissas (fig. 16). Diagramas deste tipo, utilizados primeiramente por Fabriés, (1964), ressaltam em nosso caso a evolução contínua por diferenciação da associação espilito (basalto-andesito), dacito-riolito, confirmando as observações geológicas e petrográficas.

b - Diferenciação de lavas alcalinas e calco-alcalinas s.l. (sub-alcalinas)

Em se tratando de lavas em grande parte espilitizadas, a diferenciação das séries alcalinas e sub-alcalinas apresenta problemas especialmente delicados. Em virtude de características peculiares ao quimismo das lavas espilíti

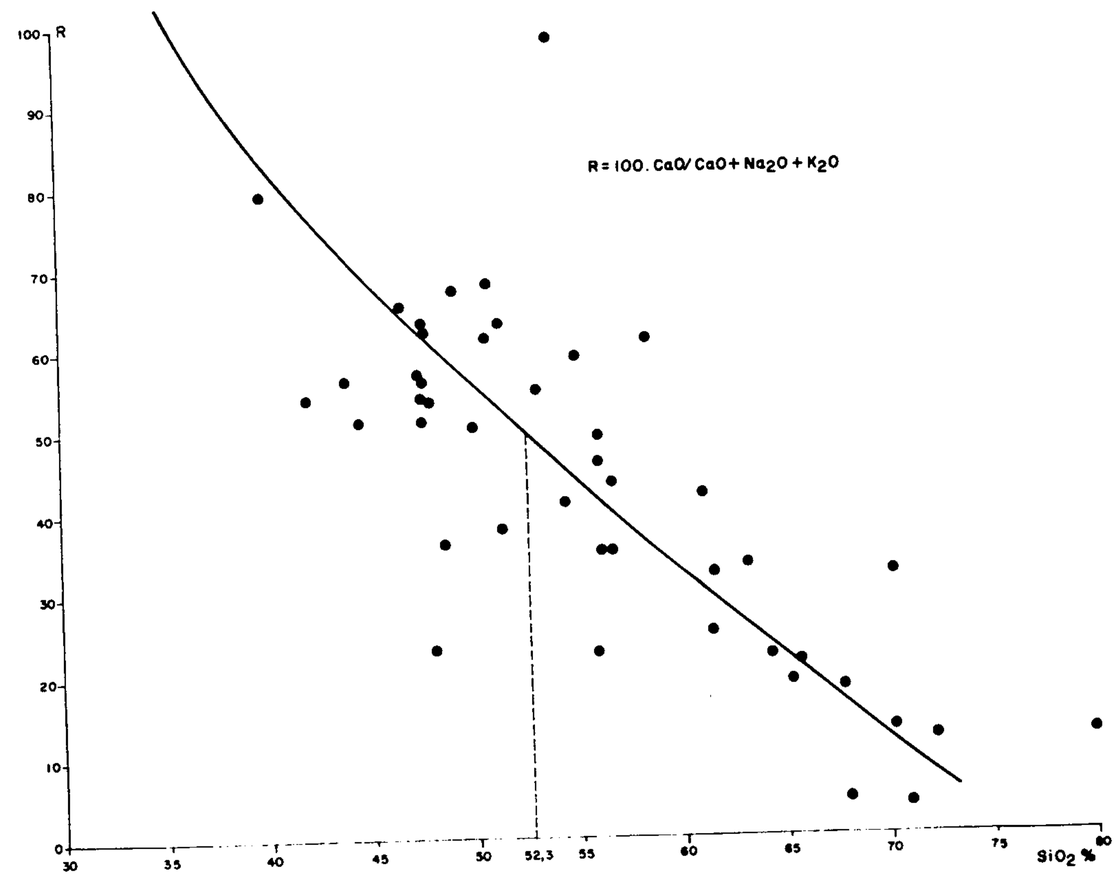



FIG.17 - FORMAÇÃO PARAPUÍ - Diagrama de Calco - Alcalinidade (J. JUNG - 1955)
Serie Alcali - Calcica - i = 52,3 - (PEACKOK - 1931)

cas, notadamente o enriquecimento pronunciado em sódio, torna inviável a caracterização deste tipo de lavas através dos parâmetros normalmente utilizados, $\delta$ de A. Rittmann, $\theta$ de Sugimura, ponto iso-calco-alcalino de Harker etc., ou através dos diagramas de variação que utilizam direta ou indiretamente, valores de Na, K, Ca, Alsac, (op. cit.). A título de ilustração apresentamos o diagrama de calco-alcalinidade, Jung, (1955), figura 17. O índice de calco-alcalinidade i= 52,3 obtido em função da curva de variação $SiO_2/R = 100.CaO/CaO + Na_2O$, situa o vulcanismo Parapuí no campo alcali-cálcico, Peackok, 1931, in Juteau & Rocci (op. cit.). É fácil concluir do exame do parâmetro R que no caso de rochas espilíticas há uma forte tendência de deslocamento da curva de variação para a esquerda, aproximando os valores de i do campo alcalino. Desta forma, o valor obtido não reflete o quimismo original do magma e está em desacordo com a associação petrográfica descrita, de características marcadamente calco-alcalina s.l.

c - Definição de lavas toleíticas e calco-alcalinas s.s.

Como já foi enfatizado, o estudo do quimismo do vulcanismo Parapuí foi maiormente conduzido com base no comportamento dos constituintes ditos invariantes ou inertes no processo de espilitização (sílica, ferro, alumínio), de acordo com a sistemática desenvolvida por Fonteilles, (op. cit.) no estudo das séries vulcânicas de la Bruche (Vosges) e da la Brevenne (Maciço central francês), com as quais faremos comparações frequentes.

No diagrama de variação utilizado (fig. 18) as curvas de referência correspondem a curvas típicas de variação média das séries toleíticas (TT), calco-alcalina s.s.(CC) e alcalina (AA) do Japão constituídas por Fonteilles, com base nos dados de Aramaki (1963), in Fonteilles (op.cit.).

No diagrama ($FeO + Fe_2O_3$): $SiO_2$ destaca-se o caráter linear e contínuo de variação dos valores ($FeO + Fe_2O_3$) em função de $SiO_2$. O enriquecimento em ferro nas primeiras fases da diferenciação (Fenner Trend) típico dos magmas com afinidade toleítica e que se manifesta na forma de um pico nos valores de $FeO + Fe_2O_3$ na faixa 50 - 54% $SiO_2$ não foi evidenciado nas rochas do vulcanismo Parapuí. Observa-se por outro lado, valores de $FeO + Fe_2O_3$ excepcionalmente elevados ($>$ 14%) no polo básico da série, o que a caracteriza como fortemente ferrífera. Para efeito de comparação transcrevemos os diagramas similares da série toleítica de la Bruche e da série calco-alcalina de la Brevenne, Fonteilles, (op. cit.) - Figuras 19a e 19b. No primeiro caso é evidente o enriquecimento em ferro, com pico em torno de 54% $SiO_2$, acompanhando claramente a curva padrão das séries toleíticas. No segundo caso, em que pese a relativa dispersão, a distribuição da maioria dos pontos segue uma tendência linear, ao longo da curva calco-alcalina, com alguns pontos ao longo da curva da série toleítica.

Com exceção do forte enriquecimento em ferro observado nas rochas do vulcanismo Parapuí, em relação a série la Brevenne, a tendência geral nas duas províncias evidencia a existência de uma série magmática calco-alcalina s.s. intimamente associada a uma série toleítica, que no caso

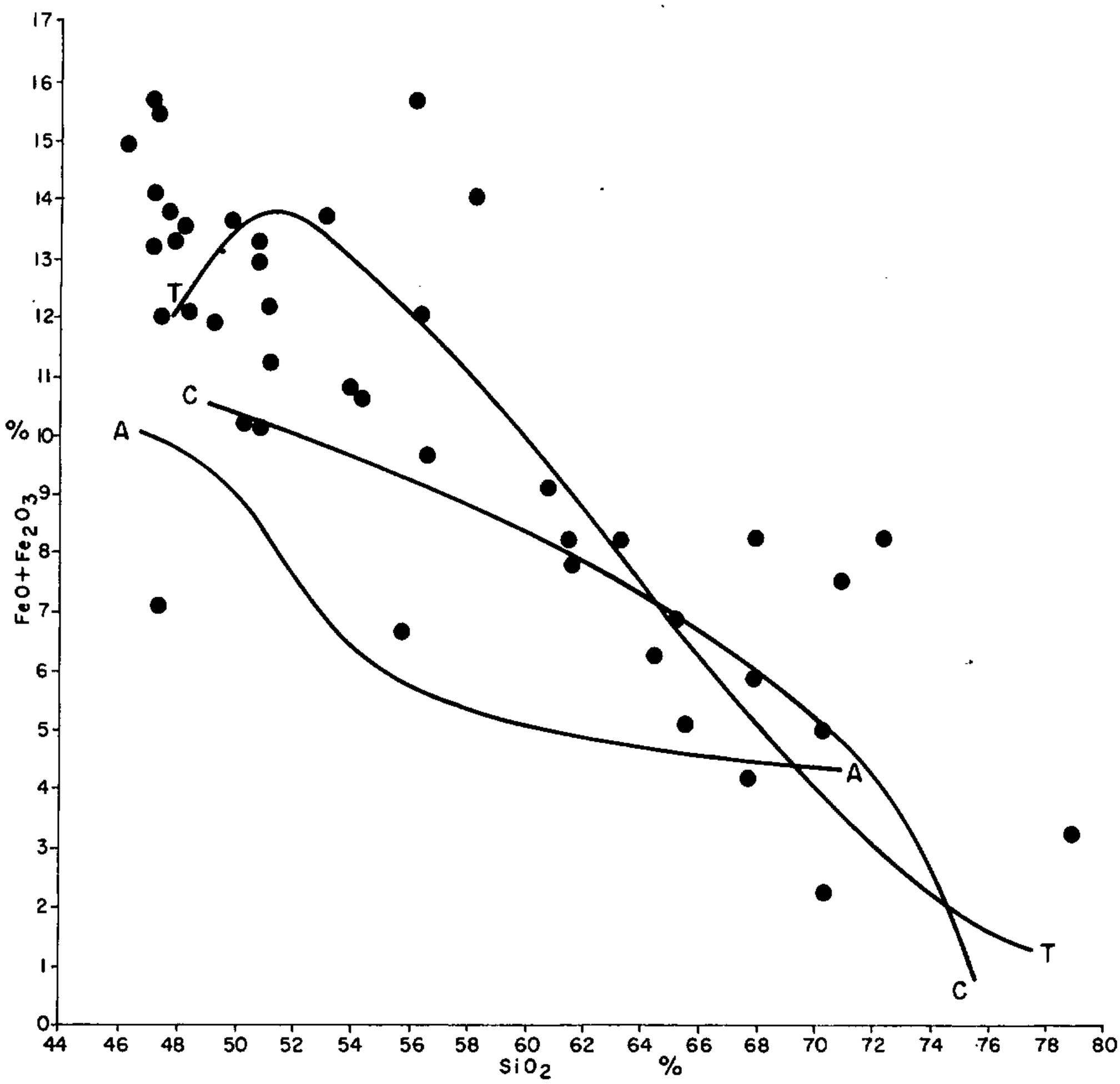



FIG. 18 Formação Parapuí - Diagrama [$(FeO+Fe_2O_3):SiO_2$]
Curvas de referência a partir das variações médias das séries toleíticas (TT), calcoalcalina ss (CC) e alcalina (A A) do Japão; FONTEILLES, M (1968).

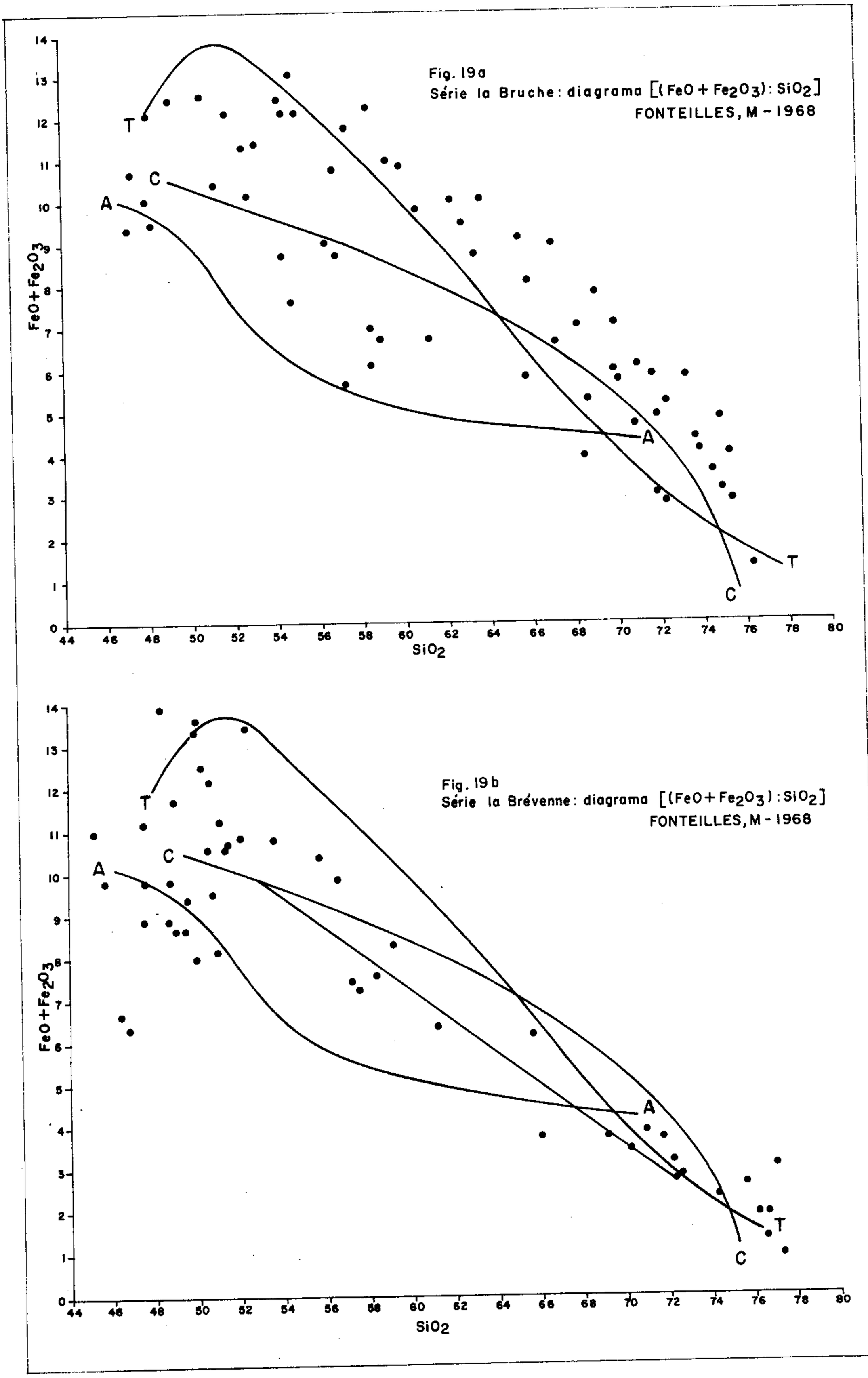


Fig. 19a
Série la Bruche: diagrama [(FeO + Fe2O3): SiO2]
FONTEILLES, M - 1968
FeO+Fe2O3
SiO2
T
C
A
Fig. 19 b
Série la Brévenne: diagrama [(FeO+Fe2O3):SiO2]
FONTEILLES, M - 1968
FeO+Fe2O3
SiO2
T
C
A

# TABELA - VI

| AMOSTRA | CL 236 | CL 1188 | CL 137 | CL 242 | CL 1333 | CL 354 | CL 245 | CL 258 | CL 228 | CL-52= =MJ-13 | CL 422 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 56.60 | 71.00 | 79.00 | 67.80 | 70.20 | 72.20 | 65.20 | 65.60 | 64.20 | 61.50 | 55.90 |
| $Al_2O_3$ | 16.30 | 12.04 | 9.92 | 12.00 | 12.37 | 10.20 | 12.20 | 12.90 | 13.00 | 12.60 | 19.36 |
| $Fe_2O_3$ | 1.70 | 7.20 | 3.25 | 0.90 | 1.92 | 5.40 | 0.90 | 0.90 | 1.40 | 2.10 | 1.67 |
| FeO | 7.90 | 0.30 | 0.14 | 3.30 | 0.28 | 3.00 | 5.90 | 4.20 | 4.90 | 6.20 | 5.00 |
| MnO | 0.40 | 0.04 | 0.03 | 0.50 | 0.05 | 0.30 | 0.40 | 0.30 | 0.40 | 0.40 | 0.22 |
| MgO | 2.90 | 0.09 | 0.10 | 0.30 | 0.08 | 0.60 | 0.30 | 0.70 | 1.10 | 1.60 | 1.21 |
| CaO | 4.20 | 0.20 | 0.50 | 1.30 | 2.87 | 0.80 | 1.50 | 1.90 | 1.70 | 2.30 | 2.17 |
| $Na_2O$ | 3.60 | 2.24 | 0.54 | 3.20 | 1.35 | 4.30 | 3.80 | 5.60 | 3.00 | 4.00 | 6.18 |
| $K_2O$ | 3.80 | 5.12 | 5.57 | 4.80 | 7.98 | 3.00 | 5.30 | 3.50 | 5.40 | 4.70 | 2.86 |
| $TiO_2$ | 1.40 | 0.45 | 0.10 | 0.30 | 0.00 | 0.40 | 0.50 | 0.60 | 0.40 | 1.20 | 0.87 |
| $P_2O_5$ | 0.51 | 0.10 | 0.04 | 0.07 | 0.04 | 0.10 | 0.12 | 0.19 | 0.20 | 0.32 | 0.34 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| al | 29 | 38 | 44 | 37 | 39 | 29 | 32 | 33 | 33 | 28 | 39 |
| fm | 39 | 32 | 21 | 23 | 10 | 37 | 29 | 24 | 31 | 36 | 26 |
| c | 14 | 1 | 4 | 7 | 16 | 4 | 7 | 9 | 8 | 10 | 8 |
| alk | 18 | 29 | 31 | 33 | 35 | 30 | 32 | 34 | 28 | 26 | 27 |
| si | 174 | 382 | 601 | 356 | 377 | 350 | 293 | 289 | 280 | 235 | 193 |
| mg | 0.34 | 0.02 | 0.04 | 0.10 | 0.06 | 0.11 | 0.06 | 0.18 | 0.22 | 0.25 | 0.24 |
| k | 0.40 | 0.60 | 0.86 | 0.49 | 0.79 | 0.31 | 0.47 | 0.29 | 0.54 | 0.43 | 0.23 |
| qz | +2 | +116 | +377 | +124 | 137 | +130 | +65 | +53 | +68 | +31 | -15 |
| | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| CL-236 | DACITO ALTERADO |
| CL-1188 | DACITO ALTERADO |
| CL-137 | RIOLITO QUERATOFIRIZADO |
| CL-242 | RIOLITO GRANOFÍRICO QUERATOFIRIZADO |
| CL-1333 | RIOLITO PORFIRO |
| CL-354 | RIOLITO PORFIRÍTICO |
| CL-245 | RIODACITO GRANOFÍRICO |
| CL-258 | RIODACITO GRANOFÍRICO |
| CL-228 | RIODACITO PORFIRÍTICO |
| CL-52= =MJ-13 | QUARTZO SIENITO |
| CL-422 | PORFIRO ROMBICO |
| | |

de la Brevenne desempenha papel subordinado. Algumas séries magmáticas de carácter calco-alcalino s.s. do Colorado e Nevada exibem um marcado enriquecimento em ferro nos termos básicos, da mesma forma que a série homônima do vulcanismo Parapuí.

O diagrama AFM, Wager e Deer, (1939), in Fonteilles (op. cit.), figura 20, indica relações interessantes. Em primeiro lugar confirma-se a ausência nas rochas do vulcanismo Parapuí do pico ferrífero característico dos magmas toleíticos, que no caso pode estar relacionado a ausência na "suite" amostrada de rochas fortemente magnesianas. Mais de 1/3 das amostras consideradas situam-se no campo calco-alcalino s.s. Este fato é particularmente significativo em se tratando de uma série fortemente ferrífera com deslocamento dos pontos para o polo F, principalmente se considerarmos que a curva de referência aa estabelecida por Kuno refere-se a uma série magmática não ferrífera. O enriquecimento excessivo em alcalis para alguns tipos petrográficos deve-se aos processos de espilitização já referidos.

Confirma-se com o diagrama AFM a existência no vulcanismo Parapuí de uma série calco-alcalina s.s. mesclada com uma série toleítica. Este tipo de associação descrita em diversas províncias vulcânicas do mundo tem seu exemplo clássico nos trabalhos de Kuno (1954) in Fonteilles, (op. cit.), sobre o vulcão Hakone (Japão). A curva de separação dos campos toleítico e calco-alcalino s.s. nos diagramas AFM, estabelecida por aquele autor e aqui usada como curva da referência não tem caracter absoluto. Em nosso caso, tratando-se de

um magma fortemente ferrífero é de se esperar uma migração da curva de referência em direção ao polo F, ampliando consequentemente o campo do domínio calco-alcalino.

d - Comentários Conclusivos

Mesmo considerando-se as limitações desta pesquisa em virtude da amostragem sabidamente incompleta, algumas das características básicas do vulcanismo Parapuí resultaram delineadas:

1 - As rochas vulcânicas e associadas da Formação Parapuí exibem uma clara relação de consanguineidade, evoluindo do polo básico ao polo ácido essencialmente por diferenciação. A ausência de termos petrográficos fortemente magnesianos sugere um material semi-diferenciado como magma parental do vulcanismo Parapuí.

2 - À semelhança de diversas províncias vulcânicas pós-orogênicas no mundo inteiro, observa-se no vulcanismo Parapuí a coexistência de uma série toleítica intimamente associada a uma série calco-alcalina s.s., esta possivelmente, derivando daquela por processos de contaminação siálica do magma toleítico, Alsac, (op. cit.).

3 - Ambas as séries vulcânicas foram extensivamente afetadas por um amplo processo de espilitização manifestada pela intensa metassomatose sódica nos plagioclásios cálcicos originais. Este fato, associado a presença de prováveis estruturas "pillow-lavas", caracterizam o ambiente submarino ou pelo menos sub-aquático das emissões vulcânicas.

4 - Como evento derradeiro das manifestações vulcânicas desenvolveu-se uma atividade hidrotermal tardia, que resultou na alteração total ou parcial das rochas vulcânicas. Foram registradas fases de cloritização, sericitização, epidotização, carbonatação e silicificação, compondo uma assembléia do tipo propilítico, intimamente relacionadas e que apresentam um claro zoneamento na província.

e.4 - Valor Metalogenético do Vulcanismo Parapuí

Uma apreciação da vocação metalogenética do vulcanismo Parapuí, no estágio atual de conhecimentos da área, deve se fundamentar essencialmente em suas características petrogenéticas. Como já foi mencionado, a metalogenia clássica associa o vulcanismo metalogênico com as séries vulcânicas calcoalcalinas s.l. ou sub-alcalinas, orogênicas e pós-orogênicas. Modernamente, a partir da subdivisão da série sub-alcalina nas séries calco-alcalina s.s. e toleítica, Tilley, (op. cit.), Kuno, (op. cit.), o vulcanismo metalogênico passou a associar-se diretamente com o vulcanismo calco-alcalino s.s., Fonteilles, (op. cit.), lembrando-se contudo da existência de importantes exceções a esta regra, por exemplo, os jazimentos cupríferos do Lago Superior, associados a basaltos de afinidade toleítica, e o caso dos ofiolitos de Chipre onde a série calco-alcalina s.s. não está presente. São características desta tipologia, mineralizações de Cu, Pb, Zn, Au, Ag, S (Pirita), Mn, etc..

No caso da Formação Parapuí a constatação do caracter misto do magmatismo, coexistindo as séries toleítica

e calco-alcalina s.s., repetindo o modelo observado em diversas províncias mineiras do mundo, confere a esta área uma posição de destaque, e a indica como potencialmente mineralizada. As ocorrências de mineralizações cupríferas na área das fazendas Campina e Urubú confirmam definitivamente a existência de condições de mineralização associadas às manifestações vulcânicas.

O desenvolvimento da "suite" espilito-queratófiro, nos magmas toleíticos e calco-alcalinos s.s. do vulcanismo Parapuí contribui favoravelmente do ponto de vista metalogenético e completa uma tipologia característica de importantes áreas mineralizadas. A título comparativo inserimos o quadro III, transcrito de Alsac, (op. cit.), com algumas modificações. Observa-se aí um marcado paralelismo entre a tipologia da Formação Parapuí e a maioria das áreas mineralizadas citadas como exemplo.

Finalmente, a identificação de uma fase tardia de alteração hidrotermal, atuando nas rochas vulcânicas, efusivas ou não, e maiormente localizada na porção central da bacia, completa o elenco de condições favoráveis a formação de depósitos minerais do tipo vulcanogênico.

Mesmo considerando-se a presença de uma série de elementos favoráveis a ocorrência de mineralização, alguns fatores limitativos do potencial da Formação Parapuí devem ser enfatizados. O atual estágio erosivo da região aparentemente reduziu bastante o volume de rochas vulcânicas da bacia, mormente as unidades menos resistentes como tufos e aglomerados

vulcânicos. Coincidentemente, as evidências das mineralizações cupríferas conhecidas correspondem as áreas onde foram detectadas as raras ocorrências de tufos vulcânicos na bacia. Se esta associação prevalecer, as possibilidades de mineralizações de grande porte nas rochas efusivas ficam severamente reduzidas. Reconhecemos contudo que o estágio atual de conhecimentos da área é ainda bastante reduzido e inferências deste tipo tem carácter mais especulativo do que real.

Concluindo, os estudos preliminares, petrográficos e petroquímicos, da Formação Parapuí indicam a existência de uma tipologia altamente favorável a ocorrência de mineralização de tipo vulcanogênico na associação Cu - Pb - Zn - S (Pirita), seja do tipo maciço, seja do tipo disseminado. A tipologia observada, no seu conjunto constitui um fato novo na literatura geológica brasileira, não sendo do nosso conhecimento descrições no país de eventos semelhantes.

Pelo seu intrínseco potencial mineralizante as áreas de ocorrências da Formação Parapuí constituem <u>alvos preferenciais para pesquisa mineral</u>, justificando-se a sua recomendação para desenvolvimento de campanha de prospecção de saturação.

4.3.3.6 - Formação Aprazível - (€Oja)

a - <u>Definição</u>

No esquema estratigráfico adotado por Kegel et

QUADRO - III

EXEMPLOS DE FORMAÇÕES VULCANICAS MAIS OU MENOS ESPILÍTICAS E METAMORFISADAS (Segundo C. ALSAC - 1971)

INCLUI A FORMAÇÃO PARAPUÍ PARA COMPARAÇÃO

| NOME DA FORMAÇÃO | LOCALIZAÇÃO E IDADE | MODO DE ERUPÇÃO | GRAU DE BASICIDADE | SÉRIES MAGMATICAS RECONHECIDAS | | | TENDÊNCIA ESPILITICA | MINERALIZAÇÕES ASSOCIADAS | OBSERVAÇÕES | BIBLIOGRAFIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ALCALINA | TOLEITICA | CALCO - ALCALINA | | | | |
| LA BRUCHE | VOSGES - FRANÇA DEVONO - DINANTIANO | SUBMARINO EM GRANDE PARTE | 45% á 77% $SiO_2$ | NÃO OBSERVADO | PRESENTE $TiO_2 > 1.75$ | AUSENTE | DOMINANTE | NENHUMA | METAMORFISMO DE CONTATO LOCALMENTE | T. JUTEAU E G. ROCCI (1965 - 1966) M. FONTEILLES (1968) |
| BREVENNE | MONTES DE LYONNAIS FRANÇA DEVONO - DINANTIANO | SUBMARINO | 40 á 70% $SiO_2$ | NÃO OBSERVADO | PRESENTE $TiO_2 > 1.75$ NOS BASALTOS | PRESENTE TEORES ELEVADOS EM $AL_2O_3$ $TiO_2 < 1.75$ NOS BASALTOS | DOMINANTE | AMAS PIRITOSAS ± CALCOPIRITA ± BLENDA PRODUÇÃO: COBRE METALICO 13.000 á 22 000 t. PIRITA: 18 MILHÕES DE TONELADAS, ATÉ O FIM DE 1964 | METAMORFISMO: (XISTOS - VERDES) "MINÉRIO AZUL" FORMADA POR ALTERAÇÃO SUPERGENICA NÃO INCLUI EXPLORAÇÃO PARA COBRE ENCERRADA. EXPLORAÇÃO ATUAL P/PIRITA MUI REDUZIDA (15.000 t EM 1965) | J. BOULADON M. FONTEILLES (1968) D. BARDIN (1971) |
| PARAPUI | BACIA JAIBARAS NW - CEARÁ CAMBRO - ORDOVICIANO | SUBMARINO (PROVAVELMENTE) | 46 - 80% $SiO_2$ | NÃO OBSERVADA | PRESENTE | PRESENTE | DOMINANTE | INDÍCIOS DE Cu EM ESPILITO VACUOLAR, AGLOMERADO VULCÂNICO E EM BRECHAS DIORITICAS. NO SOLO ANOMALIAS GEOQUIMICAS DE Cu e Zn | FACIES XISTOS VERDE INTENSO HIDROTERMALISMO. CONHECIMENTOS AINDA INCOMPLETOS | |
| POLI | NORTE - CAMEROUN PRÉ - CAMBRIANO | SUBMARINO NA MAIORIA | 45 á 77 % $SiO_2$ (SILICIFICAÇÃO PROVAVEL) | POSSÍVEL | NÃO ASSINALADA | PRESENTE | EM PARTE | MINERALIZAÇÃO ESTRATIFORME DISSEMINADA Á 04 % DE COBRE METÁLICO, RESERVAS DA ORDEM DE 1 Á 10 MILHÕES DE TONELADAS. | METAMORFISMO (EPIZONA) INTRUSÕES DE DIORITO E GRANODIORITOS COM "SKARN". AUSÊNCIA DE TÊRMOS TOLEÍTICOS SÃO DEVIDAS AO FATO DAS ANÁLISES SE ENCAMINHAREM PARA OS TÊRMOS ÁCIDOS E NEUTROS. | J. C. DUMORT (1967) Y. LE FUR (1971) |
| HUELVA | SUDOESTE DA ESPANHA TOURNAISIANO | SUBMARINO | 46 Á 75% $SiO_2$ (COM OS TÊRMOS ÁCIDOS LARGAMENTE DOMINANTES | APARENTEMENTE AUSENTE | POSSIVEL ? | PRESENTE | DOMINANTE | AMAS PIRITOSAS ± CALCOPIRITA ± BLENDA ± GALENA E NÍVEIS Á MANGANÊS. RESERVAS DE SAN DIONÍSIO (RIO TINTO) 50.000.000 TONELADAS DE MINÉRIO Á 0.6 - 1.2 %. MUITAS AMAS COM COBRE Á 5 - 10 % (RESERVAS INFERIORES Á 10.000.000 t) | METAMORFISMO HERCINIANO DO FACIES XISTOS VERDES ASSINALADO POR E. LECOLLE MINERALIZAÇÃO DOS TUFOS ÁCIDOS QUE ESTÃO DISTANTE DOS VULCANITOS. | E. SOLER (1969) D. DEPREZ E E. SOLER (1970) M. LECOLLE (1970) |
| NORANDA GRUPO DO BLAKE - RIVER | ROUYN NORANDA QUEBEC CANADA ARQUEANO | SUBMARINO | 40 Á 80% $SiO_2$ (SILIFICAÇÃO) | NÃO OBSERVADO | PRESENTE | PRESENTE | MUITO PROVÁVEL | AMAS PIRITOSAS ± CALCOPIRITA ± BLENDA NUMEROSAS MINAS (~ 30) GRANDE TONELAGEM: PRODUÇÃO TOTAL ATÉ 1967 1.800.000 t DE COBRE 700.000 t DE ZINCO E 12.000.000 "ONÇAS" DE OURO. LIGAÇÃO EVIDENTE COM METARIOLITOS | METAMORFISMO FREQUENTEMENTE SEM DEFORÇÃO. FACIES DOS XISTOS VERDES | C. D. SPENCE (1967) W. R. A. BARAGAR (1968) W. R. A. BARAGAR E A. M. GOODWIN (1968) A. SPENCE |
| WEEDON | CANTONS DE LEST, QUEBEC, CANADA CAMBRO - ORDOVICIANO | SUBMARINO | 45 Á 76% $SiO_2$ | ? | PRESENTE ($TiO_2 > 1.75$) NOS BASALTOS | PRESENTE | DOMINATE | AMAS PIRITOSAS ± CALCOPIRITA E BLENDA. JAZIMENTO LIGADO Á LAVAS RIOLITICAS E ANDESITICAS. | METAMORFISMO REGIONAL DO FACIES DOS XISTOS VERDES. INTRUSÕES GRANÍTICAS DEVONIANAS COM METAMORFISMO DE CONTATO. (EXEMPLO: A MINA DE WEEDON). | G. DUQUETTE (1960 - 1961) R. A. MARLEAU (1968) A. CARLIER F. GENTILE R. LAMARCHE C. ALSAC E A. LAMARCHE |
| DARAINA MILANOA | NORD - EST DE MADAGASCAR PRÉ - CAMBRIANO | AÉREO | 45 Á 78% $SiO_2$ | PRESENTE | PRESENTE ($TiO_2 > 1.75$) NOS BASALTOS | PRESENTE ($TiO_2 < 1.75$ A MAIORIA DOS BASALTOS ?) | DOMINANTE NAS LAVAS ÁCIDAS | INDÍCIOS DE COBRE NAS FRATURAS DAS LAVAS BÁSICAS. | METAMORFISMO DO FACIES DOS XISTOS VERDES GRANITOS MONZONÍTICOS INTRUSIVOS. | G. JOWRDE (1968) C. ALSAC (1970) |

alii,(op. cit.), a denominação Aprazível foi usada pela primeira vez, referindo-se ao membro inferior da então proposta Formação Jaibaras. Segundo o mesmo autor, o Membro Aprazível corresponde aos conglomerados anteriormente descritos por Oliveira e Leonardos, (op. cit.), com áreas típicas de ocorrência nas proximidades do povoado Aprazível, ao longo da rodovia para Sobral. Cobra, (op. cit.), elevou o membro Aprazível à categoria de formação e estabeleceu uma nova ordem estratigráfica, atribuindo-a posição terminal no Grupo Jaibaras. Neste trabalho adotamos para a Formação Aprazível as definições recentes, Cobra, (op. cit.); Mabesoone et alii,(op. cit.), e Danni,(op. cit.). A Formação Aprazível é constituída por típicos conglomerados grosseiros com matriz arcoseana ocorrentes ao longo de linhas de falha e relevo escarpado, recobrindo em discordância indistintamente as Formações Massapê, Parapuí e Pacujá e algumas extensões do "stock" Meruoca-Rosário.

b - Áreas de Ocorrência

As áreas de ocorrência da Formação Aprazível restringem-se a segmentos no graben Jaibaras e em estruturas semelhantes da zona de cisalhamento de Jaguarapí. Única exceção encontra-se na borda oeste da serra da Meruoca, onde grandes acumulações dos conglomerados da Formação Aprazível recobrem a unidade superior do Grupo Bambuí, (foto 19). Da estrada Sobral-Jordão para sul esta unidade forma extensa cobertura sobre os sedimentos mais antigos do Grupo Jaibaras e encontra-se particularmente bem exposta ao longo da BR-222 no trecho Sobral-Aprazível. Aflora ainda na região de

Pacujá e ao longo da estrada Jaibaras-Cariré em uma faixa contínua e paralela ao lineamento Sobral-Pedro II, desaparecendo sob os sedimentos da Formação Serra Grande.

Nos grabens do sistema Jaguarapí, a Formação Aprazível aflora conspicuamente na margem direita do riacho Sairí, na área da lagoa da Bodega e em Pedra Verde.

c - Modo de Ocorrência

Excetuando-se as ocorrências nos flancos da serra Meruoca-Rosário, a Formação Aprazível está sempre associada a linhas de falhas e a blocos subsidentes no interior dos grabens. No campo destaca-se por apresentar relevo colinoso áspero, desprovido de solo e com vegetação arbustiva esparsa. Nos afloramentos caracteriza-se por um amontoado caótico de blocos e de bancos espessos normalmente desprovidos de planos de estratificação. Nas ocorrências associadas aos grabens do sistema Jaguarapí observa-se um acentuado acamamento dos bancos e mergulhos da ordem de $70^{o}$.

Em todas as áreas de ocorrência, a Formação Aprazível repousa discordantemente ora sobre as Formações Trapiá e Massapê, ora sobre os vulcanitos da Formação Pacujá ou sobre os flancos do granito Meruoca-Rosário. Ocorre invariavelmente na forma de mantos irregulares de espessura variável, desde poucas dezenas de metros, até valores de 200-250 metros.

d - Características petrográficas

A Formação Aprazível é constituída essencialmente por ortoconglomerados grosseiros, polimíticos, mal classificados e normalmente não estratificados. São sedimentos extremamente grosseiros, incluindo blocos com diâmetro variando desde alguns centímetros até 1 metro, dominando a faixa entre 10-30cm. Estes elementos são geralmente bem rolados a sub-angulosos e constituidos por blocos de gnaisse, xistos e filitos do embasamento, ardosias, quartzitos e calcário do Grupo Bambuí, arenitos arcoseanos e conglomerados das Formações Pacujá e Massapê, e principalmente blocos de rochas vulcânicas incluindo, espilitos vitrofíricos, diabásios, gabros, dacitos, riolitos, etc. e blocos dos granitos Mucambo e Meruoca-Rosário.

A matriz é grosseira, dominando elementos entre 1-2 mm de composição areoseana e de coloração cinza amarelada a rósea e cinza-esverdeada. Em algumas áreas observa-se matriz escura, quase preta, de natureza pelítico-carbonática, e mais raramente, matriz arenosa. Amostras coletadas próximo a zonas de falhas revelam ao microscópio textura clástica granular com cataclase, muito irregular, alternando-se áreas de grãos detríticos grosseiros com material finamente pulverizado em faixas retilíneas (microfalhas). Nas ocorrências da Formação Aprazível na área de Pedra Velha e riacho Sairí os constituintes principais dos conglomerados são blocos de filito, clorita-talco-xisto, quartzitos e arcóseos da Formação Pacujá. Fragmentos de rochas vulcânicas tão comuns na área clássica da Formação, não foram encontrados nesta região. A matriz é geralmente pelítica e bastante endurecida.

e - Tectônica

A Formação Aprazível praticamente não foi afetada pela tectônica quebrável generalizada, característica do graben Jaibaras e adjacências. Nesta região, aparece sempre em posição sub-horizontal, recobrindo discordantemente as unidades mais antigas. Reativações póstumas associadas maiormente ao lineamento Sobral-Pedro II atingiram esta Formação, originando faixas miloníticas e cataclásticas e, aparentemente, provocando a única estrutura dobrada de âmbito regional da bacia Jaibaras, a sinclinal da fazenda Pé da Serra. Esta estrutura já comentada em capítulo anterior afetou, ainda que parcialmente, a Formação Aprazível, no trecho da estrada Sobral-Jordão.

Ao longo da zona de cisalhamento Jaguarapí, observa-se um comportamento tectônico bastante diverso, com a Formação Aprazível fraturada e basculada fortemente, exibindo mergulhos da ordem de 30º-40° para NW.

f - Ambiente de Sedimentação

As características petrográficas e o condicionamento tectônico da Formação Aprazível definem esta unidade lito-estratigráfica como típicos fanglomerados depositados em cones aluviais ao longo de linhas de falhas ou escarpas de qualquer natureza. São depósitos continentais que revelam a ocorrência de relevo com grandes desniveis.

A Formação Aprazível depositada quando os esforços

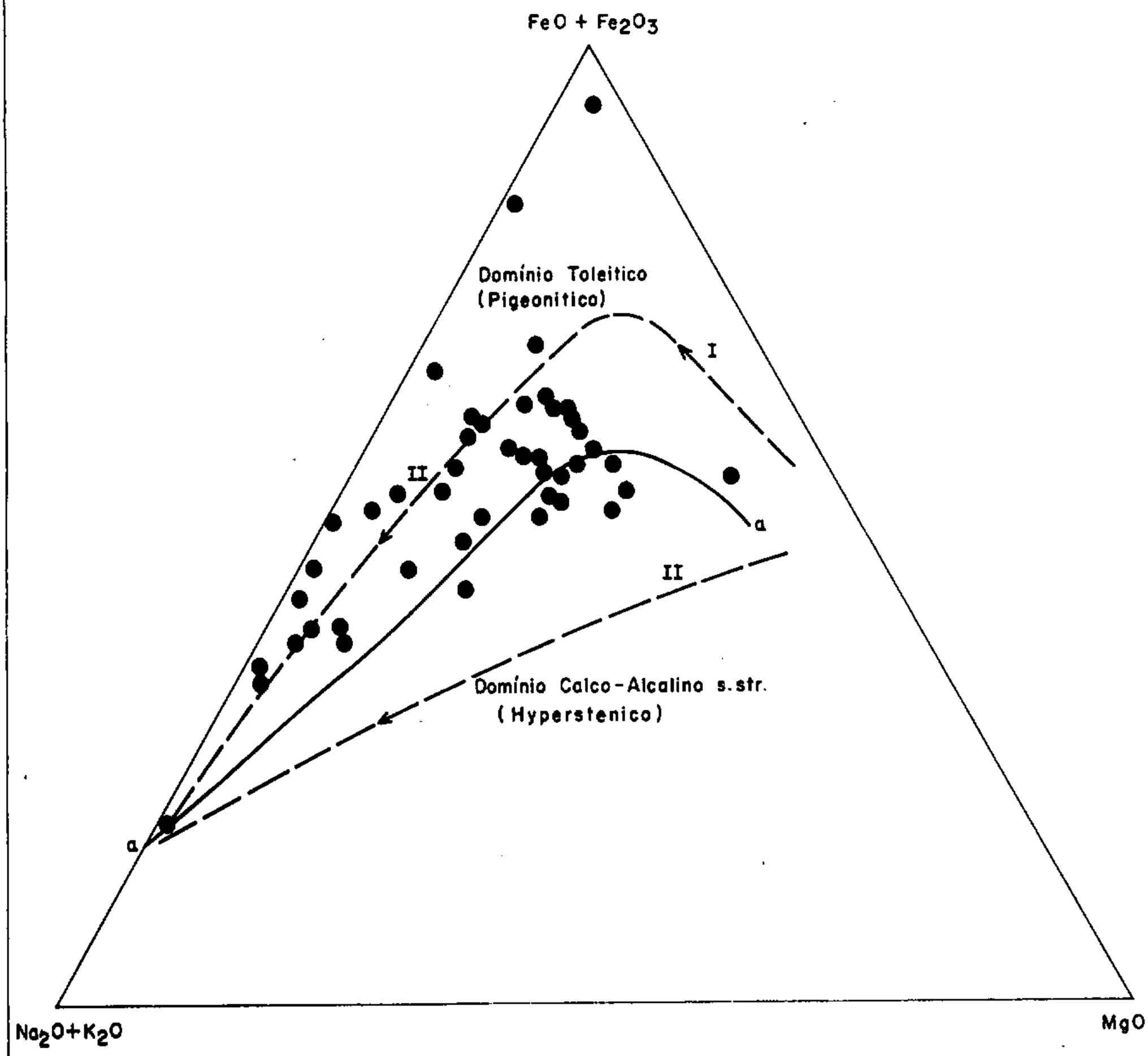



FIG. 20 FORMAÇÃO PARAPUÍ - DIAGRAMA A F M.
CURVA DE REFERÊNCIA a a SEGUNDO H. KUNO (1954)

I - EVOLUÇÃO DO MAGMA TOLEITICO - "FENNER TREND" - ENRIQUECIMENTO EM FERRO.
II - EVOLUÇÃO DO MAGMA CALCO-ALCALINO - "BOWEN TREND" - ENRIQUECIMENTO EM ALCALIS.

tectônicos na bacia já se encontravam bastante atenuados, assinala o derradeiro episódio do estádio de transição no processo de consolidação da plataforma, na região noroeste do Ceará.

## 4.4 - PALEOZÓICO DA BACIA DO MEIO NORTE

### 4.4.1 - Formação Serra Grande - (SDsg)

#### 4.4.1.1 - Definição

Foi H. L. Small que criou o termo "Série Serra Grande", englobando arenitos, conglomerados e o calcário que aflora na região de Ubajara, no Ceará, in Kegel, (op. cit.).

Small inicialmente considerou a "Série Serra Grande" como do Cretáceo, tendo modificado posteriormente para Carbonífero. Esta classificação foi mantida por Plummer, (1948), e Campbell, (1949). Este último autor dividiu a Formação Serra Grande em duas partes: camadas Cabeças, na parte superior, e camadas Ipú, basais, considerando-as mais modernas que a Formação Pimenteiras, seguindo as idéias de Plummer. Nos perfis das margens oriental e meridional da Bacia, Kegel, (op. cit.), observou que a Formação Pimenteiras se sobrepunha à Serra Grande, contrariamente à relação estratigráfica original postulada por Plummer, e dividiu a Formação Pimenteiras nos membros Picos (superior) e Itaim (inferior). Blankennagel, (op. cit.), adotou o esquema geral estabelecido por Kegel, porém incluiu o Membro Itaim no tôpo da Formação Serra Grande.

Neste relatório denominamos de Formação Serra Grande todo o pacote de arenitos grosseiros e conglomeráticos, com ocasionais intercalações de argilitos e siltitos, que afloram na escarpa da Serra da Ibiapaba. Foram incluídos, na secção superior da Formação, os arenitos de grã mais fina observados

na secção Tianguá-Alto Alegre, correlacionáveis ao Membro Itaim de Kegel.

4.4.1.2 - Área de Ocorrência

A área de ocorrência da Formação Serra Grande inicia sob a cobertura dos sedimentos inconsolidados do Grupo Barreiras, na região do baixo Parnaíba, e se estende como uma faixa contínua de direção W-E até Marruás, infletindo-se depois para S.SE até o limite sul da área do Projeto. De Cocal para SE a faixa de afloramento alarga-se extraordinariamente, atingindo cerca de 55 km no perfil Tianguá-Alto Alegre, ao longo da direção do mergulho das camadas. Na região norte, entre Barra do Longá e Lagoa do Prado, não ultrapassa 6 a 7 km. Essa redução da faixa de afloramentos é acompanhada de uma sensível redução na espessura do pacote sedimentar e um abaixamento progressivo do relevo, na mesma direção, passando de 900 m de altitude na área Tianguá-São Benedito, para 35 a 40 m a sul da Lagoa do Prado.

Uma relíquia da secção basal aflora ainda a NE de Santana do Acaraú, formando um graben alongado na direção NE-SW, condicionado a reativações do lineamento Sobral- Pedro II.

4.4.1.3 - Modo de Ocorrência

De modo geral os arenitos grosseiros e conglome

ráticos da Formação Serra Grande apresentam-se em bancos espessos, na escarpa da Serra da Ibiapaba, quase sempre diaclasados, formando paredões verticais de até 180 m de altura. Em muitos níveis é bem distinto o acamamento em estratos de 3cm até 2 ou mais metros de espessura. Em escala regional, esses leitos ou camadas mais brandas propiciaram a formação de dois ou mais patamares escalonados, começando da cuesta frontal, para o interior da Bacia, notadamente no trecho Várzea do Giló-Viçosa do Ceará.

A secção aflorante mais espessa da Formação, corresponde ao perfil Ipú-Macambira, onde foram medidos 535 metros de sedimentos predominantemente macroclásticos (figura 21). Ao norte do lineamento Sobral-Pedro II há um adelgaçamento gradual da espessura da Formação Serra Grande, reduzida a apenas 177 m na secção São Joaquim-São Benedito, (figura 22) e 164 metros na secção Caiçara-Ibiapina (figura 23), alcançando 223 m em Viçosa do Ceará (figs. 24 e 25).

A Formação Serra Grande condiciona um típico relevo cuestiforme, com a escarpa voltada para leste e o reverso para oeste, em direção ao centro da Bacia, em concordância com o mergulho das camadas. A drenagem é pouco densa e predominantemente consequente.

#### 4.4.1.4 - Características petrográficas

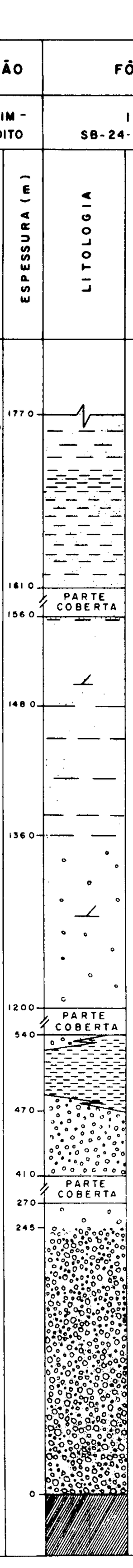
Litologicamente, a Formação Serra Grande se caracteriza por arenitos grosseiros e conglomerados, com ocasio-

| LOCALIZAÇÃO | FOLHA | DATA | ESCALA | FIGURA |
|---|---|---|---|---|
| IPU — MACAMBIRA | IPU SB-24-U-A-III | OUTUBRO / 1972 | 1: 2000 | 21 |

| IDADE | FORMAÇÃO | AFLORAMENTO | ESPESSURA (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA |
|---|---|---|---|---|---|
| SILURIANO SUPERIOR / DEVONIANO INFERIOR | SERRA GRANDE | JB 361 | 535.5 – 519.0 | PARTE COBERTA | |
| | | | 519.0 – 484.5 | | Arenito cinza claro e esbranquiçado, fino a médio, parte conglomerático, micáceo, caulínico, friável, em bancos maciços de 40-50cm de espessura, localmente com estratificação cruzada. |
| | | | 484.5 – 428.5 | P. COBERTA | |
| | | | 428.5 – 407.5 | | Arenito cinza claro, grosseiro, friável, em camadas maciças de até 80cm de espessura, caulínico, alternando com camadas delgadas conglomeráticas, parte com estratificação cruzada. |
| | | | 407.5 – 399.5 | P. COBERTA | |
| | | | 399.5 – 397.5 | | Arenito cinza claro, grosseiro a conglomerático, caulínico, friável, em camadas maciças de 20 a 80 cm de espessura. |
| | | | 397.5 – 368.0 | P. COBERTA | |
| | | | 368.0 – 348.5 | | Conglomerado constituído essencialmente de seixos e calhaus de quartzo, subangulosos, dispersos em matriz arenoza, grosseira, maciça, caulínica, friável, as vezes exibindo estratificação cruzada, passando a arenito conglomerático na base. |
| | | | 348.5 – 343.5 | P. COBERTA | |
| | | | 343.5 – 319.0 | | Arenito conglomerático, em camadas maciças de 80cm, friável, pouco caulínico, contendo níveis de conglomerado intercalados, com seixos subangulosos de quartzo. |
| | | | 319.0 – 309.5 | P. COBERTA | |
| | | | 309.5 – 299.5 | | Arenito cinza claro, grosseiro a conglomerático, maciço, friável, pouco caulínico. |
| | | | 299.5 – 263.5 | P. COBERTA | |
| | | JB 362 | 263.5 – 231.5 | | Arenito cinza esbranquiçado, médio a grosseiro e conglomerático, caulínico, friável, em camadas maciças de 80 a 100 cm. |
| | | | 231.5 – 224.5 | P. COBERTA | |
| | | | 224.5 – 171.5 | | Arenito grosseiro a conglomerático, creme claro, caulínico, com bancos maciços de 0.60 a 2.50m, mui friável, passando a conglomerado na parte superior, com seixos subangulosos de quartzo e subordinadamente de feldspato caulinizado; e na parte inferior, são comuns intercalações de argilito arenoso, cinza esbranquiçado, maciço, mui friável. |
| | | | 171.5 – 155.5 | | Arenito branco, grã média a conglomerática, mui caulínico, em camadas maciças de 30 a 40cm, friável, com intercalações alternadas de argilito branco, friável, maciço, mui pouco arenoso. |
| | | | 155.5 – 121.0 | | Arenito conglomerático, branco e avermelhado claro, friável, pouco caulínico, mosqueado de vermelho de óxido de ferro, em bancos maciços, horizontalizados, de 6 a 8m de espessura. |
| | | | 121.0 – 115.0 | P COBERTA | |
| | | | 115.0 – 93.5 | | Arenito conglomerático, branco, com intercalações de arenito de grã média, friável, mui caulínico, passando na parte inferior para arenito róseo, arcoseano, em camadas maciças de 2 a 3m de espessura. |
| | | | 93.5 – 90.5 | | Conglomerado constituído de grânulos e seixos subangulosos de quartzo e feldspato caulinizado, consistente, acamamento indeviso. |
| | | | 90.5 – 44.5 | | Arenito róseo, arcoseano, consistente, maciço, constituido predominantemente de grãos subarredondados de feldspato e quartzo subordinado. |
| | | | 44.5 – 0 | | Conglomerado basal, com bancos maciços de 10 a 15m, horizontalizados, com seixos e calhaus de quartzo, subarredondados, em uma matriz arenosa, grosseira, mui consistente. |
| Pré-Cambriano | | CL 724 | 0 | | Migmatito heterogeneo, epibolítico, bastante alterado, com veios de quartzo leitoso. |

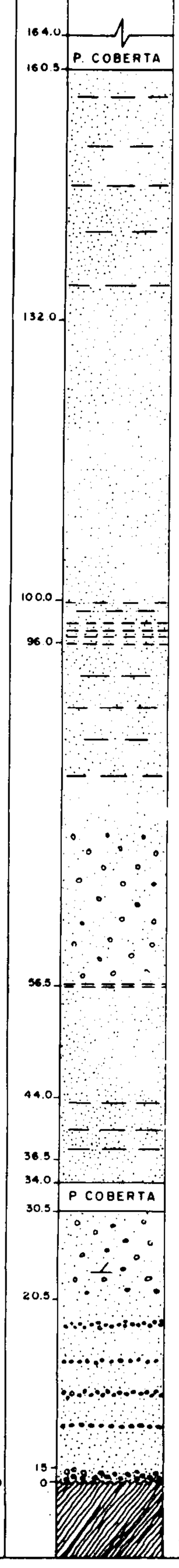
Cálculo das espessuras baseada em leituras altimétricas (aprox. 1m), com as correções das variações barométricas.

| LOCALIZAÇÃO | FÔLHA | DATA | ESCALA | FIGURA |
|---|---|---|---|---|
| SÃO JOAQUIM - SÃO BENEDITO | IPU SB-24-V-A-III | OUTUBRO / 1972 | 1:5000 | 22 |

| IDADE | FORMAÇÃO | AFLORAMENTO | ESPESSURA (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO LITOLOGICA |
|---|---|---|---|---|---|
| SILURIANO SUPERIOR / DEVONIANO INFERIOR | SERRA GRANDE | JB-360 | 177 0 |  | Arenito creme claro, fino, siltico-argiloso, em camadas maciças de 40-50 cm, horizontalizadas, separadas por finas camadas de arenito fino, friável, micáceo. |
| | | | | | Siltito creme claro, arenoso, consistente, em camadas maciças de 80 cm, horizontalizadas. |
| | | | | | Arenito creme, siltico, fino, friável, bem classificado, finamente estratificado com siltito creme argiloso friável. |
| | | | 161 0 | | Arenito creme, siltico-argiloso, caulinico, fechado, consistente, em camadas maciças de 40-50 cm, separadas por finas camadas de argilito creme, friável. |
| | | | | PARTE COBERTA | |
| | | | 156 0 | | |
| | | | 148 0 | | Arenito creme claro, grã fino a médio, acamamento incipiente, em bancos de 2.0 a 2.5m de espessura, horizontalizados, as vezes com estratificação cruzada, separados por fina camadas de arenito fino, friável, micáceo e argilito caulinico, friável, em camadas lenticulares de 5-15 cm de espessura. |
| | | | 136 0 | | Arenito cinza e parte róseo, grosseiro a conglomerático, maciço, com grãos e grânulos de quartzo e feldspato caulinizado subordinado, com niveis mostrando estratificação cruzada. |
| | | | 120 0 | PARTE COBERTA | |
| | | | 54 0 | | Folhelho cinza claro, maciço a sub-laminado, consistente, pouco fissil. |
| | | | 47 0 | | Conglomerado constituido essencialmente de seixos de quartzo, subangulosos, distribuidos homogêneamente em uma matriz arenosa grosseira, localmente manganífero |
| | | | 41 0 | PARTE COBERTA | |
| | | | 27 0 | | Arenito vermelho claro, grosseiro a conglomerático, com grânulos de quartzo e feldspato caulinizado subordinado, maciço, friável. |
| | | | 24 5 | | Conglomerado constituido de seixos subarredondados de quartzo e feldspato caulinizado subordinado, maciço, friável a pouco consistente. |
| EO-CAMBRIANO | TRAPIÁ | | 0 | | Termometamorfitos da formação Trapiá. |

Calculo das espessuras baseado em leituras altimétricas (aprox. 1m), com as correções das variações barométricas

| LOCALIZAÇÃO | FÔLHA | DATA | ESCALA | FIGURA |
|---|---|---|---|---|
| CAIÇARA – IBIAPINA | FRECHEIRINHA SA-24-Y-C-VI | SETEMBRO/1972 | 1:800 | 23 |

| IDADE | FORMAÇÃO | AFLORAMENTO | ESPESSURA (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA |
|---|---|---|---|---|---|
| SILURIANO SUPERIOR / DEVONIANO SUPERIOR | SERRA GRANDE | | 164.0<br>160.5<br>132.0<br>100.0<br>96.0<br>56.5<br>44.0<br>36.5<br>34.0<br>30.5<br>20.5<br>15<br>0 |  | Arenito cinza claro e esbranquiçado, grã fina à média, friável, arcoseano, finamente estratificado, com finas camadas intercaladas de argilito cinza, friável.<br>Arenito cinza claro, grã fina, textura homogenea, em camadas maciças de 30-40 cm de espessura.<br>Arenito cinza claro, fino a médio, textura homogênea, mui consistente, intercalado com lentes de folhelho cinza esverdeado, micáceo, finamente laminado, físsil, passando na parte superior para siltito argiloso, finamente estratificado.<br>Arenito cinza claro, conglomeratico, maciço, consistente, arcoseano, finamente estratificado, com finos leitos intercalados de argilito micáceo, friável, passando a grosseiro na parte superior, caulínico, em camadas maciças de 40-50cm de espessura, separados por finos leitos argilosos.<br>Arenito cinza esbranquiçado, grosseiro, pouco friável, maciço, arcoseano, cimento caulínico, em camadas maciças de 1.50 a 2.00m de espessura.<br>Arenito cinza esbranquiçado, médio a grosseiro, pouco arcoseano, fechado, caulínico, micáceo, com finas camadas de argilito creme claro, micromicáceo, friável.<br>Arenito cinza claro, grã fina à média, maciço e parte com estratificação incipiente, horizontalizada, micromicáceo, consistente.<br>Arenito cinza esbranquiçado, grã média a conglomerática, com grânulos e seixos de quartzo e feldspato caulinizado, em quantidade subordinada, subangulosos, mui caulinico, maciço, localmente com estratificação cruzada.<br>Arenito creme claro, grosseiro, maciço, friável, caulínico, com leitos intercalados de conglomerado, composto de seixos e calhaus de quartzo e feldspato caulinizado, em uma matriz arenosa, grosseira, friável, pouco caulínica, maciça e em parte com acamamento insipiente.<br>Conglomerado basal, constituído de seixos e calhaus de quartzo e feldspato subordinado, subarredondados, dispersos em uma matriz arenosa, grosseira, maciça, friável, um pouco caulínica.<br>Ardósia cinza claro, micácea, com intercalações de camadas delgadas de metasiltito, bastante fraturados. |
| EO-CAMBRIANO | TRAPIÁ | JB-359 | | | |

Cálculo das espessuras baseada em leituras altimétricas (aprox. 1m), com as correções das variações barométricas.

| LOCALIZAÇÃO | FÔLHA | DATA | ESCALA | FIGURA |
|---|---|---|---|---|
| VIÇOSA - ESTRADA P/ LAMBEDOURO | VIÇOSA DO CEARÁ SA-24-Y-C-V | MARÇO/1972 | 1:800 | 24 |

| IDADE | FORMAÇÃO | AFLORAMENTO | ESPESSURA (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA |
|---|---|---|---|---|---|
| SILURIANO - SUPERIOR / DEVONIANO INFERIOR | SERRA GRANDE | WB-301 | 189.00 | | Arenito cinza claro, fino, caulínico, em camadas de 2-3m de espessura, passando na parte inferior para arenito mui fino, caulínico, friável, intercalado com finos leitos de siltito argiloso. |
| | | | 175.00 | | Arenito avermelhado, fino a mui fino, caulínico, friável, acamamento incipiente, em camadas de 30-60cm de espessura, intercalado na parte inferior com argila variegada, friável. |
| | | WB-303 | 151.00 | | |
| | | | 106.40 | PARTE COBERTA | |
| | | | | | Arenito creme, grosseiro a conglomerático, maciço, ocasionalmente com acamamento incipiente, passando na parte superior para arenito vermelho, grã fina à média, finamente estratificado. |
| | | | 62.00 | PARTE COBERTA | |
| | | | 42.00 | | Arenito grosseiro, cinza e arroxeado, maciço, friável. |
| | | | 40.00 | | Conglomerado, constituído de seixos subangulosos de quartzo, e raros de feldspatos cauliniza. dos, dispersos homogeneamente em uma matriz arenosa, de grã média à grosseira, com acama. mento incipiente, mui consistente. |
| | | | 28.20 | | Argilito variegado, caulínico, friável, com ocasionais grânulos e seixos de quartzo, subangulosos. |
| | | | 26.40 | | Arenito creme, grosseiro a conglomerático, maciço, friável, cimento caulínico. |
| PRÉ-CAMBRIANO | | WB-302 | 0 | | Migmatito heterogêneo, intemperizado. |

Cálculo das espessuras baseada em leituras altimétricas (aprox. 1m) com as correções das variações barométricas.

| LOCALIZAÇÃO | FÔLHA | DATA | ESCALA | FIGURA |
|---|---|---|---|---|
| VIÇOSA- ESTRADA PARA GRANJA | VIÇOSA DO CEARÁ SA - 24 - Y - C - V | MARÇO / 1972 | 1: 800 | 25 |

| IDADE | FORMAÇÃO | AFLORAMENTO | ESPESSURA (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA |
|---|---|---|---|---|---|
| SILURIANO SUPERIOR / DEVONIANO | SERRA GRANDE | WB-301 | 156 | | Arenito cinza claro, fino, caulínico, em camadas de 2-3 m de espessura, passando na parte inferior para arenito mui fino, siltico, caulínico, friável, intercalado com finos leitos de siltito argiloso. |
| | | | 142 | | Arenito avermelhado, fino a mui fino, caulínico, friavel, acamamento incipiente, em camadas de 30-60 cm de espessura, intercalado na parte inferior com argila variegada, friável. |
| | | WB-303 | 118 | | |
| | | | | PARTE COBERTA | |
| | | | 110 | | Arenito cinza e creme claro, e tons avermelhados quando intemperizado, grã media a grosseira, maciço, por vezes com finos leitos conglomeráticos intercalados, de 1a 2 cm de espessura, horizontalizados, ora com acamamento irregular. |
| | | | | | Arenito creme, grosseiro, maciço, consistente com ocasionais intercalações de finos leitos conglomeráticos, fechado, pouco caulínico, bastante fraturado segundo as direções 40° e 290° Az. |
| | | | | | Arenito cinza esbranquiçado, mui grosseiro a conglomerático, limpo, bastante friável, grânulos de 1-3mm regularmente distribuídos em uma matriz arenosa, levemente caulínica. |
| | | | | | Arenito grosseiro a conglomerático, friável, maciço, os granulos e seixos, regularmente distribuídos, são subangulosos; localmente intercalam-se finos leitos de conglomerado, de 1a 2 cm de espessura, com seixos subangulosos de quartzo, em matriz arenosa grosseira subordinada. |
| | | | 41 | | |
| | | | | P COBERTA | |
| | | | 38 | | |
| | | | | | Arenito cinza claro, grã media à grosseira, maciço, friável, ocasionalmente com finos leitos conglomeráticos, com grãos e grânulos de 2 a 5 mm, angulosos a subarredondos, matriz pouco caulínica. |
| PRE-CAMBRIANO | | WB-351 | 0 | | Migmatito heterogêneo, cizalhado, intemperizado, com veios de sílica transversais à lineação. |

Calculo das espessuras baseada em leituras altimétricas (aprox. 1m), com as correções das variações barométricas.

nais intercalações de folhelhos e siltitos.

A secção medida Ipú-Macambira (fig. 21), com 535m de sedimentos, inicia-se com um conglomerado basal, que informalmente denominamos de conglomerado Ipú, num sentido mais restrito que o termo "camadas Ipú" usado por Campbell (op. cit.), A localidade tipo é a exposição da base da escarpa, na queda d'água, 5 km a noroeste daquela cidade. Ali afloram aproximadamente 30 m de conglomerado grosseiro , com seixos rolados de quartzo e secundariamente de feldspato caulinisado, dispersos desordenadamente em uma matriz arenosa, grosseira, maciça, mui consistente e de tom castanho claro. Faltam completamente seixos de rochas cristalinas. Acima do conglomerado basal, seguem-se camadas de arenitos grosseiros, arcoseanos, menos consistentes, maciços, formando bancos espessos, alternando com camadas de 10 a 20 cm de conglomerados com seixos de quartzo e mais raros de feldspato, de 1 a 2 cm de diâmetro.

A partir da cota 830 m aparecem os primeiros arenitos finos associados a siltitos, finamente estratificados, friáveis e pouco consistentes, creme-amarelados ou cinza claros, correlacionáveis ao Membro Itaim de Kegel.

No perfil Tianguá-Alto Alegre há poucas exposições, com extensas áreas cobertas por areias de desagregação dos arenitos. A secção começa por arenitos grosseiros a conglomeráticos, creme-amarelados, maciços, em bancos de 8 a 10 m de espessura e cimento caulínico. Segue-se arenito fino, creme-amarelado e esbranquiçado, bem classificado, friável,

micáceo, em camadas de 20 a 40 cm, às vezes sublaminado, localmente exibindo marcas de onda. Estes arenitos, continuam até o contato com a Formação Pimenteiras, podendo ocasionalmente conter intercalações de arenitos conglomeráticos, com grânulos de até 0,5 cm, em uma matriz arenosa fina, caulínica, predominando os tons avermelhados.

No perfil Viçosa do Ceará-Cocal, a sequência se inicia por arenitos grosseiros a conglomeráticos, caulinizados, e a medida que se avizinha do contato com a Formação Pimenteiras passa a predominar o arenito fino, melhor selecionado, limpo, em camadas maciças de 20 cm a 2,0 m de espessura e com raras intercalações de argilito. Na região de Burití dos Lopes, o arenito é monótono, quase sempre grosseiro, podendo localmente conter intercalações de arenitos finos, sublaminados, micáceos e friáveis.

Na ocorrência a NE de Santana do Acaraú, aflora um conglomerado basal, mui quebrado e movimentado pela reativação do lineamento Sobral-Pedro II, com as mesmas características litológicas do conglomerado Ipú. Isto reforça a idéia de um eixo principal de sedimentação, Aguiar, (op. cit.), passando por Ipú e Santana do Acaraú.

4.4.1.5 - Idade e Paleontologia

Foi Small quem primeiro referiu a Formação Serra Grande ao Carbonífero, até então considerada do Cretáceo, por Gardner, Crandall, Williams e outros, in Kegel(op.cit.).

Este último, em seu estudo sobre o Devoniano da Bacia do Parnaíba, considerou só a secção basal de arenitos grosseiros e conglomerados como pertencentes à Formação Serra Grande. A secção superior, de arenitos finos com intercalações de siltitos e folhelhos, chamou de Membro Itaim da Formação Pimenteiras, com fósseis datados do Devoniano Inferior. Considerando a concordância das camadas devonianas com os arenitos grosseiros e conglomerados ("Formação Serra Grande"), atribuiu idade siluriana superior à devoniana inferior para estas camadas basais.

Muller fez o primeiro estudo palinológico da Bacia, e estabeleceu o seu zoneamento bioestratigráfico, in Aguiar, (op. cit.), e Brito & Santos (1964). De acordo com êsse zoneamento, as partes inferior e média da Formação Serra Grande contém pólens da zona T, do Siluriano Superior, correlacionados à biozona da Formação Trombetas da Bacia Amazônica, também siluriana, in Aguiar (op. cit.). E a parte superior da Formação, com pólens da zona S, pertence ao trânsito Devoniano Inferior/Siluriano Superior, correlacionada à parte inferior da Formação Maecuru, do eo-Devoniano da Bacia Amazônica.

4.4.1.6 - Ambiente de Sedimentação

De acordo com o desenvolvimento paleogeográfico da Bacia, a porção basal da Formação marca o início da ingressão marinha, inicialmente restrita às partes mais baixas do cristalino e que pouco a pouco vai se tornando mais generali

zada. O caráter grosseiro dos arenitos e conglomerados observado por toda a secção inferior indica condições de águas rasas e agitadas, em ambiente nerítico, com abaixamento rápido e contínuo da bacia de sedimentação , coberta por extensa lâmina d'água, que só atingiu profundidades maiores na fase final da Formação Serra Grande, com a sedimentação mais estável dos arenitos finos.

O conglomerado Ipú, caracteriza o clima semi-árido reinante na época da invsão marinha, com intemperismo fraco, que só produziu uma leve alteração nos feldspatos. Já no fim do período da secção basal, o clima se modificou, impondo uma alteração química mais vigorosa às rochas cristalinas das margens da bacia.

### 4.4.2 - Formação Pimenteiras - Dp

#### 4.4.2.1 - Definição

O termo Pimenteiras foi usado pela primeira vez por Small, para identificar as camadas de folhelhos cinza-arroxeados, que afloram próximo à cidade de Pimenteiras, no Piauí, in Blankennagel, (op.cit.). Plummer, (op.cit.), estabeleceu a Formação Pimenteiras, empregando o termo estratigráfico de Small, subdividindo-a nos membros Oitís, inferior, e Picos, superior, colocando-a abaixo da Formação Serra Grande, esquema também adotado por Campbell, (op.cit.).Kegel, (op. cit.), colocou a Formação Serra Grande como unidade basal e imediatamente sobreposta pela Formação Pimenteiras, manteve a nomenclatura de Plumer para a secção superior, e denominou

a sequência arenosa inferior de Membro Itaim. Aguiar, (op. cit.) e Blankennagel, (op.cit.), preferiram evitar esta subdivisão de Kegel e consideraram a secção arenosa basal do Membro Itaim, como parte da sequência superior da Formação Serra Grande.

No mapa geológico anexo , a Formação Pimenteiras inclui apenas a secção mais argilosa, que aflora entre Burití dos Lopes e Estreito, às margens do rio Longá, ficando a parte arenosa inferior, correspondente ao Membro Itaim de Kegel, englobada na Formação Serra Grande, no mesmo sentido de Aguiar e Blankennagel.

4.4.2.2 - Área de Ocorrência

A Formação Pimenteiras aflora desde a margem ocidental do baixo Parnaíba, a oeste de Barra do Longá, em uma faixa contínua de 9 a 10 km de largura, inicialmente com direção E-W, encurvando-se em Burití dos Lopes para direção S-SE, até o extremo sul da área do Projeto. No trecho Burití dos Lopes-Santa Catarina, a formação apresenta-se em grande parte coberta por material de caráter predominantemente eluvial, prejudicando sobremaneira seu reconhecimento no campo e nas fotografias aéreas. Para leste, a formação limita-se com a Formação Serra Grande, e para oeste, com a linha de escarpa da Formação Cabeças.

4.4.2.3 - Modo de Ocorrência

A Formação Pimenteiras exibe sempre uma clara con

cordância com os arenitos Serra Grande. Na área ao norte de Burití dos Lopes, o contato se faz bruscamente, passando dos arenitos grosseiros com leitos conglomeráticos da Formação Serra Grande para as camadas de siltitos interestratificados com arenitos finos, da secção basal da Formação Pimenteiras (secção medida- fig. 26). Para sul, ao longo da estrada Burití dos Lopes-São Domingos, aflora o membro superior, mais argiloso, com predominância de folhelhos e siltitos (vide figura 27, foto 20). Esta secção possui relêvo aplainado com colinas alongadas e taludes suaves, contrastando com a secção basal mais arenosa, onde o relêvo é mais acidentado e em fase de dissecação mais intensa. Na área de Santa Catarina, a cobertura eluvial mascara completamente a faixa de afloramentos, tornando-se difícil inferir o contato das duas secções, quer no terreno, quer nas fotografias aéreas, onde não existe uma diferenciação convincente dos padrões morfológicos e texturais.

O contato com a Formação Serra Grande foi marcado seguindo-se uma linha de escarpa baixa, associada às características texturais das fotografias aéreas. A drenagem possui também caráter distintivo, bem desenvolvida, denunciando o caráter mais impermeável do solo, contrastando com a drenagem rarefeita da Formação Serra Grande.

A espessura da formação varia em torno de 160 metros, espessando-se sensivelmente na direção sul da área do relatório. O mergulho das camadas situa-se em torno de 3 a 4 m/km, para oeste, devendo elevar-se um pouco mais na região de Burití dos Lopes, quando se inclina para S-SW.

| LOCALIZAÇÃO | FÔLHA | DATA | ESCALA | FIGURA |
|---|---|---|---|---|
| BARRA DO LONGÁ - BURITÍ DOS LOPES | BURITÍ DOS LOPES SA-24-Y-C-I | AGOSTO / 1972 | 1:400 | 26 |

| IDADE | FORMAÇÃO | AFLORAMENTO | ESPESSURA (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA |
|---|---|---|---|---|---|
| DEVONIANO INFERIOR / DEVONIANO MÉDIO | PIMENTEIRAS | WB-128 | 58.5 | | Solo arenoso de cobertura. |
| | | | 55.5 | | Capa laterica, arenosa. |
| | | | 52.5 | | Siltito cinza esbranquiçado, arenoso, maciço, friável, intercalado com arenito fino, caulínico, siltico, finamente laminado. |
| | | | 50.5 | | Siltito cinza claro, caulínico, maciço, micromiáceo, friável. |
| | | | 47.5 | PARTE COBERTA | |
| | | | 41.0 | | Siltito cinza claro, ora arenoso, ora argiloso, finamente laminado, friável, micromicaceo, localmente com intercalações de arenito vermelho, fino, micáceo, ou argilito creme, maciço, friável. |
| | | | 33.5 | | Arenito avermelhado, mui fino, bem classificado, micromicáceo, intercalado com siltito finamente estratificado. |
| | | | 31.0 | | Arenito cinza claro, mui fino, micáceo, com nódulos de argila cinza escuro. |
| | | | 29.0 | | Arenito creme, fino a médio, friável, maciço. |
| | | | 25.0 | PARTE COBERTA | |
| | | | 23.0 | | Arenito castanho escuro, mui fino, siltico, finamente estratificado. |
| | | | 21.0 | | |
| | | | 18.0 | | Arenito creme, mui fino, bem classificado, intercalado com finos leitos de siltito creme, friável, argiloso. |
| | | | 15.0 | PARTE COBERTA | |
| | | | 13.0 | | Arenito cinza e creme, mui fino, bem classificado, laminado, micáceo, com intercalações alternadas de siltito creme e arenoso, friável e ocasionalmente de argilito friável. |
| | | WB-220 | 4.5 | | Siltito cinza claro, argiloso, consistente, finamente estratificado, intercalado com argilito cinza, desagregado. |
| | | | 3.0 | | Arenito creme, grã fina à média, textura homogênea, maciço e em bancos horizontalizados, com marcas de onda na superfície de acamamento. |
| | | | 0 | PROVÁVEL TÓPO DA FM SERRA GRANDE 15 - 20 m | |
| SILURIANO SUPERIOR / DEVONIANO INFERIOR | SERRA GRANDE | | | | |

Cálculo das espessuras baseado em leituras altimétricas (aprox. 1m) com as correções das variações barométricas.

| LOCALIZAÇÃO | FÔLHA | DATA | ESCALA | FIGURA |
|---|---|---|---|---|
| SÃO DOMINGOS–ESTREITO | BURITÍ DOS LOPES SA - 24 - Y - C - I | AGOSTO DE 1972 | 1: 200 | 27 |

| IDADE | FORMAÇÃO | AFLORAMENTO | ESPESSURA (m) | LITOLOGIA | DESCRIÇÃO LITOLÓGICA |
|---|---|---|---|---|---|
| DEVONIANO MÉDIO | CABEÇAS | JB-334 | 51.5 | | Arenito creme, grã média, consistente, maciço, localmente exibindo estratificação cruzada, fraturado, irregularmente, com preenchimento de sílica secundária, resultando em testemunhos ruiniformes de erosão. |
| DEVONIANO INFERIOR / DEVONIANO MÉDIO | PIMENTEIRAS | | 50.0 | PARTE COBERTA | |
| | | | 43.5 | | Sill de diabásio cinza escuro, textura ofítica, grã fina à média, a augita e pigeonita, ocorrendo na superfície do terreno sob a forma de blocos esféricos, com esfoliação concêntrica, dispersos sôbre um solo argiloso escuro característico. |
| | | | 40.4 | | Folhelho laminado, lateritizado, castanho escuro, com a estrutura original da rocha parcialmente preservada. |
| | | | 39.0 | PARTE COBERTA | |
| | | | 30.4 | | Folhelho cinza esverdeado, maciço a finamente laminado, micromicáceo, mosqueado de material carbonoso. |
| | | | 25.9 | | Arenito cinza claro, fino, siltico, finamente estratificado, micáceo, friável, passando a siltito na parte superior, com tubos de verme na superfície de acamamento, horizontalizado, acamamento de 1a5cm de espessura |
| | | | 24.7 | | |
| | | | 14.5 | | Siltito creme, finamente laminado, com intercalações varviformes de siltito argiloso, creme, friável, micromicáceo, ora com intercalações de finos leitos de arenito cinza claro e creme, mui fino a fino, bem classificado, laminado, horizontalizado, friável, cimento argiloso. |
| | | | 7.5 | | Folhelho cinza escuro e arroxeado, finamente laminado, físsil, micromicáceo, com intercalações alternadas ora de siltito creme, laminado, varviforme, argiloso, friável, ora com arenito cinza claro, fino a gradando para siltito, estratificação fina, bem classificado, micáceo, com marcas de verme nos planos de acamamento. |
| | | | 6.0 | | Folhelho cinza esverdeado, maciço a sublaminado, pouco físsil. |
| | | | 3.5 | | Folhelho cinza escuro, laminado, físsil, untuoso nos planos de acamamento, passando lateralmente a maciço e sub-laminado, micromicáceo, bastante consistente. |
| | | | 0 | | Folhelho cinza escuro a prêto, laminado, micromicáceo, fraturado irregularmente, físsil, intercalado com finos leitos de arenito creme e avermelhado, pouco friável, finamente estratificado, as vêzes micromicáceo. |

Calculo das espessuras baseado em leituras altimétricas ( aprox. 1m), com as correções das variações barométricas.

4.4.2.4 - Características Petrográficas

As melhores exposições da Formação Pimenteiras situam-se ao longo da estrada Burití dos Lopes-Estreito, às margens do rio Longá, permitindo a observação quase contínua de toda a secção, no sentido do mergulho das camadas. A partir do contato com a Formação Serra Grande, 1 a 2 km a norte de Burití dos Lopes, afloram siltitos cremes e cinzentos, ora argilosos, ora arenosos, consistentes, finamente estratificados, que se destacam em lajes de 1 a 5 cm de espessura. Inter-estratificados nesta sequência, ocorrem ocasionais leitos de folhelho cinza escuro e esverdeado, e de arenito fino, bem selecionado, de tons creme a cinza, micáceo, silto-argiloso, pouco friável, finamente acamadado. Em direção ao contato superior, passa a predominar o folhelho cinza escuro, esverdeado ou arroxeado, por vezes síltico, algo micáceo, com intercalações de arenitos finos e siltitos, finamente laminados e friáveis. Esta secção é afetada na área de São Domingos pelas intrusões de diabásio, reultando num metamorfismo térmico incipiente.

No extremo sul da área de ocorrência, os folhelhos e siltitos apresentam-se laterizados. Nos cortes da estrada Alto Alegre-Piracuruca, observam-se perfis de 5 a 6 m de laterita.

Próximo ao contato com a Formação Cabeças, aflora o folhelho cinza escuro, em parte esverdeado, finamente estratificado, com intercalações de leitos sílticos, creme e cinzentos, e intercalações de arenitos, de forma mais restrita do

que as assinaladas na área de São Domingos.

4.4.2.5 - Idade e Paleontologia

Caster definiu a idade da Formação Pimenteiras como sendo do Devoniano Inferior, com base na fauna encontrada nos folhelhos da região de Picos, in Blankennagel (op. cit.).

Kegel (op. cit.), encontrou restos de peixe na base do Membro Picos, equivalentes aos encontrados no Devoniano Inferior da Europa e América do Norte e trilobitas do Devoniano Inferior.

Brito & Santos, (op.cit.), encontraram microfósseis do gênero Leiofusa, do Devoniano Inferior, correspondente à zona inferior, de Muller, correlacionado à parte inferior da Formação Curuá e Formação Ariramba, da Bacia Amazônica e algumas espécies comuns ao Devoniano da Bacia do Paraná e da Série Jatobá, de Pernambuco. No zoneamento de Muller, a Formação Pimenteiras compreende os intervalos R a P, do Devoniano Inferior a Médio, correlacionada à Formação Ponta Grossa do Paraná, in Aguiar, (op. cit.).

Neste relatório adotamos a idade Devoniano Inferior/Devoniano Médio para o pacote de folhelhos e siltitos da Formação Pimenteiras.

4.4.2.6 - Ambiente de Sedimentação

A fauna de braquiópodos, pelecípodos, trilobitas e

peixes encontrada nos folhelhos da secção superior da Formação confirmam o ambiente francamente marinho para esses depósitos. A transgressão marinha iniciada no Siluriano atingia agora seu clímax. O relêvo nas margens da bacia, quase peneplanizado, só fornecia pequena quantidade de detritos. Talvez, modificações climáticas de curta duração alternassem as condições de transporte dos materiais carreados nas margens da bacia, resultando nos inúmeros ciclotemas observados nos perfis, da base ao tôpo da formação. No fim do período Pimenteiras começa a tendência de epirogênese na bacia, aumentando a influência do continente, que se reflete na sedimentação, pela maior frequência de arenitos, no tôpo da formação.

### 4.4.3 - Formação Cabeças - Dc

#### 4.4.3.1 - Definição

Foi Plummer, (op.cit.), que deu o nome de Formação Cabeças aos arenitos, que ocorrem nas vizinhanças da vila do mesmo nome, a norte de Picos, no Piauí, e dividiu a nova formação em três membros: Passagem, Oeiras e Ipiranga. Kegel, (op.cit.), em estudos também na área de Picos, considerou o Membro Ipiranga e concluiu que o Membro Oitis, definido por Plummer como a secção inferior da Formação Pimenteiras, se correlaciona com o Membro Passagem, sugerindo, que se abandonasse o uso do termo Oitis. Blankennagel, (op.cit.), num estudo mais amplo da Bacia, verificou que a subdivisão de Plummer só é distinta na região de Picos, preferindo adotar o termo Cabeças num sentido genérico, para definir os arenitos que ocorrem entre os folhelhos e siltitos das Formações Pimenteiras e Longá.

Neste relatório, adotamos o termo Cabeças para definir os arenitos de grã fina à média, com ocasionais intercalações de siltito, apresentando-se comumente em bancos maciços ou com estratificação irregular, intensamente fraturados, que formam localmente mesetas com escarpas abruptas e tôpo plano, e mais frequentemente afloram como testemunhos isolados de erosão ruiniforme.

4.4.3.2 - Área de Ocorrência

A Formação Cabeças aflora desde a margem ocidental do Rio Longá em uma faixa contínua de contorno bastante irregular, com largura variando entre 7 e 10 km aproximadamente. Possui direção NW-SE na área do Longá, passando a N.NW-S.SE entre Volta da Jurema e o extremo sul da folha de Piracuruca.

Nos esboços geológicos de Kegel, (op.cit.), e Blankennagel, (op.cit.), verifica-se grande divergência quanto às áreas de ocorrência da Formação Cabeças. Kegel coloca o contato Cabeças/Longá na margem ocidental do Longá, a leste do meridiano de 42º W, enquanto Blankennagel desloca esse contato mais para oeste. Não há realmente nenhuma correspondência distintiva no padrão fotogeológico entre aquela área inferida por Blankennagel como sendo Formação Longá, e as áreas circunvizinhas que êle atribui à Formação Cabeças. No perfil Caxingó-Tinguís de Cima, afloram os folhelhos cinza escuros típicos da Formação Longá, com intercalações de siltitos e de arenitos, concordando inteiramente com o esboço geológico traçado por Ferreira, (1967).

4.4.3.3 - Modo de Ocorrência

A Formação Cabeças encontra-se em avançado estágio de dissecação na área mapeada, restando só algumas mesetas baixas e testemunhos de erosão com formas bizarras, muito características. Na escarpa do serrote do entroncamento da estrada de Cocal com a estrada Piracuruca-Parnaíba, afloram 50-60 metros de arenitos de grã média, em bancos maciços de 3-4 m de espessura, horizontalizados e intensamente diaclasados. O contato com a Formação Pimenteiras é concordante, embora em nenhum perfil tenha sido observado diretamente.

Esta Formação mostra ainda intenso diaclasamento retilíneo em uma malha fina, visível a NW de Volta da Jurema e SW de Piracuruca, e uma drenagem rarefeita, estilo retangular, condicionada às linhas de fraturamento predominantes (NW-SE e NE-SW).

Devido às poucas exposições e ao relêvo quase aplainado foi impossível determinar a espessura por métodos diretos no terreno, sendo estimada entre 120 a 150 m para a área do Rio Longá, com base no mergulho regional (em torno de 1º para S.SW). Blankennagel, (op.cit.), avalia em 250 m, incluindo aí, toda a sequência de arenitos finos da base da Formação Longá.

4.4.3.4 - Características Petrográficas

A Formação Cabeças consiste essencialmente de arenitos de grã fina à média, por vezes grosseira, com ocasio

nais intercalações de siltitos e mais raras de folhelhos. O perfil Estreito-Caxingó, paralelamente ao Rio Longá, embora com observações fragmentadas, permitiu-nos uma análise litológica de quase toda a sequência. A secção inferior constitui-se de arenito fino, às vezes síltico, creme e cinza claro, ou avermelhado quando intemperizado, regular e bem selecionado, friável, com intercalações esporádicas de siltito creme, laminado. Na parte média, a grã do arenito passa à média e não raro grosseira, com acamamento geralmente irregular, ou em bancos maciços. Da parte média para o tôpo, são mais frequentes as intercalações de siltitos cremes, laminados, friáveis ou consistentes, e raramente de folhelhos cinza escuros, finamente laminados, mostrando localmente sinais de recozimento nos contatos com os "sills" de diabásio.

Em todos os perfis estudados encontram-se "sills" de rochas básicas, próximo ao contato superior e associados aos contatos siltito/arenito. Geralmente, o arenito torna-se castanho ou vermelho escuro, às vezes com aspecto de jasperito.

4.4.3.5 - Idade e Paleontologia

Não foram encontrados ainda restos fósseis na borda leste da Bacia. Nos perfis da região de Picos, Kegel (op. cit.), encontrou leitos fossilíferos na secção inferior (Membro Passagem), compostos de branquiópodos, lamelibrânquios, gastrópodos e trilobitas, incluindo formas típicas do Devoniano. Na secção intermediária (Membro Oeiras, de Plummer) não foi encontrado nenhum resto fóssil. Na sequência superior (Membro Ipiranga) Kegel, (op.cit.), coletou vários fósseis

nos testemunhos do furo de Carolina, Maranhão, típicos do Devoniano Inferior e Médio.

A Formação Cabeças contém pólens da zona P de Muller, de idade devoniana média a superior, in Aguiar, (op. cit.). Brito & Santos, (op.cit.), encontraram microfósseis do gênero Pseudolunulidia, abundante também na zona Q superior da Formação Curuá, do Devoniano Médio da Bacia Amazônica.

Adotamos neste relatório idade devoniana média a superior, com base nos dados paleontológicos acima mencionados.

4.4.3.6 - Ambiente de Sedimentação

A Formação Cabeças documenta a primeira tendência de levantamento geral da Bacia, com movimentos epirogenéticos diferenciais. A borda leste, sendo a mais levantada, fica mais sob influência continental, com uma ecologia desfavorável ao desenvolvimento da fauna marinha, manifestada pelo caráter afossilífero dos estratos.

O caráter irregular dos estratos mostra condições instáveis de sedimentação, num ambiente provavelmente deltáico ou sublitorâneo, com marcas de onda na superfície de acamamento dos arenitos finos e intercalações de leitos com concentrações de minerais pesados, na base e tôpo da sequência. As condições de águas rasas e agitadas perduraram por todo o período Cabeças, manifestando-se repetidamente condições mais

regulares de sedimentação. No final do período, assinala-se nova tendência de abaixamento geral para toda Bacia.

### 4.4.4. - Formação Longá - D1

#### 4.4.4.1 - Definição

Albuquerque & Decquech propuseram o nome de "folhelhos Longá" para designar os folhelhos escuros, que afloram no vale do Rio Longá, in Blankennagel, (op.cit.). Campbell, (op.cit.), usou o nome "formação Rio Longá" para identificar a sequência de folhelhos escuros com abundantes leitos de siltito, existentes entre as formações Potí e Serra Grande, equiparando-a estratigraficamente às formações Itaueira e Tranqueiras, de Plummer. Kegel, (op.cit.), estudou os folhelhos da região do Rio Itaueira tendo constatado que as camadas Itaueira de Plummer eram bem diferentes e bem mais modernas que os folhelhos devonianos do Rio Longá.

Consideramos como Formação Longá toda a sequência de folhelhos cinza escuros com intercalações geralmente milimétricas, varviformes, de siltitos cinza, e com camadas de 2 a 3 metros de arenitos e siltitos interestratificadas e estratigraficamente posicionada entre os arenitos das Formações Cabeças e Potí Inferior.

#### 4.4.4.2 - Área de Ocorrência

A Formação Longá ocupa quase toda parte oeste da

folha de Piracuruca e extremo sudoeste da folha de Burití dos Lopes, se estendendo para além do limite oeste da área do Projeto, onde os arenitos Potí, já se encontram totalmente dissecados. Em toda área mapeada são poucas as exposições dos folhelhos cinza escuros típicos da Formação, por serem mais suscetíveis aos processos erosivos que os arenitos e siltitos intercalados na sequência. São encontrados geralmente nas calhas dos pequenos riachos e em alguns cortes da estrada Caxingó-São Caetano e Volta da Jurema-Tinguís de Cima, (foto 21).

4.4.4.3 - Modo de Ocorrência

Uma das características mais notáveis dos folhelhos Longá é o acamamento regular, varviforme, que os tornam facilmente destacáveis em lajes de 3 a 5 cm de espessura. Os folhelhos assumem um padrão fotogeológico bem distinto, com textura fina, tons cinza escuros, superfície sub-aplainada, vegetação baixa e rala, e uma drenagem retangular, conspicuamente condicionada às linhas de fraturamento NW - SE e N.NW - S.SE.

Devido às perturbações causadas pelas intrusões de rochas básicas, formando extensos "sills" sub-aflorantes, notadamente nas áreas a sul de Caxingó, as formas de ocorrências dos folhelhos, siltitos e arenitos da formação são bastante irregulares, mostrando-se por vezes endurecidos por recozimento, com aspecto córneo e manchetados de verde. É a formação que apresenta maior contingente de intrusões de rochas básicas.

Em nenhum lugar foi observada uma sequência extensa e em relêvo, de modo a permitir medida de secções. Com base no mergulho regional (inferior a 1º para SW), estima-se entre 100 e 120 m a espessura da Formação na área de Cajazeiras, parecendo ser um valor aproximadamente constante para toda a área mapeada.

4.4.4.4 - Características Petrográficas

A Formação Longá é constituida essencialmente por folhelhos marinhos, cinza escuros, com estratificação fina, e leitos de siltitos e arenitos intercalados, mais abundantes nas partes superior e basal da formação.

No perfil Piracuruca-Barra do Piracuruca, passa-se dos arenitos finos da Formação Cabeças para o folhelho cinza escuro, finamente laminado, em parte micromicáceo, geralmente bandeado com folhelhos ou siltitos de tons cinzas mais claros, à semelhança de varvitos. Quando lisos, apresentam-se em finas lâminas milimétricas, ou em camadas de 2 a 3 cm, quando mais siltosos ou arenosos. Em toda a secção, intercalam-se camadas de 2 a 3 metros de arenitos finos, creme e avermelhados, bem classificados, laminados ou em camadas maciças de 4 a 5 cm de espessura e siltitos cremes e cinza escuros, argilosos, laminados, pouco friáveis. Na parte basal ocorre um extenso "sill" de diabásio, que aflora entre São José e Barra do Piracuruca. Como em todas as outras ocorrências assinaladas, esse "sill" está associado ao contato arenito/siltito.

Talvez o caráter mais arenoso da Formação, ou o maior número de exposição de arenitos e siltitos que de folhelhos típicos, na faixa de afloramento mapeada, tenha conduzido Blankennagel a considerá-la toda ou em parte como pertencente à Formação Cabeças, estendendo-a para além do limite oeste da área do Projeto.

4.4.4.5 - Idade e Paleontologia

Nas bordas leste e nordeste da Bacia, a Formação ainda não forneceu fósseis. Kegel, (op.cit.), encontrou na região de Elesbão Veloso, uma fauna de lamelibranquios, característica da parte inferior do Devoniano Superior. Como as camadas suprajacentes da Formação Potí contém uma flora de Carbonífero Inferior, Kegel situa a Formação Longá no Devoniano Superior.

A Formação Longá contém pólens da zona O, de Muller, de idade devoniana superior a mississipiana, in Aguiar, (op.cit.), equiparada à parte superior da Formação Curuá da Bacia Amazônica. Com bases nesses dados, consideramos a Formação Longá como sendo do Devoniano Superior.

4.4.4.6 - Ambiente de Sedimentação

Os folhelhos da Formação Longá se caracterizam por formar intercalações varviformes de folhelhos e/ou siltitos, em estratos planos, característicos de condições de águas tranquilas e profundas, num ambiente francamente marinho e quimicamente redutor. Os ciclotemas parecem resultar

de alterações climáticas nas margens da Bacia. O adelgaçamento das camadas Longá, nas bordas leste e nordeste da Bacia, combinadas à uma frequência maior das intercalações de camadas arenosas indicam que, durante a deposição da Formação, esta parte da Bacia continuava ainda mais levantada e próxima da margem, com maior influência continental.

### 4.4.5 - Formação Potí - Cp

#### 4.4.5.1 - Definição

O têrmo Potí foi usado primeiramente por Lisboa para designar as sequências de arenitos e folhelhos, que afloram no vale do rio do mesmo nome, no estado do Piauí, in Oliveira & Leonardos, (op.cit.). Campbell, (op.cit,), chamou de Formação Potí aos siltitos, arenitos e folhelhos, que ocorrem estratigraficamente entre as Formações Pedra de Fogo e os folhelhos cinza escuros da Formação Longá, e subdividiu-a em duas camadas: Piauí (superior), representada por arenitos, siltitos e folhelho castanho-avermelhado e Campo Maior( inferior), com camadas alternadas de siltitos, arenitos e folhelhos, de cor cinza, com predominância maior de siltitos.

Mapeamos como Formação Potí, a sequência de arenitos e siltitos que afloram na margem ocidental do rio Longá. Essas camadas correspondem só aos primeiros 30 m da secção basal da Formação.

#### 4.4.5.2 - Área de Ocorrência

A Formação Potí tem pequena representação na área do Projeto, ficando restrita à margem ocidental do Rio Longá. Segundo Blankennagel, (op.cit.), a Formação Potí não ocorre na área objeto deste relatório. A pequena penetração na faixa de afloramento da Formação Longá, que este autor indica na região de Mudança, coincide em parte com as chapadas de arenitos, que foram mapeadas como Formação Potí. De acordo com o mergulho regional, para oeste, a secção aflorante na região de Mudança corresponderia à parte basal da Formação Longá, descrita por aquele autor como folhelhos com intercalações de siltitos e arenitos finos, rochas brandas, que não assumiriam uma configuração morfológica cuestiforme, principalmente numa área de interflúvio dos rios Longá e Parnaíba.

4.4.5.3 - Modo de Ocorrência

Os primeiros 30 metros de sequência basal da Formação Potí, que afloram no vale do Longá, formam uma extensa chapada, limitada a leste por uma escarpa de contorno irregular, que deve representar a ocorrência mais oriental da Formação Potí. As características fotogeológicas são semelhantes às das formações arenosas subjacentes, com drenagem rarefeita e vales abertos. A drenagem é mais aberta, estilo dentrítico, sem condicionamento às linhas de fraturamento, e menos densa que as assinaladas nas áreas de ocorrências das Formações Cabeças e Serra Grande.

O mergulho regional, da ordem de 3 a 4 m/km para SW, é menos acentuado que nas camadas subjacentes, e próprio de camadas mais modernas depositadas em bacias intra-conti

nentais.

4.4.5.4 - Características Petrográficas

Restringimo-nos à descrição dos primeiros 30 metros da secção basal da sequência, que aflora na escarpa da chapada, na margem ocidental do Rio Longá, na estrada Tinguís de Cima-Esperantina. Trata-se de uma sequência monótona de arenito cinza, róseo ou esbranquiçado, síltico, friável, maciço ou acamado em leitos de 10 a 15 cm de espessura, com estratificação cruzada tipo tabular. Intercalam-se leitos de siltito creme-amarelado, por vezes bandeado de castanho escuro ou cinza esbranquiçado, arenoso, podendo conter intercalações milimétricas de minerais escuros associados aos leitos de areniitos de grã média, indicativos de condições sublitorâneas de deposição.

4.4.5.5.- Idade e Paleontologia

Nos restos fósseis coletados no furo 125 de Teresina, no intervalo 219-423 m, foi identificada por Duarte uma flora de idade westfaliana, in Kegel, (1954). Dolianiti descreveu a flora da parte superior da formação, in Kegel, (op. cit.), atribuindo-lhe idade dinantiana. Kegel estudou a fauna encontrada nesses mesmos testemunhos, tendo verificado que 5 a 10 m acima do tôpo da Formação Longá, naquela região central do Piauí, desenvolve-se uma camada bastante fossilífera, que serviu de camada-chave para correlação dos perfis dos res

pectivos furos. A fauna por ele descrita incluía várias espécies atribuídas ao Devoniano Superior e Carbonífero Inferior. Muller, baseado em dados palinológicos, atribuiu idade mis - sissipiana para toda formação, situando-a na biozona "N", encontrada também no trânsito Formação Maecuru/Formação Monte Alegre, da Bacia Amazônica, in Aguiar, (op. cit.). Com base nesses estudos, admitimos neste trabalho a Formação Potí como pertencente ao Carbonífero Inferior.

4.4.5.6 - Ambiente de Sedimentação

No desenvolvimento paleogeográfico da Bacia, o mar siluro-devoniano experimenta no Carbonífero Inferior a primeira fase regressiva, sujeita a movimentos epirogenéticos uniformes e generalizados. As areias regressivas da secção inferior da Formação Potí, foram depositadas em mar raso, em condições sublitorâneas e com uma fauna pobremente diversificada. Com a regressão do mar siluro-devoniano no final da parte inferior da Formação Potí, devem ter-se formado extensas lagoas, numa superfície praticamente aplainada, bordejadas por uma flora provavelmente pouco desenvolvida.

## 4.5 - INTRUSIVAS BÁSICAS MESOZÓICAS - (Jdb)

### 4.5.1 - Definição

As primeiras notícias sobre ocorrências de rochas básicas na Bacia do Meio Norte foram dadas por Lisboa, quando descreveu os derrames basálticos de Grajaú, no Maranhão, tendo correlacionado-os aos derrames de São Paulo, in Mesner & Wooldridge, (1964). Campbell, (op. cit.), deu o nome de Formação Enxu, de idade jura-cretácica, às camadas de arenitos e lençóis de diabásio, que ocorrem entre a Formação Codó (Cretáceo) e os folhelhos sílticos da Formação Motuca (Jura-Cretáceo). Além dos derrames, o vulcanismo na Bacia do Meio Norte manifesta-se sob as formas de diques, "sills" e soleiras.

Nas ocorrências assinaladas na área do Projeto, os "sills" são preferencialmente intertrapeados nas zonas de contato Longá/Cabeças e Cabeças/Pimenteiras, associados aos contatos arenito/siltito, e apresentam uma afinidade invariavelmente toleítica.

### 4.5.2 - Área de Ocorrência

As ocorrências de diabásio são praticamente restritas ao vale do rio Longá, nas áreas de São Domingos, Caxingó, Granjo, Jenipapeiro e Barra do Piracuruca. Aflora também no leito do rio, formando as corredeiras de Barra do Piracuruca e Tinguís de Cima. Aparentemente, tratam-se de o-

corrências isoladas, mas tudo leva a crer que sejam uma mesma soleira aflorante nas áreas baixas, onde a capa foi removida pela erosão. Outras ocorrências menores, associadas aos contatos Longá/Cabeças e Cabeças/Pimenteiras, foram observadas ainda em Tamboril, Caraúbas e Mucambo.

### 4.5.3 - Modo de Ocorrência

Embora sejam comuns em outras áreas da Bacia os diques discordantes, penetrando a sequência paleozóica, esta forma de ocorrência foi observada apenas raramente na área do Projeto. Nas fotografias aéreas configuram-se como alinhamentos retilíneos, ressaltados pela vegetação tipo galeria.

As intrusões apresentam-se em forma de "sills", de formas e dimensões variadas intertrapeadas nos contatos arenito/siltito.

Nos afloramentos, os diabásios mostram-se profundamente alterados em um solo argiloso castanho escuro e preto, com grande quantidade de blocos espalhados sobre o terreno, com diâmetros entre 20 e 30 cm, geralmente esferoidais ou ovalados, resultantes da esfoliação em capas concêntricas de alteração, (fotos 22 e 23). Nas fotografias aéreas as ocorrências são bem distintas, com textura fina, tons escuros, sem capa vegetal, formando áreas planas e baixas.

Nas rochas encaixantes, os corpos de diabásio produziram um metamorfismo incipiente. Por vezes, os arenitos e siltitos perdem o aspecto estratiforme, tornando-se maciços,

duros, cor acastanhada, e fracamente silicificados. Os folhelhos mostram-se bastante duros, com textura córnea e manchetados de verde.

4.5.4 - Características Petrográficas

Três tipos petrográficos foram identificados entre os "sills", independentes da natureza das encaixantes. No extremo sudoeste da folha Piracuruca, encaixados entre siltitos e arenitos da Formação Longá, ocorre o quartzo-diabásio, com pigeonita; no vale do Longá, no povoado de Há Mais Tempo, provavalmente ligado à mesma soleira da ocorrência anterior, ocorre diorito normal; e na área de Franca, o diabásio é normal, com pigeonita e augita. Em Tinguís de Cima, no corte da estrada Esperantina-Volta da Jurema, o diabásio apresenta textura gabróide, com cristais de plagioclásio medindo até 0,9 mm, maclados, e cristais de piroxênio equigranulares, mui alterados. Dentro do corpo de diabásio observam-se enclaves de arenito fino, com a estrutura estratiforme original, ligeiramente silicificado, e cor castanho escura.

O quartzo-diabásio da estrada Piracuruca-Batalha, se apresenta cinza escuro a preto, holocristalino, grã média, textura diabásica típica, com os plagioclásios alongados (1-2 mm) distribuidos erraticamente e com os interstícios preenchidos por piroxênio. Ao microscópio, o plagioclásio foi identificado como labradorita, e o piroxênio, como pigeonita.

O diabásio de Franca, trapeado na Formação Serra Grande, apresenta-se com grã média, holocristalina, textura diabásica típica, cinza escuro a preto, destacando-se alguns cristais mais desenvolvidos de plagioclásio (0.4 a 0.9 mm). Os minerais essenciais são a labradorita, em pequenas ripas geminadas e argilisada; pigeonita em cristais geralmente irregulares, alterados para argila ou para biotita com opacos associados; e augita, em quantidade subordinada.

O diorito de Há Mais Tempo possui uma grã mais fina, com textura hipidiomórfica granular, cor cinza escuro a preto, sendo o plagioclásio mais sódico (andesina) que nas ocorrências anteriores, apresentando-se em cristais ripiformes, zonados, levemente argilizados, por vezes mostrando intercrescimento com quartzo primário. Preenchendo os interstícios dos plagioclásios, ocorrem pigeonita e secundariamente, augita parcialmente alterada para biotita.

4.5.5 - Idade

As intrusões e derrames de rochas básicas da Bacia do Meio Norte estão relacionados ao vulcanismo trapeano do final do Jurássico, cujos diques, derrames, "sills" e soleiras ascenderam ao longo de um fraturamento pré-existente, resultante dos esforços de distensão da primeira fase da chamada "reativação Wealdeniana" da plataforma brasileira, Almeida, (op. cit.). As datações radiométricas procedidas em amostras de diabásio do Brasil, África e Austrália, Gomes, (1968), estão de acordo com o posicionamento do diabásio na coluna

cronoestratigráfica da Bacia. A idade absoluta foi calculada entre 120 a 200 milhões de anos, colocando os derrames no intervalo Triássico-Cretáceo Inferior.

Na coluna estratigráfica adotada neste trabalho, os diabásios foram colocados no Jurássico, com base nos dados acima mencionados.

## 4.6 - COBERTURAS CENOZÓICAS

### 4.6.1 - Formação Pirabas - (Tp)

#### 4.6.1.1 - Definição

Os calcários fossilíferos que afloram na zona litorânea entre Bragança e Salinas, na foz do rio Pirabas, Estado do Pará, foram descobertos pelo naturalista Ferreira Penna, que coletou grande quantidade de fósseis. Maury(1924), denominou aqueles calcários de Formação Pirabas, e correlacionou os gastrópodes e pelicípodes com as faunas do Mioceno Inferior da América Central, Antilhas e América do Norte.

Durante muito tempo, os calcários do baixo Parnaíba foram correlacionados litologicamente aos calcários da Formação Pirabas do litoral paraense. Ferreira, (1964), confirmou essa correlação com base em análises paleontológicas.

Na área do Projeto Jaibaras, a Formação Pirabas é caracterizada por calcários marinhos altamente fossilíferos, com teor variável de argila. Foram depositados em camadas horizontalizadas de 4 a 6 m de espessura, repousando ora diretamente sobre o embasamento cristalino, ora sobre os sedimentos paleozóicos.

#### 4.6.1.2 - Área de Ocorrência

Na área do Projeto as ocorrências de calcário da

Formação Pirabas estão limitadas à faixa costeira a oeste do maciço granitóide de Chaval. A ocorrência mais oriental conhecida é aquela da encosta dos tabuleiros cenozóicos, na margem do rio São Miguel, com fácies típica de borda de bacia.

Além das ocorrências de Lama Preta, Monte Alegre e Cajueiro, na margem oriental do rio Parnaíba, foram agora assinaladas as ocorrências de Estreito, no vale do Longá, e da margem da Lagoa do Saco, no Maranhão. Outra nova ocorrência foi assinalada em Olho d'Água, entre os rios Longá e Parnaíba, cerca de 3 km a sul de Corôa de São Remijo. Na praia de Atalaia, Município de Luiz Correia, os poços 1LC-01-PI e 1LC-02-PI perfurados pela CPRM, foram encerrados ao atingirem o topo da camada de calcário a 23 m (-13) e 21 m (-11), respectivamente.

4.6.1.3 - Modo de Ocorrência

A Formação Pirabas jaz concordantemente sob a cobertura arenosa do Grupo Barreiras, com espessura variando entre 4 e 6 metros. Em alguns lugares interpõe-se uma capa laterítica entre a cobertura arenosa e o manto intemperizado do calcário subjacente. Na área do Rio São Miguel, logo abaixo da camada de calcário aflora o migmatito granitóide no leito do rio. Nas demais ocorrências não se pode observar a relação do contato inferior, porém nas ocorrências mais setentrionais, a oeste dos rios Longá e Parnaíba, a Formação Pirabas depositou-se claramente sobre os sedimentos paleozóicos da

Bacia do Meio Norte.

4.6.1.4 - Características Petrográficas

Na localidade Várzea, na margem da estrada Parnaíba-Chaval, ocorre folhelho cinza esverdeado e amarelo escuro, calcífero, com estratificação pouco desenvolvida, friável e pouco físsil. Acima, segue-se uma capa de 1 m de laterita castanha escura e a cobertura arenosa, com 3 a 4 m de espessura. Mais ao sul, na localidade conhecida por Vista Alegre, em posição estratigráfica mais elevada que o folhelho acima descrito, ocorrem blocos isolados de calcário creme-amarelado, maciço, consistente, criptocristalino, dolomítico, algo argiloso, em parte levemente silicificado, afossilífero.

Em Monte Alegre, sob a capa laterítica, ocorre o seguinte perfil: 0,70 m de solo cinza escuro, margoso, com matéria orgânica; 2,0 m de calcário margoso, creme-amarelado, intemperizado; e 3,0 m de calcário margoso, amarelo escuro, consistente, acamamento incipiente e parte maciço, criptocristalino, com horizontes coquinóides, e restos de plantas.

Os calcários do vale do Parnaíba e Longá apresentam uma fácies mais cálcica, podendo conter intercalações alternadas de leitos argilosos, que refletem bem as variações das condições de sedimentação.

Na ocasião de nossa visita às ocorrências de Saco e Olho d'Água, as escavações tinham apenas penetrado o tôpo

da camada de calcário. Acima do folhelho cinza claro, levemente arroxeado, sublaminado, friável, que aflora na margem da Lagoa do Saco, ocorre o calcário creme-amarelado, maciço, margoso, criptocristalino, por vezes formando bancos maciços de 20 a 30 cm de espessura.

4.6.1.5 - Idade e Paleontologia

Uma das características da Formação Pirabas é a existência de camadas altamente fossilíferas, constituindo-se em alguns lugares de camadas coquinóides, como na região do baixo Parnaíba. Os fósseis mais abundantes são gastrópodes e palecípodes e subordinadamente, equinóides, crustáceos, peixes, briozoários e raramente, alguns restos de plantas e foraminíferos.

C. J. Maury, (op. cit.), fez uma revisão dos fósseis dos calcários do rio Pirabas, tendo descrito cerca de 27 gêneros de gastrópodes e mais de 25 pelecípodes, chegando à conclusão de que eram mais recentes que o Eoceno Inferior, e verificando uma afinidade muito grande com as faunas do Mioceno Inferior da América Central e Antilhas, idade posteriormente comprovada por outros pesquisadores.

Com a finalidade de definir paleontologicamente as ocorrências do baixo Parnaíba, C.S. Ferreira, (op. cit.), coletou várias amostras em Cajueiro, Lama Preta, Monte Alegre, Angico e Várzea. Do mesmo modo que nas localidades tipo do Pará, na fauna do baixo Parnaíba, predominam os pelecípodes

gastrópodes, e secundariamente, os briozoários, crustáceos, peixes e escafópodes. Das 56 espécies descritas da fauna do baixo Parnaíba, Santos & Travassos, (1960), encontraram 73% de espécies comuns à Formação Pirabas no Pará, estabelecendo definitivamente a contemporaneidade dessas camadas e suas afinidades com os sedimentos de várias localidades da zona caraibica, atribuidas ao Mioceno Inferior, que adotamos neste trabalho.

4.6.1.6 - Ambiente de Sedimentação

As condições marinhas de águas rasas e movimentadas para deposição do calcário Pirabas na área mapeada se apoiam nos seguintes fatos:

1 - existência de horizontes de coquina, com grande quantidade de conchas quebradas.

2 - presença de clásticos grosseiros carregados do continente, associados ao calcário dolomítico do rio São Miguel;

3 - presença de plantas fósseis, Ferreira, (op. cit.), na camada superior do calcário de Cajueiro;

4 - malacofauna da ocorrência do Rio São Miguel com espécies típicas de zona litorânea ou de mangues. Na ictiofauna das ocorrências paraenses, Santos & Travassos, (op. cit.), encontraram uma predominância de formas de zonas litorâneas, de mares tropicais.

Com a sedimentação da Formação Pirabas encerra-se definitivamente o ciclo marinho, seguindo-se, depois da regressão marinha, a deposição generalizada dos depósitos cenozóicos, recobrindo as camadas de calcário e rochas pré-Cambrianas que bordejavam a antiga bacia.

### 4.6.2 - Formação Camocim - (Tc)

#### 4.6.2.1 - Definição

As camadas sedimentares pós-cretáceas ocorrentes ao longo de toda a costa do nordeste oriental e no litoral norte, com exceção da Formação Pirabas, são genericamente referidas na literatura como Formação ou Grupo Barreiras. Em que pese a confusão observada na interpretação estratigráfica deste grupo e das formações que o compõem, é notória a existência de uma grande semelhança, em todos os perfis descritos, de suas características sedimentológicas e texturais. São sedimentos inconsolidados e friáveis, argilo arenosos, incluindo desde níveis conglomeráticos grosseiros até argilas puras, mal classificadas, de cores fortes e variegadas.

Na costa norte do Ceará, entre o vale do rio Acaraú e a região de Chaval, ocorre uma formação sedimentar de cobertura, que pelas suas características litológicas, estruturais e posicionamento estratigráfico, não encontra similar nos perfis conhecidos do Grupo Barreiras, constituindo uma unidade nova e ainda não descrita na geologia cenozóica do

nordeste, para a qual propomos a denominação de FORMAÇÃO CAMOCIM.

A Formação Camocim, na forma aqui definida, corresponde a um conglomerado grosseiro constituido de seixos centimétricos de quartzo, geralmente bem rolados, com cimento laterítico extremamente duro e compacto, que ocorre desde o litoral até penetrações de 50 km para o interior, como uma capa horizontal, de espessura irregular, com valores máximos estimados da ordem de 20 metros, repousando sobre uma superfície de erosão do cristalino ou das formações do Grupo Jaibaras. Seu afloramento e perfil típico corresponde a falésia na barra da baia de Camocim, na praia do Farol, nos arredores da cidade que empresta seu nome a nova formação (foto 24).

4.6.2.2 - Área de Ocorrência

A Formação Camocim ocorre conspicuamento ao longo da faixa costeira já referida na forma de pequenas falésias, como exemplo maior na barra de Camocim. Estende-se para o interior como uma capa descontínua, com as melhores exposições e áreas de afloramento na região de Martinópole-Jaguarapí e nos arredores de Itacolomy. O posicionamento horizontalizado da Formação Camocim aliado a sua pequena espessura e o recobrimento permanente dos sedimentos do Grupo Barreiras, limitam as áreas de afloramento desta unidade as escarpas dos tabuleiros e as restritas faixas de desnudação daqueles sedimentos. Desta forma as áreas mapeáveis desta unidade na escala adotada são bastante reduzidas, o que pode sugerir

uma idéia falsa de sua extensão de ocorrência. De acordo com as observações de campo, quase toda a área mapeada do Grupo Barreiras, nas folhas Granja e parte das folhas Bela Cruz e Chaval, corresponde a área recoberta da Formação Camocim. Esta nova unidade estratigráfica é facilmente reconhecida no perfil ao longo da rodovia CE-71, no trecho Itacolomy-Camocim, e entre os quilômetros 315-317 da Rede de Viação Cearense, próximo a estação de Martinópole.

4.6.2.3 - Modo de Ocorrência

Em toda a área de ocorrência, a Formação Camocim caracteriza-se essencialmente por uma disposição horizontal, formando uma cobertura contínua sobre a superfície de erosão profundamente intemperizada do embasamento cristalino e mais raramente, sobre representações das Formações Pacujá e Aprazível. É recoberta por sua vez por sedimentos do Grupo Barreiras que preenchem paleo-canais e ravinamentos entalhados na Formação Camocim, denunciando a existência de uma superfície de erosão pré-Barreiras, (foto 25). Apresenta-se geralmente na forma de bancos espessos e contínuos sem estratificação evidente. No afloramento tipo, observa-se o desenvolvimento de um padrão de estratificação cruzada grosseira, denunciando uma grande instabilidade e variação das condições locais de deposição. As espessuras medidas da Formação Camocim alcançam os valores máximos na faixa de 15 a 20 metros no afloramento tipo e em alguns perfis, na área de Martinópole. Estimamos valores na faixa 8-10 metros como sua espessura média.

Morfologicamente, corresponde ao suporte das pequenas escarpas e formas de relevo remanescentes entalhadas em superfície correlacionável ao aplainamento do ciclo Velhas, cujo exemplo mais característico é a pequena chapada de Martinópole e os testemunhos isolados que a circundam.

A Formação Camocim forma ainda o sustentáculo do lado oeste da baia de Camocim, modelando-se em falésia viva (foto 24). Nas restritas áreas exumadas, esta formação abriga uma capa vegetal densa, de médio porte em nítido contraste com o tipo de vegetação rasteira prevalecente na região.

4.6.2.4 - Características Petrográficas

Uma extrema monotonia litológica caracteriza a Formação Camocim em todas as suas áreas de afloramento. É constituída por um ortoconglomerado grosseiro, oligomítico, de elevada maturidade, cimentado por material laterítico silico-ferruginoso de cores marrom, castanho e vermelho, extremamente duro e compacto. Os seixos de quartzo e quartzito maciço podem alcançar até 8-10 cm de diâmetro, predominando no entanto dimensões na faixa de 2-3 cm. Na área de Camocim, observa-se uma classificação regular do material com um pronunciado arredondamento dos grãos (foto 26). Mas, para o interior, nas áreas de Martinópole e Itacolomy, o conglomerado é mal classificado, predominando elementos angulosos e subangulosos (foto 27).

A matriz deste conglomerado, pelo grau de dureza

que confere a rocha, constitui sem dúvida elemento distintivo, que o singulariza das demais unidades cenozóicas do Nordeste. Trata-se de um material laterítico extremamente ferruginoso, sendo que em algumas áreas, por exemplo em Jeriquaquara, observa-se a dominância de material silicoso na matriz. Distinguimos na matriz uma fração detrítica, composta de areia quartzosa e uma fração química, que constitui o cimento, resultante da deposição e fixação de material laterítico silico-ferruginoso.

4.6.2.5 - Idade e Ambiente de Sedimentação

A ausência de fósseis na Formação Camocim bem como nas camadas do Grupo Barreiras que lhes sobrepõe, reedita na área a conhecida problemática do posicionamento no tempo das formações cenozóicas do Nordeste. O limite superior, é balizado pela idade do Grupo Barreiras, que recobre sem solução de continuidade esta unidade e a Formação Pirabas, de idade miocênica inferior, na região a oeste de Chaval.

O fato dos conglomerados Camocim não ocorrerem em áreas da Formação Pirabas e vice-versa, coincidindo este limite com o alto topográfico representado pelo maciço granitóide de Chaval, sugere uma deposição contemporânea das duas formações, apesar da sua diversidade litológica e ambiental. Temos ainda a considerar, que ambas formações foram afetadas pela mesma fase de laterização, que antecedeu a deposição do Grupo Barreiras.

Assim sendo, julgamos razoável atribuir à Formação Camocim a mesma idade da Formação Pirabas, isto é, Mioceno inferior. Em termos de evolução morfoclimática a Formação Camocim representa um extenso pedimento retrabalhado, relacionado ao aplainamento generalizado do Nordeste do fim do Oligoceno, início do Mioceno.

Sobre este pediplano, depositaram-se extensas cascalheiras, entulhando os paleo-vales de uma drenagem divagante e temporária, modelada em amplas calhas. A natureza do conglomerado Camocim, constituído exclusivamente por blocos de quartzo, indica a atuação na época de uma fase de intemperismo químico de grande intensidade, destruindo totalmente as litologias lábeis. O constante retrabalhamento do material propiciou uma melhor seleção e arredondamento dos seixos de quartzo, nas áreas de deposição próximo a costa, em contraste com o caráter anguloso dos seixos depositados nas regiões interiores, por exemplo, na região de Itacolomy-Paula Pessoa. Nos afloramentos da Praia do Farol em Camocim, distinguem-se claramente frequentes truncamentos em bancos com estratificação cruzada, denunciando mudanças bruscas no sentido das correntes, típicas de um vigoroso regime torrencial.

### 4.6.3 - Grupo Barreiras Indiviso - (TQb)

#### 4.6.3.1 - Definição

O termo "BARREIRAS" foi usado por Branner, em 1902, in Mabesoone et alii, (1972), quando se referiu aos

sedimentos variegados, inconsolidados, que ocorrem de forma contínua por toda faixa costeira desde o Estado do Rio de Janeiro até a foz do Amazonas. Oliveira & Leonardos, (op. cit.), reune esses depósitos costeiros sob o nome de "série Barreiras". Oliveira & Ramos, (1956), chamaram "Formação Barreiras" aos mesmos sedimentos na costa norte de Recife. Kegel, (op. cit.), restringiu o termo "Formação Barreiras" na região costeira do Rio Grande do Norte, às camadas variegadas superiores, e "Infra-Barreiras", à camada de areias argilosas e caulínicas da base. Bigarella & Andrade (1964), estudaram alguns perfis em torno de Recife, e propuseram o termo "Grupo Barreiras", incluindo uma sequência inferior, denominada de Formação Guararapes, e sobre esta, depositada em discordância erosiva, a Formação Riacho Morno, correlacionada à Formação Barreiras de Kegel.

Campos (1969), discerniu mais duas formações na região de Natal, recobrindo a Formação Riacho Morno de Bigarella & Andrade e separada por outra disconformidade de erosão. São as formações Macaíba, inferior, e Potengi, na parte superior. Mabesoone et alii, (op. cit.), em pesquisas na faixa costeira do nordeste ocidental contestaram a existência das Formações Riacho Morno e Potengí, definindo-as como meras capas de intemperismo das formações subjacentes, respectivamente, Guararapes e Macaíba.

Na área do Projeto Jaibaras, adotou-se o termo Grupo Barreiras indiviso para definir os sedimentos inconsolidados, afossilíferos, que ocorrem praticamente por toda a faixa costeira. Consistem essencialmente de areias limpas, de

coloração creme-amarelada e avermelhada, acamamento indistinto, correlacionadas com reservas à Formação Macaíba, e uma capa de areias claras, provavelmente correspondente à fase de intemperismo Potengí ou mais recente.

4.6.3.2 - Área de Ocorrência

O Grupo Barreiras ocorre em uma faixa quase contínua de tabuleiros arenosos ao longo do litoral, suavemente inclinados para o mar, limitados no lado sul por uma linha de pequenas escarpas de contorno irregular.

As melhores exposições na faixa costeira, correspondem as pequenas falésias sublitorâneas de 5 a 10 metros de altura, recobrindo os conglomerados lateríticos da Formação Camocim, cujo melhor exemplo se encontra na praia do Farol, em Camocim (foto 24); ou assentando diretamente sobre o embasamento cristalino como ocorre a leste da ponta de Jeriquaquara (foto 28). Para o interior, as áreas de ocorrências dos sedimentos do Grupo Barreiras alargam-se conspicuamente de oeste para leste, alcançando penetrações de até 50 km ao longo do vale do rio Acaraú.

O perfil desta unidade expõe-se com frequência ao longo das linhas de escarpas que a limitam e ainda, em testemunhos isolados, bastante frequentes na região a oeste de Martinópole e ao sul de Chaval.

4.6.3.3 - Modo de Ocorrência

Os sedimentos do Grupo Barreiras formam uma cobertura contínua, exumando as rochas cristalinas e os conglomerados da Formação Camocim, com espessura variável, em função das ondulações do paleo-relevo do substrato. As cotas do topo da unidade, que não ultrapassam 20 metros na faixa costeira, crescem gradativamente para o interior, alcançando valores entre 100 e 110 metros nas regiões de Morrinhos e Santa Terezinha. Esta superfície, basculada em direção ao mar e de fraco gradiente, nivela-se frequentemente às cotas do cristalino aplainado, repetindo na área o fenômeno da mesclagem dos "glacis" de abrasão e deposição, tão comuns nas ocorrências do Grupo, no Nordeste oriental. A superfície de deposição/abrasão referida, corresponde a um elemento geomorfológico de destaque na área do Projeto Jaibaras, informalmente denominado de Superfície Araras.

O contato dos sedimentos do Grupo Barreiras com os terrenos cristalinos e com os conglomerados da Formação Camocim, subjacentes, se faz por uma típica discordância angular/erosiva, e no segundo caso, por disconformidade erosiva (fotos 24, 25).

As espessuras máximas da unidade, da ordem de 10-20 metros na faixa costeira, alcançam valores de até 40 metros, em alguns perfis no vale do rio Acaraú, reduzindo-se sensivelmente em áreas de cristalino elevado. Nas áreas de deposição da Formação Camocim, as espessuras médias do Grupo Barreiras resultam severamente reduzidas, restritas em al-

guns casos a uma capa delgada de areias claras inconsolidadas (foto 25).

4.6.3.4 - Características Petrográficas

Nos perfis da zona litorânea o Grupo Barreiras corresponde a um pacote de material areno-argiloso de côres vermelha e creme-amarelada, com delgados e raros níveis caulínicos. Este conjunto não estratificado, essencialmente constituído de areias média a fina granular, mal selecionada, ocasionalmente siltosa e mesmo argilosa, não raro apresenta intercalações de leitos grosseiros e conglomeráticos. Nos perfis da região de Morrinhos e Nova Cruz os leitos conglomeráticos aparecem com maior frequência e são constituídos por cascalho quartzoso grosseiro com seixos de até 5 cm, geralmente bem rolados, distribuidos em uma matriz caulínica inconsolidada. Estes leitos conglomeráticos são descontínuos e situam-se geralmente em posição mediana nos perfis, diferindo profundamente dos conglomerados endurecidos da Formação Camocim.

Sobrepondo-se aos sedimentos areno-argilosos avermelhados, ocorre uma capa contínua de areias brancas e cinza claro, limpas, regularmente selecionadas. Estes depósitos, por vezes constituem os únicos representantes do Grupo Barreiras e recobrem a superfície de erosão da Formação Camocim formando os topos dos tabuleiros, feições bem expostas no perfil Itacolomy-Granja (foto 25). Nas áreas costeiras e na região de Martinópole, estas areias parecem representar a

capa intemperizada e lixiviada das camadas inferiores.

Uma correspondência lito-estratigráfica entre os elementos descritos nos perfis do Grupo Barreiras, na região do Projeto Jaibaras, com as diversas unidades definidas no Nordeste oriental, Mabesoone et alii, (op. cit.), nos parece especulativa e inviável ao nivel dos conhecimentos atuais. Assim sendo, mapeamos todo o conjunto como Grupo Barreiras indiviso.

4.6.3.5 - Idade e Ambiente de Sedimentação

Muitos autores têm se manifestado a respeito da idade dessas camadas, mas em caráter puramente especulativo. Desde Branner (1920), a opinião mais comum é idade pliocênica. Bigarella & Andrade, (op. cit.), relacionaram as formações Guararapes e Riacho Morno a duas fases de pediplanação do Nordeste oriental, e consideraram idade plioceno-pleistocênica para o Grupo. Na área a oeste do meridiano 41°W, do mesmo modo que no litoral paraense, essas camadas assentam diretamente sobre os calcários da Formação Pirabas, do Mioceno Inferior, fixando assim a idade limite inferior para as camadas de cobertura.

Parece não existir um período de tempo muito longo entre a regressão do mar Pirabas e a fase continental das areias. Isto nos leva a admitir que a fase de sedimentação continental tenha iniciado logo após o Mioceno, ou seja, no Plioceno, e continuado pelo Quaternário antigo, o que

corresponde com a posição crono-estratigráfica adotada para o Grupo em outras áreas de ocorrências.

Por falta de conteúdo fóssil, os autores têm recorrido a estudos sedimentológicos para análise do ambiente deposicional das diversas formações do Grupo Barreiras, obtendo-se conclusões coerentes com o desenvolvimento paleogeográfico e paleo-climático regional. Na área do Projeto Jaibaras, onde não foram efetuadas pesquisas sedimentológicas específicas, inferências sobre o ambiente deposicional da unidade são de certa forma especulativas, baseadas em características genéricas e extrapolação dos resultados obtidos em outras regiões. Mabesoone et alii, (op. cit.), referindo-se a Formação Macaíba, enfatizam o caráter homogêneo dos sedimentos desta unidade, o que, paralelamente as semelhanças litológicas, coincide com as características do pacote sedimentar, atribuído ao Grupo Barreiras na área do Projeto Jaibaras. Estabelecem ainda que aquela formação seria resultante de sedimentação bastante rápida, em ambiente fluvial, em regiões abaixadas por arqueamento do continente. Tal situação aparentemente ocorreu no noroeste do Ceará, em época pós-miocênica, sucedendo a deposição da Formação Pirabas, e cujos depósitos resultantes constituem o pacote sedimentar atribuido ao Grupo Barreiras indiviso.

4.6.4 - Coberturas Intramontanas - (Qc)

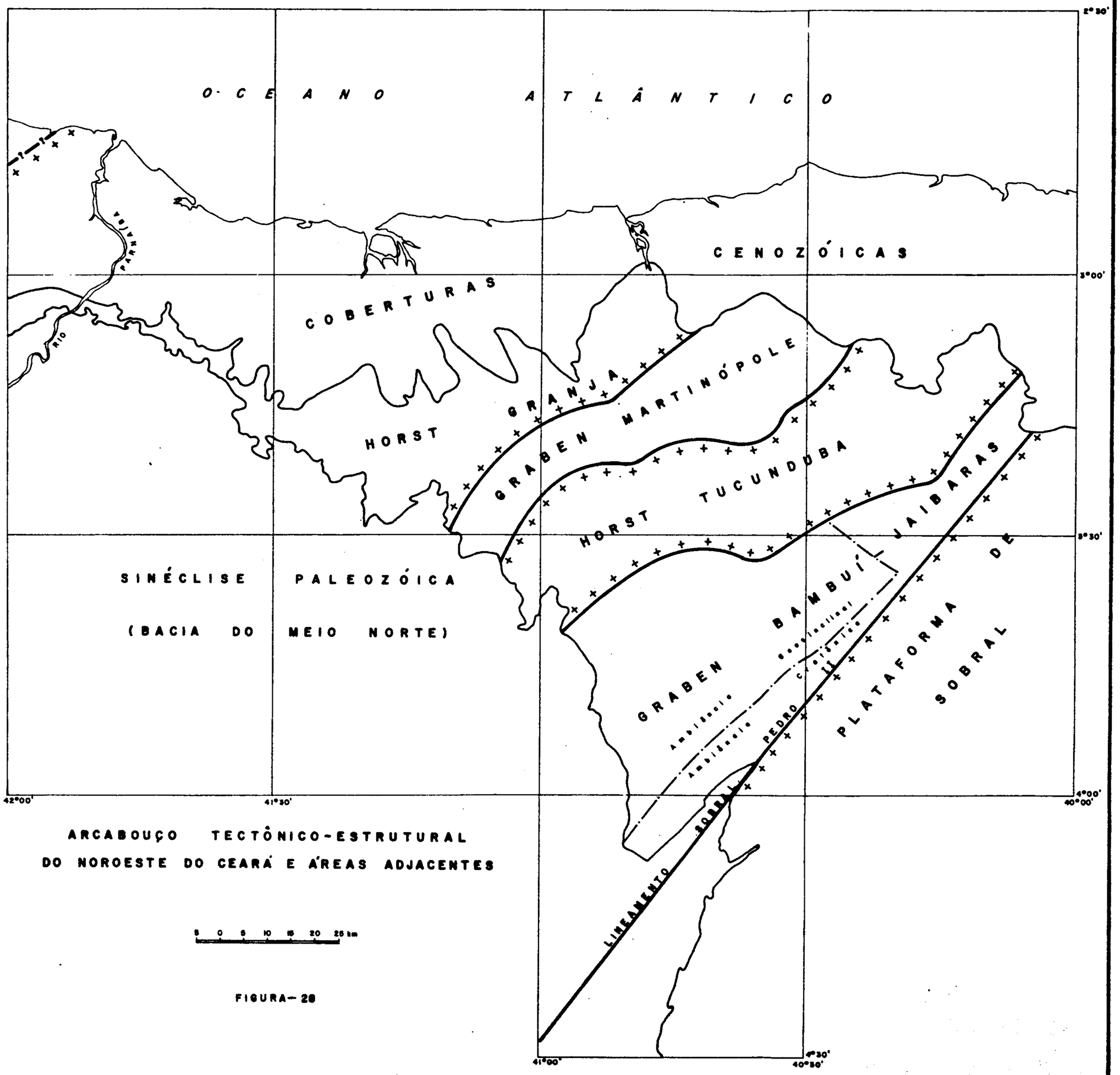
Nos amplos vales confinados por cristas quartzíticas da região serrana, próximo aos flancos da Ibiapaba,

distribuem-se pequenas mesetas profundamente dissecadas, que representam testemunhos de uma cobertura contínua, condicionada a áreas de posicionamento topográfico específico.

Litologicamente são formadas por material detrítico extremamente heterogêneo, incluindo blocos e calhaus angulosos de rochas, geralmente quartzitos e migmatitos, dispersos em matriz argilo-arenosa impura, oriundas do desmonte das escarpas confinantes dos vales. São comuns, em algumas áreas, blocos de arenitos da Formação Serra Grande.

O topo das mesetas mostram-se geralmente inclinados, com fracos gradientes para a área central dos vales, confundindo-se com as cotas locais da superfície Araras. Tal comportamento morfológico permite situar provisoriamente estes depósitos em termos de tempo, no período de deposição do Grupo Barreiras ou em época ligeiramente posterior. Geneticamente, tais depósitos foram interpretados como fanglomerados de pé de escarpa e sua superfície de deposição inclinada, corresponde ao perfil de equilíbrio alcançado em época plio-pleistocênica entre as áreas elevadas do cristalino e o nível de aplainamento da superfície Araras.

# PROJETO JAIBARAS




ARCABOUÇO TECTÔNICO-ESTRUTURAL
DO NOROESTE DO CEARÁ E ÁREAS ADJACENTES

FIGURA-28

## 4.7 - SEDIMENTOS DE PRAIA E ALUVIÕES

Entre os sedimentos litorâneos distingue-se uma sequência representada pelos cordões de dunas antigas, mapeada como paleo-dunas, e os sedimentos em fase ainda de formação, compreendendo as dunas móveis e os sedimentos da linha de praia.

### 4.7.1 - Paleo-Dunas - (Qpd)

São dunas antigas fixadas e protegidas por escassa vegetação arbustiva, rebaixadas quase ao nível dos tabuleiros pelo retrabalhamento do vento. Repousam discordantemente sobre a cobertura arenosa do Grupo Barreiras, e são em grande parte cobertas pelas dunas atuais. Encontram-se expostas notadamente nas áreas de Aranaú, Jeriquaquara e nas ilhas do delta do Parnaíba. Outras ocorrências menores se distribuem aleatoriamente ao longo de toda faixa costeira, sendo reconhecidas nas fotografias aéreas pela tonalidade mais escura, propiciada pela vegetação, em contraste com os tons esbranquiçados das dunas móveis sem qualquer cobertura vegetal, que as circundam.

Observa-se em todas as exposições uma notável concordância com a direção do deslocamento das dunas recentes, movidas de NE para SW pelos ventos predominantes de nordeste. Um pequeno hiato de tempo separa as dunas de paleo e neo-formação, provavelmente relacionado a uma elevação do nível de base da planície costeira, reduzindo sensivelmente o volume

das aluviões levadas pelos rios ao mar, período em que as paleo-dunas foram reduzidas pela ação eólica.

Litologicamente, as paleo-dunas se caracterizam por areias de grã média a fina, bem classificadas, tons cinza claros, em corpos maciços, sem as estratificações cruzadas típicas dessas formações eólicas.

Outra formação litorânea, sem expressão mapeável provavelmente contemporânea das paleo-dunas, são as camadas de areias litificadas, que ocorrem de forma descontínua ao longo da plataforma de abrasão, e se definem litologicamente como areias grosseiras, mal classificadas, quartzosas, mui consistentes, formando bancos maciços ou com estratificação paralela distinta, inclinada em direção ao mar.

4.7.2 - Dunas Móveis e Sedimentos de Praia - (Qp)

Os depósitos litorâneos são constituídos essencialmente de formações de dunas e areias de praia, e estão intimamente condicionados ao desenvolvimento morfológico do litoral.

Na área objeto deste relatório, trecho onde a costa apresenta direção E-W, caracteriza-se por uma morfologia movimentada, com formação de pontões, flechas, restingas e entrecortada por pequenas baías e ilhotas nas embocaduras dos rios. Um aspecto singular da morfologia litorânea é o escalonamento acentuado da linha de costa com pontas voltadas para

NW, possivelmente retratando as estruturas subjacentes, mui bem ressaltado na ponta formada pelo maciço quartzítico de Jeriquaquara.

De modo geral, as dunas começam a se esboçar desde a linha de praia alta, tornando-se rarefeitas próximo às embocaduras dos rios. Em sua evolução constante para SW, projetam-se para o interior até distâncias superiores a 10km do mar, entulhando os vales costeiros, impedindo assim de os cursos d'água atingirem diretamente o oceano, resultando na formação a montante de típicas lagoas de barragem, ou desviando com frequência as embocaduras em relação ao curso original para o mar.

Litologicamente são caracterizadas por areias esbranquiçadas, quartzosas, grã fina, bem classificadas, em corpos maciços ou mostrando localmente, certo desenvolvimento estratiforme de leitos mais escuros de concentrações de minerais pesados (foto 29). As dunas ocorrem geralmente associadas, formando espigões de contornos irregulares, ou em formas de barcanas isoladas, (foto 30) com perfil transversal assimétrico e exibindo marcas de onda na superfície de barlavento.

Os sedimentos litorâneos depositados pelas vagas marinhas ocorrem apenas em uma estreita área na zona intertidal de toda a faixa costeira. Predomina uma fácies de areia fina, cor cinza escura, contendo restos de matéria orgânica em decomposição e minerais escuros finamente granulados, disseminados em proporções variáveis ou formando camadas mais

concentradas, intercaladas com leitos mais quartzosos. A hornblenda e a ilmenita são os minerais mais comuns, seguidos de epidoto, zircão e cianita. Lateral e localmente, as areias passam a grosseiras e conglomeráticas, contendo fragmentos de conchas recentes, mal selecionadas, originadas provavelmente do retrabalhamento dos antigos cordões de praia.

4.7.3 - Aluviões - (Qa)

Na área do Projeto Jaibaras, as áreas das aluviões mapeáveis resumem-se praticamente aos vales dos rios Acaraú e Coreaú e região do delta do Parnaíba-Longá. No vale do rio Acaraú, da região de Groairas para norte, desenvolve-se notável aluvionamento em uma faixa contínua com largura média de 1-2 km alargando-se sensivelmente a partir da cidade de Marco, até a costa, onde atinge 5-6 quilômetros de largura. Constituem um nível bem definido de terraços aluviais, com cotas elevadas a quatro ou cinco metros do leito do rio, e sofrem atualmente um processo de constante destruição e retrabalhamento em função dos novos níveis de base que comandam a drenagem. As aluviões dos canais ativos dos rios são de natureza arenosa, por vezes grosseira, incluindo frequentemente blocos de rochas.

No leito do Parnaíba há uma nítida predominância de sedimentos constituídos de areia quartzosa, mal classificada, depositada em forma de bancos espessos. No rio Longá, com menor capacidade de carga, predominam as aluviões pelíticas, notadamente nas várzeas laterais e na planície de inun-

dação da Lagoa Grande do Burití. A fácies mais grosseira restringe-se praticamente ao leito de estiagem, sendo remobilizada nas épocas das enchentes.

Próximo a costa, sob influência marinha, os sedimentos aluviais correspondem a vasas escuras, fluvio-marinhas onde se misturam materiais pelíticos e matéria orgânica em decomposição. De Chaval para leste a intervenção marinha se faz sentir de maneira notável, propiciando a instalação de inúmeras salinas e a formação de extensos manguesais, alagados na preamar.

Os demais cursos d'água da região, com exceção daqueles que drenam algumas bacias intramontanas, apresentam faixas aluviais restritas, de natureza areno-argilosa, as quais, em virtude das dimensões reduzidas não foram representadas nos mapas.

CPRM

# 5 - GEOLOGIA ESTRUTURAL

## 5 - GEOLOGIA ESTRUTURAL

O arcabouço estrutural do pré-Cambriano, na área do Projeto Jaibaras, é essencialmente caracterizado pela dominância de grandes falhamentos, que se sobrepõem nitidamente aos elementos de uma fase anterior de tectonia plástica. As unidades lito-estruturais individualizadas correspondem basicamente a blocos tectônicos que guardam entre si nítidas diferenças em seus aspectos litológico-estruturais e grau metamórfico.

Do ponto de vista macro, o escudo pré-Cambriano, no noroeste do Ceará, estrutura-se em uma sucessão de "horsts" e grabens, geralmente orientados de nordeste para sudeste, denunciando grande mobilidade tectônica da região, nos períodos finais do pré-Cambriano e no Paleozóico Inferior, com reativações secundárias em épocas mais recentes. De norte para sul, individualizamos cinco blocos tectônicos representados no mapa da figura 28, a saber: o "horst" de Granja, que corresponde a Unidade "C" do pré-Cambriano, cujo limite norte deve corresponder a falha limítrofe da bacia Barreirinhas, já no litoral maranhense, nos limites da área do Projeto; o graben Martinópole, preenchido pela sequência epimetamórfica da Unidade "A"; o "horst" Tucunduba, correspondente às sequências migmatíticas e quartzíticas da Unidade "B" do pré Cambriano; o graben Bambuí-Jaibaras, ocupado pelas sequências epimetamórficas e sedimentares dos Grupos homônimos e magmáticas associadas; e a Plataforma de Sobral, constituída por rochas agrupadas na Unidade "B" do pré-Cambriano, que funcionou sempre como alto estrutural rígido e que se estende para

leste e sul da área do Projeto, aparentemente conservando as mesmas características tectônico -estruturais.

No bloco correspondente a Unidade "C" do pré-Cambriano (horst de Granja) inexistem praticamente elementos estruturais plásticos, dominando uma monótona lineação, orientada segundo NE-SW, reflexo da estruturação isoclinal da sequência migmatítica, com mergulhos constantes, da ordem de $70^{o}$-$80^{o}$ para sudeste. As grandes falhas transcorrentes, também orientadas de nordeste para sudeste, seccionam o bloco em compartimentos alongados e propiciam o aparecimento de extensas zonas de cisalhamento, destacando-se entre elas, as zonas de cisalhamento de Jaguarapí e a de Granja.

A sequência de filitos, xistos e quartzitos, descrita neste relatório como Unidade "A" do pré-Cambriano, ocupa claramente um bloco abatido do embasamento antigo,(graben Martinópole), confinado por dois blocos rígidos, que funcionam como "altos" estruturais. Seus limites correspondem a falhamentos de importância regional, a saber, a zona de cisalhamento de Jaguarapí, ao norte, e as falhas Itacolomy-Tucunduba, ao sul. No interior do graben, orientado de nordeste para sudeste, manifesta-se com maior intensidade o estilo de falhamento típico da região e que, em virtude da alta plasticidade característica das litologias afetadas, truncam e obliteram completamente as estruturas representativas da fase primária de dobramentos. A falha inversa de Itacolomy,que limita o graben do lado sul,na região onde esta estrutura sofre pronunciado estreitamento, foi interpretada como resultante da maximização dos esforços compressivos daquela

fase de dobramentos e representa o episódio final da mesma.

O "horst" Tucunduba corresponde a uma sequência de migmatitos, quartzitos, e gnaisses agrupados na Unidade "B" do pré-Cambriano que exibem um estilo tectônico onde os dobramentos assumem papel destacado. Com exceção da anticlinal dômica de Dom Simão e da sinclinal aberta da serra Mucuripe, são dobras comprimidas com planos axiais verticalizados e caimento dos eixos para S e SW com fortes gradientes. Sobressaem-se ainda, falhamentos direcionais, segundo NE-SW, acompanhando o "trend" regional.

A extensa área de rochas cristalinas, que constitui a Plataforma de Sobral, limitada no lado oeste pelo lineamento Sobral-Pedro II, foi também incluida na Unidade "B" do pré-Cambriano. Está estruturada em um complexo sistema de dobramentos normais, alguns de grande amplitude, com eixos orientados de NE para SW, normalmente com caimento para o último quadrante.

Esta plataforma rígida, que desempenha papel relevante no desenvolvimento geotectônico da região, foi afetada por uma fase de quebramento tardia, resultando no truncamento das estruturas plásticas com a superposição de um sistema de falhas geralmente paralelas ao lineamento Sobral-Pedro II.

O graben Bambuí-Jaibaras, confinado pela Plataforma de Sobral, do lado leste e pelo "horst" Tucunduba, do lado oeste, em virtude da sua importância no desenvolvimento geotectônico regional será tratado com maior detalhe.

Na área do Grupo Bambuí, isto é, na região compreendida entre as serras Meruoca-Rosário e a Ibiapaba domina uma tectônica plástica caracterizada por grandes dobras com eixos orientados segundo NE-SW e cujos elementos maiores correspondem a anticlinal de Penanduba e a sinclinal de Várzea. A primeira, uma dobra normal com plunge para SW foi afetada por falhamentos, que seccionam e deslocam parcialmente o seu eixo. A segunda, uma sinclinal normal e simétrica com plunge para NE, ao sul de Várzea, evolui por rotação do plano axial para uma dobra inversa, isoclinal, com mergulhos para SE, caracterizada pelo desenvolvimento de dobras de arrasto nos seus flancos. No flanco oeste, esta estrutura cavalga parcialmente as unidades estratigraficamente mais jovens, ao longo da falha de empurrão do riacho Siriema, manifestação maior da tectônica quebrável no âmbito do Grupo Bambuí.

Na área entre a serra do Carnutim, Aprazível e Ubaúna domina uma sequência de dobras abertas, simétricas, de mergulhos suaves, com os eixos orientados segundo NE-SW e eventualmente N-S. A noroeste de Ubaúna, em uma extensão da aba leste da sinclinal de Várzea, desenvolve-se uma série de pequenas dobras isoclinais com mergulhos da ordem de 50° para SE. Com exceção da falha do riacho Siriema e da falha Frecheirinha, as manifestações da tectônica rígida assumem caráter subordinado no arranjo estrutural do Grupo Bambuí. Merece destaque o intenso fraturamento observado nas áreas de ocorrência da Formação Coreaú, onde não é possível distinguir direções preferenciais de quebramento.

As associações litológicas e o estilo tectônico peculiar do Grupo Bambuí complementados por manifestações magmá

ticas tardi-orogenéticas (granitóides tipo Meruoca), caracterizam um desenvolvimento geotectônico em ambiência geosinclinal (miogeosinclinal da Ibiapaba). A bacia Jaibaras, que complementa o baixo estrutural individualizado como graben Bambuí-Jaibaras, exibe, por outro lado, características típicas de áreas cratônicas instáveis com vulcanismo fissural, pós-orogênico, bastante desenvolvido. Predomina nesta área uma tectônica essencialmente caracterizada por grandes falhamentos orientados segundo NE-SW. O elemento de maior destaque é uma extensa fossa com aproximadamente 100 km aflorante no sentido NE-SW e com largura média de 6-7 km. O seu flanco leste, corresponde ao lineamento Sobral-Pedro II e o flanco oeste, às falhas Massapê e Café Ipueiras, respectivamente ao norte e ao sul da serra Meruoca.

Ainda na borda oeste, na região de Aprazível, o graben principal admite ramificação para norte, ao longo de um sistema de falhas normais, escalonadas, que se prolonga até a região da fazenda Barra, no sopé da serra do Rosário. Os grandes falhamentos acima mencionados constituem uma estrutura de amplitude regional e foram classificados, na área estudada, como falhas normais de grande rejeito. Por não dispormos de dados de sub-superfície diretos ou indiretos torna-se difícil uma estimativa do valor dos deslocamentos verticais associados a tais estruturas. Considerando no entanto, a espessura de sedimentos acumulados no graben , estimamos rejeitos de pelo menos 2.500-3.000 metros nas suas áreas mais profundas.

O arcabouço estrutural do graben Jaibaras comple

ta-se com um grande número de falhas secundárias, paralelas ou não às falhas principais, responsáveis pela subdivisão do mesmo em blocos, geralmente basculados em ângulos de 30°-40°, podendo excepcionalmente, alcançar 60°, sem direção preferencial de mergulho.

Como estrutura aberrante no contexto tectônico do Grupo Jaibaras, a Formação Pacujá na área de estreitamento do graben entre Sobral e a Serra Meruoca, foi moldada em uma ampla sinclinal com plunge para sudoeste, paralelo ao eixo do graben, com mergulhos da ordem 30°-40°nas abas. Dobramentos secundários, sem realce regional são também observados no sangradouro do Açude Aires de Sousa.

A discordância angular e de erosão que separa a sequência paleozóica do substrato cristalino, separa também duas paisagens tectônicas fundamentalmente diferentes.Abaixo, as rochas pré-Cambrianas, com um estilo tectono-estrutural complexo, destacando-se áreas intensamente dobradas e áreas caracterizadas por vigorosa tectonica rígida, com frequentes reativações e superposições de estruturas. Acima, com exceção de áreas de reativações pós-devonianas,segundo antigas falhas do embasamento, a tectônica é bastante simples e monótona, tipicamente cratogênica,e consiste em um leve basculamento dos estratos para oeste. De modo geral, as camadas sedimentares apresentam mergulhos regulares, convergindo para o centro da bacia, formando assim uma estrutura periclinal. Da região de Viçosa do Ceará para sul, os mergulhos são para oeste, ao passo que, na região nordeste da bacia, passam gradativamente para SW e na área de Burití dos Lopes para S.SW.

Os valores dos ângulos medidos no terreno variam de 1º a 5º, dependendo de perturbações locais. A superfície da Formação Serra Grande reflete bem a inclinação regional dos estratos, estimada entre 5 a 7 m/km no perfil Tianguá-Alto Alegre. Este abaixamento não é contínuo, verificando-se um aumento gradativo dos mergulhos na região setentrional da bacia, situando-se entre 10 a 20 m/km na área do baixo Parnaíba. O ângulo de mergulho, diminui das camadas mais antigas para as camadas mais jovens.

Feição tectônica de destaque e que afetou toda a sequência paleozóica, é o intenso diaclasamento observado em todas as unidades aflorantes, com maior frequência nos areni tos das Formações Cabeças e Serra Grande. Predominam os alinhamentos de direção NW e NE, independentes do posicionamento estrutural e estratigráfico das unidades mapeadas.

Aparentemente os corpos de diabásio, que se introduziram preferencialmente nos tôpos das Formações Longá e Pimenteiras, não causaram deformações conspícuas nas encaixantes da capa, talvez só um dobramento muito aberto com inversões de mergulho pouco pronunciadas.

A faixa de sedimentos cenozóicos do norte da área não registra qualquer perturbação estrutural e seu suave basculamento em direção ao mar reflete apenas o leve arqueamento, que afetou a borda do continente em época plio-pleistocênica.

CPRM

# 6 - GEOLOGIA HISTÓRICA

## 6 - GEOLOGIA HISTÓRICA

O arcabouço tectônico-estrutural do embasamento pré-Cambriano na área do Projeto Jaibaras (vide figura 28) sugere claramente, que o processo de cratonização na região noroeste do Ceará efetivou-se em vários ciclos, caracterizados pelo rejuvenescimento de plataformas antigas e incorporação ao craton, de áreas até então diferenciadas por ativa mobilidade tectônica.

Neste contexto, a região de cratonização mais antiga parece corresponder ao bloco individualizado como "horst" de Granja, metamorfisado a níveis catazonais com desenvolvimento de fácies granulito. As áreas correspondentes a Unidade "B" do pré-Cambriano e que constituem o "horst" Tucunduba e o alto estrutural aqui denominado Plataforma de Sobral, em linhas gerais exibem uma concordância de seus "trends" estruturais com aqueles dominantes no "horst" de Granja, apesar das diferenças notáveis em seus estilos tectônicos. Na ausência de elementos mais concretos (por ex. datações radiométricas), julgamos razoável admitir que a cratonização das áreas mapeadas como Unidade "B" do pré-Cambriano ; tenha-se verificado no mesmo ciclo que afetou a Unidade "C", representando esta, os níveis catazonais e aquela, os níveis superiores de metamorfismo de uma mesma sequência geosinclinal. Em termos absolutos, tais eventos, ocorreram em época pré-Brasiliana, se bem que, não possamos precisar a qual ciclo pertencem, dentro das sub-divisões adotadas na Carta Tectônica do Brasil, Ferreira, (op. cit.). Corresponderiam talvez, a blocos antigos do pré-Cambriano C e D, da maneira con

ceituada na Carta Geológica do Brasil, (MME-DNPM, 1971), rejuvenescidas no Ciclo Brasiliano.



Os baixos estruturais ocupados pelas sequências epi-metamórficas da Unidade "A" do pré-Cambriano e dos Grupos Bambuí e Jaibaras representam zonas móveis da antiga plataforma, não totalmente consolidada em épocas pré-Brasilianas, e foram sede de intensa atividade no pré-Cambriano superior até o Cambro-Ordoviciano.

O graben Martinópole abriga uma sequência epimetamórfica de características miogeosinclinais e que provavelmente se repete no assoalho do graben Bambuí-Jaibaras, como sugere a representação isolada da Unidade "A" do pré-Cambriano na região do açude Apurinã a noroeste de Massapê. Interpretamos tais sequências, mapeadas como Unidade "A", como representantes dos estádios inferiores do Ciclo Brasiliano (Brasilides Antigos - Ferreira, op. cit.). Ao final desta fase, (620-850 m.a.), a área do graben Martinópole parece ter adquirido condições de relativa estabilidade, incorporando-se definitivamente as regiões anteriormente cratonizadas. O mesmo não ocorreu na área correspondente ao graben Bambuí-Jaibaras, onde a permanência de condições tectônicas instáveis, propiciou a instalação de dois ciclos evolutivos distintos e subsequentes, o primeiro, em ambiência geosinclinal e o segundo, em ambiência cratônica.

Em termos de tempo, dois eventos importantes servem de ponto de referência e balizam o encerramento de cada ciclo. O ciclo geosinclinal, característico do Grupo Bambuí

desenvolveu-se no período anterior a intrusão dos granitóides tipo Meruoca, 440 m.a., Vandoros, (op. cit.), isto é, no eo-Cambriano superior. O ciclo cratônico, representado pelo Grupo Jaibaras desenvolveu-se no período compreendido entre o Cambriano Médio e o Siluriano, isto é, entre a época da intrusão dos granitóides tipo Meruoca e o início da sedimentação Serra Grande.

O Grupo Bambuí reúne um pacote sedimentar de litologias diversificadas com cerca de 4.000 metros de espessura estimada, onde se pode distinguir sequências sedimentares equivalentes a certos estágios de um ciclo geosinclinal da forma definida por Beloussov (op. cit.). Os estratos das Formações Trapiá, Caiçaras e Frecheirinha correspondem a denominada sequência de pré-inversão, constituindo as duas primeiras a sequência terrígena inferior a a última a sequência calcária, não sendo registrada nesta última,a fácies"flysch" carbonatada. O segundo estágio do ciclo geosinclinal, é documentado no Grupo Bambuí pela Formação Coreaú, correspondente a fácies "flysch" terrígena, bem representada na sucessão de grauvacas e arcóseos, típica desta unidade. Na conceituação aqui adotada as sequências de bacias intramontanas e antefossas, sensu strictu, inexistem na área do Grupo Bambuí.As molassas descritas e atribuidas ao Grupo Jaibaras são sedimentos de características para-plataformais, devendo ser incluídas nas sequências de fossas superimpostas, que apesar de não participar do ciclo geosinclinal são consequências póstumas do mesmo.

Paralelamente às características litológicas, a e

volução tectônica e o arcabouço estrutural do Grupo Bambuí confirmam a ambiência geosinclinal do mesmo, e registram as derradeiras manifestações da orogênese Caririana, Almeida, (op. cit.), na região noroeste do Ceará. Não foram observadas manifestações vulcânicas associadas ao desenvolvimento da geosinclinal do Grupo Bambuí, constituindo portanto, esta nova unidade geotectônica uma miogeosinclinal para o qual propomos a denominação de miogeosinclinal da Ibiapaba. A única fase magmática associada ao ciclo da miogeosinclinal da Ibiapaba é representada pelas intrusões dos granitos mesozonais, pós-orogênicos, que constituem os "stocks" do Mucambo e Meruoca-Rosário, aquele de afinidade calco-alcalina e este de afinidade alcalina-potássica. Estas manifestações plutônicas datadas do Cambriano Médio (440 m.a.) constituem o evento derradeiro da evolução geosinclinal nesta área. Almeida, (op. cit.), sugere a contemporaneidade das intrusões com as manifestações vulcânicas de carácter andesítico, o que não corresponde com as evidências geológicas agora observadas. Citamos como exemplo a ocorrência de tufos vulcânicos nas proximidades da serra da Meruoca com desnível topográfico da ordem de 700 metros para o topo do granito. Nos parece fisicamente impossível a "mise en place" simultânea, em sítios contíguos e ao mesmo nível, de rochas plutônicas ao lado de rochas efusivas e piroclastos associados. O vulcanismo da Formação Parapuí é portanto posterior a intrusão granítica e quando ocorreu, os plutões já se encontravam expostos a erosão.

Do ponto de vista regional, a miogeosinclinal da Ibiapaba constitui a repetição no tempo e no espaço do mode

lo geotectônico característico da região noroeste do Ceará, nos períodos finais do pré-Cambriano. A sua continuidade por sob os sedimentos da bacia do Meio Norte sugere uma possível ligação com o geosinclíneo Brasilia, Almeida, (op. cit.),com o qual apresenta certa coincidência de direções e uma correlação geotectônica indiscutível.

Sequências de grauvacas e arcóseos, do mesmo ciclo afloram no extremo sul do Estado do Piauí, região de Parnaguá e Corrente, por sob os sedimentos silúro-devonianos da bacia do Meio Norte, WINGE, (op. cit.).

O ciclo tectônico, de características para-plataformais sucedeu no tempo e no espaço a etapa geosinclinal.Ao longo da borda oriental da miogeosinclinal formou-se o extenso graben Jaibaras em parte condicionado a reativação da antiga geoclase pré-Cambriana, o lineamento Sobral-Pedro II.As fossas recém formadas e em constante subsidência, foram preenchidas por sedimentos imaturos oriundos do rápido desmantelamento do relevo resultante da orogênese Caririana. São sedimentos típicos desta fase os conglomerados brechóides da Formação Massapê, os arenitos escuros, folhelhos vermelhos (red beds), e arcóseos da Formação Pacujá, que no conjunto representam a fácies molassa depositada em áreas paraplataformais instáveis. Estes sedimentos registram condições extremas de sedimentação em ambiente continental fortemente oxidante. As sequências Massapê e Pacujá, ao norte do serrote do Madeiro, constituidas maiormente de conglomerados com matriz grauváquica, grauvaca e arcóseo indicam a permanência nesta área mais pro unda do graben de ambiente de sedimentação redutor.

Com a atenuação dos esforços subsidentes, movimentos diferenciais bascularam os diversos blocos no interior da fossa, resultando uma estruturação por vezes complicada. Esta atividade culminou com a exposição de algumas áreas da bacia à erosão, e foi precurssora do vulcanismo basalto-andesítico da Formação Parapuí.

O vulcanismo Parapuí, essencialmente de carácter fissural e de afinidade toleítica e calco-alcalina s.s., desenvolveu-se em condições paraplataformais em época de acentuada instabilidade das fossas. A espilitização e queratofirização generalizada indica a "mise en place" sub-aquática destas lavas, Gilluly, (op. cit.), hipótese corroborada pela presença de estruturas "pillow lavas" associadas a jaspe vermelho com hematita e pirita. A fase final do vulcanismo Parapuí caracterizou-se por um intenso hidrotermalismo, que alcançou intensidade máxima na parte sul e central do graben e modificou profundamente certos tipos de rochas, condicionando uma tipologia altamente favorável a ocorrência de mineralizações exalativas vulcanogênicas. Complementa este magmatismo uma complexa "suite" de rochas filonianas e intrusivas sub-vulcânicas, destacando-se os espessos diques de diorito da parte sul da bacia.

O evento derradeiro deste ciclo, identificado por ALMEIDA, (op. cit.), como correspondente ao "estádio de transição", é documentado pelos fanglomerados da Formação Aprazível, geneticamente relacionada a um período de relevo áspero, moldado em escarpas lineares de origem tectônica. Esta unidade corresponde a antigos depósitos continentais de

"piedmont", condicionados a desniveis bruscos de relevo e que pela sua constituição e características morfológicas sugerem tratar-se de acumulações de sucessivas correntes de lama.

A Formação Aprazível, do fim do Ordoviciano, representa o evento derradeiro do longo período de evolução geológica da região noroeste do Ceará, ligada à condições geotectônicas instáveis, seja em ambiência geosinclinal, seja em ambiência paraplataformal, e marca o fim do "estádio de transição", Almeida, (op. cit.), no processo de consolidação da plataforma.

O longo período de estabilidade tectônica que se seguiu é documentado na área do Projeto Jaibaras pela extensa cobertura sedimentar de idade siluro-devoniana-mississipiana, correspondente a borda nordeste da grande sinéclice paleozóica do Meio Norte. Esta fase que corresponde ao "estádio de estabilização" da plataforma, Almeida, (op. cit.), desenvolveu-se em duas etapas: a primeira é registrada pela transgressão do mar Siluriano, que continua por todo Devoniano, encerrando-se no Carbonífero Inferior com as areias regressivas da Formação Potí. A segunda etapa começa no final do Carbonífero Inferior e prossegue até o Triássico Superior, com predominância de ambiente continental e esporádicas penetrações marinhas na fase inicial. Na área do Projeto Jaibaras, aqui referida, apenas a primeira etapa encontra-se documentada, Sobre a superfície totalmente aplainada do embasamento, depositaram-se os conglomerados, arenitos conglomeráticos e arenitos transgressivos da Formação Serra Grande,

de natureza arcoseana na secção basal, passando a arenitos caulínicos no tôpo, evidenciando uma evolução climática com aumento progressivo de umidade durante o período da sedimentação Serra Grande. A intercalação de siltitos e raros folhelhos na secção média e no tôpo da Formação indica condições de sedimentação mais regulares, lenta subsidência e melhor seleção do material carreado para a bacia.

A transgressão culmina no Devoniano Inferior com os depósitos pelíticos da Formação Pimenteiras e parece ter alcançado o clímax na parte média da secção, com a deposição de folhelhos escuros, piritosos, caracterizando ambiente redutor. No final do período Pimenteiras registra-se a primeira tendência de levantamento da bacia cujo ápice é documentado nas secções média e superior da Formação Cabeças pelos pacotes de arenitos médios e não raro grosseiros, com estratificação irregular, marcas de onda e concentrações de minerais pesados (magnetita-ilmenita), aflorantes nas regiões de Rosário e Cajazeiras.

No Devoniano médio iniciou-se um novo ciclo transgressivo na bacia, depositando-se os folhelhos escuros e bem laminados da Formação Longá, testemunhos de condições tranquilas de sedimentação. Finalmente, no Carbonífero Inferior, as areias regressivas da Formação Potí encerram o ciclo de deposição marinha iniciado no Siluriano, e o desenvolvimento da bacia assume caráter eminentemente intra-continental.

As formações sedimentares relativas ao período Carbonífero Superior-Jurássico tão frequentes na parte cen-

tral da bacia, não estão representados na área do Projeto Jaibaras.

No período Jurássico-Cretáceo, a primeira fase da "reativação Wealdeniana" da plataforma, Almeida, (op.cit.), manifestou-se na área central da sinéclise paleozóica sob forma de vulcanismo trapeano de natureza toleítica, representado pelos frequentes "sills" posicionados preferencialmente nos contatos Longá/Cabeças e Cabeças Pimenteiras, ocorrentes no vale do rio Longá, além de inúmeros diques que ascendem ao nível da Formação Serra Grande.

O início dos processos que culminaram na paisagem morfológica atual da área estão provavelmente relacionados a esta fase de reativação da plataforma, caracterizada por arqueamentos e falhamentos segundo as antigas geoclases do embasamento. Desencadeou-se então uma vigorosa fase de dissecação, em função dos desniveis topográficos criados e que perdurou até o início do Mioceno, quando a região alcançou um período de completa pediplanação. Ainda nesta fase verificou-se, provavelmente, o entalhamento da escarpa da Serra da Ibiapaba, em um perfil muito próximo do atual. Os abatimentos verificados nas áreas costeiras, durante o Mioceno propiciaram a pequena ingressão marinha, com a deposição da Formação Pirabas, concomitantemente a deposição do conglomerado da Formação Camocim. Iniciava-se assim, no Mioceno uma fase de oscilações cíclicas, de natureza epeirogênica, de todo o continente, documentada na área do Projeto Jaibaras pela regressão do mar Pirabas seguida da laterização do tôpo das formações miocênicas e pré-miocênicas. Um novo ciclo de abaixamen

to inicia-se no Plio-pleistoceno, com a deposição do Grupo Barreiras, nivelado à superfície arqueada do cristalino (superfície Araras), seguida de um novo levantamento expondo aqueles depósitos e a antiga superfície de abrasão/deposição ao ataque do atual ciclo erosivo.

CPRM

# 7 - GEOQUÍMICA

## 7.1 - LEVANTAMENTOS DE ORIENTAÇÃO

### 7.1.1 - Generalidades

Após a descoberta das ocorrências de minerais de cobre nas fazendas Campina e Urubú, confirmando as boas perspectivas da tipologia vulcânica da Formação Parapuí, delineada através dos estudos petroquímicos e petrográficos, decidimos investigar a viabilidade de aplicação de métodos de pesquisa geoquímica em futuras campanhas de prospecção na área. A existência de solos residuais sobre as áreas de efusivas básicas e intermediárias e sobre as áreas de gabros e dioritos em topografia plana ou levemente ondulada, nos conduziu a opção adotada, utilizando amostras de solo como elemento de investigação. Apesar de incompleta em certos aspectos, a pesquisa empreendida revelou resultados bastante significativos e pode ser considerada como um levantamento de orientação, válido para as futuras campanhas de prospecção na área.

### 7.1.2 - Metodologia

Aproveitando experiências bem sucedidas em áreas de condições de solo e topografia semelhantes do norte da Bahia, COSTA & GUNDLACH, (1968), adotamos aqui a amostragem de solo no intervalo 45-50 cm de profundidade, utilizando como instrumento de coleta um trado manual a percursão. As amostras coletadas, com cerca de 80-100 gramas eram acondicionadas em sacos de polietileno devidamente etiquetadas para remessa ao laboratório. Todas as amostras num total de

400 foram analisadas para Cobre, Zinco, Chumbo e Níquel, com determinação do pH em cêrca de 70 delas.

As análises foram executadas no laboratório da Divisão de Geologia (DRN-SUDENE), utilizando-se um espectrofotômetro de absorção atomica de raio duplo, modelo 303 da Perkin Elmer. A técnica de preparação consistiu no peneiramento a sêco das amostras, atacando-se a fração inferior a 80 mesch com uma mistura de HF + HCL. Adotou-se um coeficiente de repetição de 10% no lote de amostras remetido ao laboratório, verificando-se um índice de reproducibilidade excelente.

Em se tratando de uma pesquisa de reconhecimento, aplicamos três sistemas de amostragem distintos, a saber:

a - Amostragem em perfis lineares, geralmente transversais a direção do corpo de rocha, com espaçamento dos pontos amostrados de 50 metros. Procurou-se desta forma conhecer o comportamento geoquímico regional dos tipos litológicos afins, para os metais pesquisados. O mapa índice da figura 29 situa todos os perfis amostrados.

b - Amostragem em malha quadrada de 30 m x 30m sobre as ocorrências de cobre recém descobertas nas fazendas Campina e Urubú, objetivando-se verificar a sensibilidade do método geoquímico nas condições locais, aos dois tipos de mineralizações encontrados e anteriormente descritos.

c - A fim de investigar a dispersão dos ions metálicos no solo, o horizonte de maior concentração e o compor

tamento da distribuição em função do pH foi amostrado um perfil especial a partir de um ponto com mineralização aflorante e com coleta de 5 amostras em cada ponto, com intervalos de 10 cm, desde a superfície até o horizonte utilizado na amostragem sistemática.

### 7.1.3 - Tratamento e Interpretação dos Dados

Para efeito de interpretação as amostras foram grupadas em dois conjuntos em função de suas litologias, a saber:

a - Amostras das áreas de rochas efusivas, compreendendo andesitos espilitizados, aglomerados e brechas vulcânicas, dacitos e hidrotermalitos, com 265 amostras, distribuidas na área da fazenda Campina e nos arredores da vila de Arariús.

b - Amostras das áreas de rochas intrusivas, compreendendo os diques e "sills" de dioritos e gabros da parte central da bacia, com 171 amostras, distribuídas nas áreas da fazenda Urubú e adjacências e nos arredores de Arariús.

Os dados analíticos de ambos os grupos de amostras, receberam um tratamento estatístico simples segundo a técnica recomendada por Tennant & White, (1959), e modificada por Lepeltier, (1969).

Os resultados analíticos para cada elemento investigado foram plotados na forma de linhas de frequência comu-

lativa em gráfico logarítmo/probabilidade, obtendo-se assim os 3 principais parâmetros estatísticos de significância geoquímica a saber, teor de fundo, valor limiar e coeficiente de desvio ou dispersão, os quais são apresentados na figura 36.

Com base nestes elementos, discutiremos o comportamento geoquímico dos elementos pesquisados nos solos residuais dos dois grupos de litologias afins, acima mencionados, e ainda dos solos residuais do "stock" granítico do Mucambo, onde trabalho semelhante foi executado.

7.1.3.1 - Geoquímica do solo residual de efusivas espilitizadas

a - COBRE: A frequência cumulativa para cobre plotada no gráfico log/probabilidade, corresponde a uma linha quebrada com dois pontos de inflexão (fig. 30). Este tipo de representação reflete a superposição, no conjunto amostrado, de duas populações de distribuição log-normal: a primeira correspondente aos valores normais (background), e a segunda correspondente a população anômala, indicativa da existência de mineralizações no material amostrado. Curvas deste tipo são consideradas como altamente promissoras e correspondem quase sempre a áreas mineralizadas. Para populações complexas como estas, Lepeltier, (op. cit.), toma para background o valor da abcissa, no ponto de encontro da reta com a ordenada 50%, o que corresponde no caso a 40 p.p.m. O mesmo autor, toma para valor limiar a abcissa do ponto correspon-

dente a metade do segmento intermediário,no caso, 115 p.p.m.

Chamamos a atenção dos declives suaves dos segmentos de reta a partir do primeiro ponto de inflexão, reflexo de uma maior dispersão do metal na população anômala. Este fato relaciona-se provavelmente a natureza ligeiramente ácida do solo na área amostrada, com pH da ordem de 5,5-6.

b - ZINCO: A frequência cumulativa para zinco (fig. 30) corresponde a dois segmentos de reta com inflexão positiva em torno da ordenada 35%. Este tipo de linha representa um excesso de valores altos em uma população log-normalmente distribuida, e constitui indicação positiva da presença de mineralização. Na verdade, a experiência mostra que na maioria das áreas com mineralizações provadas, as frequências acumuladas correspondem a linhas de distribuição semelhantes.

c - NÍQUEL: Observa-se para o níquel um comportamento bastante diverso daquele verificado para o cobre e zinco. A curva cumulativa (fig. 30 ) obtida corresponde a dois segmentos de reta de forte declive, reflexo da dispersão reduzida do metal. A inflexão verificada em torno da ordenada 35% corresponde a um pequeno aumento dos valores em uma população log-normalmente distribuida e deve ser interpretada como resultante da presença na área amostrada de tipos litológicos de tendência básica pronunciada.

7.1.3.2 - Variações verticais e em função do pH

A pesquisa do intervalo de maior concentração dos ions metálicos no perfil de solo residual dos andesitos, espilitos e rochas afins revelou fatos de grande importância para as futuras campanhas de prospecção na área. O perfil escolhido na área da fazenda Campina, tem seu ponto central em um pequeno afloramento de andesito espilitizado com forte impregnação de malaquita. As amostras foram analisadas para Cu, Ni e Zn totais, e determinou-se os valores de pH em todas elas. Os resultados obtidos foram plotados em perfis verticais e estão representados no quadro IV.

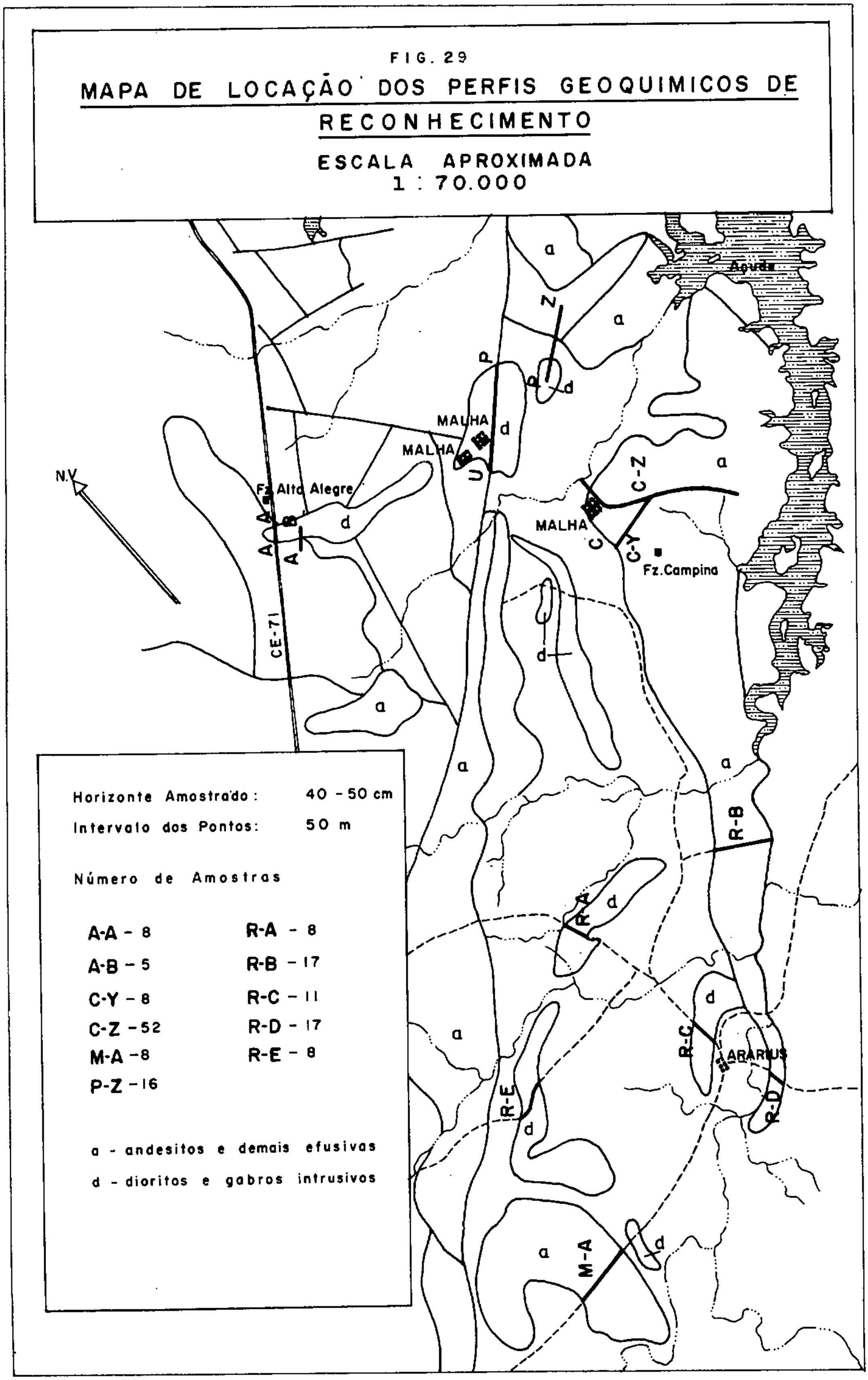
No caso do cobre observa-se uma franca tendência à maior concentração no intervalo 25-35 cm, o qual corresponde quase sempre a valores de pH em torno de 6. Mesmo sem significância estatística, em virtude do pequeno número de dados disponíveis, os resultados recomendam a utilização deste intervalo como o mais adequado em uma campanha de prospecção sistemática. Amostragem semelhante, fora de áreas anômalas, em alguns pontos dos perfis lineares confirmaram esta tendência de maior concentração de Cu no intervalo 25-35 cm, e não no intervalo 40-50 cm utilizado nesta amostragem piloto.

O zinco revelou pronunciada dependência de seus índices de concentração no solo às variações de pH. Observa-se forte tendência de lixiviação em áreas de pH inferior a 6, maximizando a concentração nas zonas de pH neutro a alcalino. Desta forma as maiores concentrações de Zn verificam-se no intervalo 40-50 cm. Mesmo considerando este fato, a amos -

FIG. 29

# MAPA DE LOCAÇÃO DOS PERFIS GEOQUIMICOS DE RECONHECIMENTO

ESCALA APROXIMADA
1 : 70.000



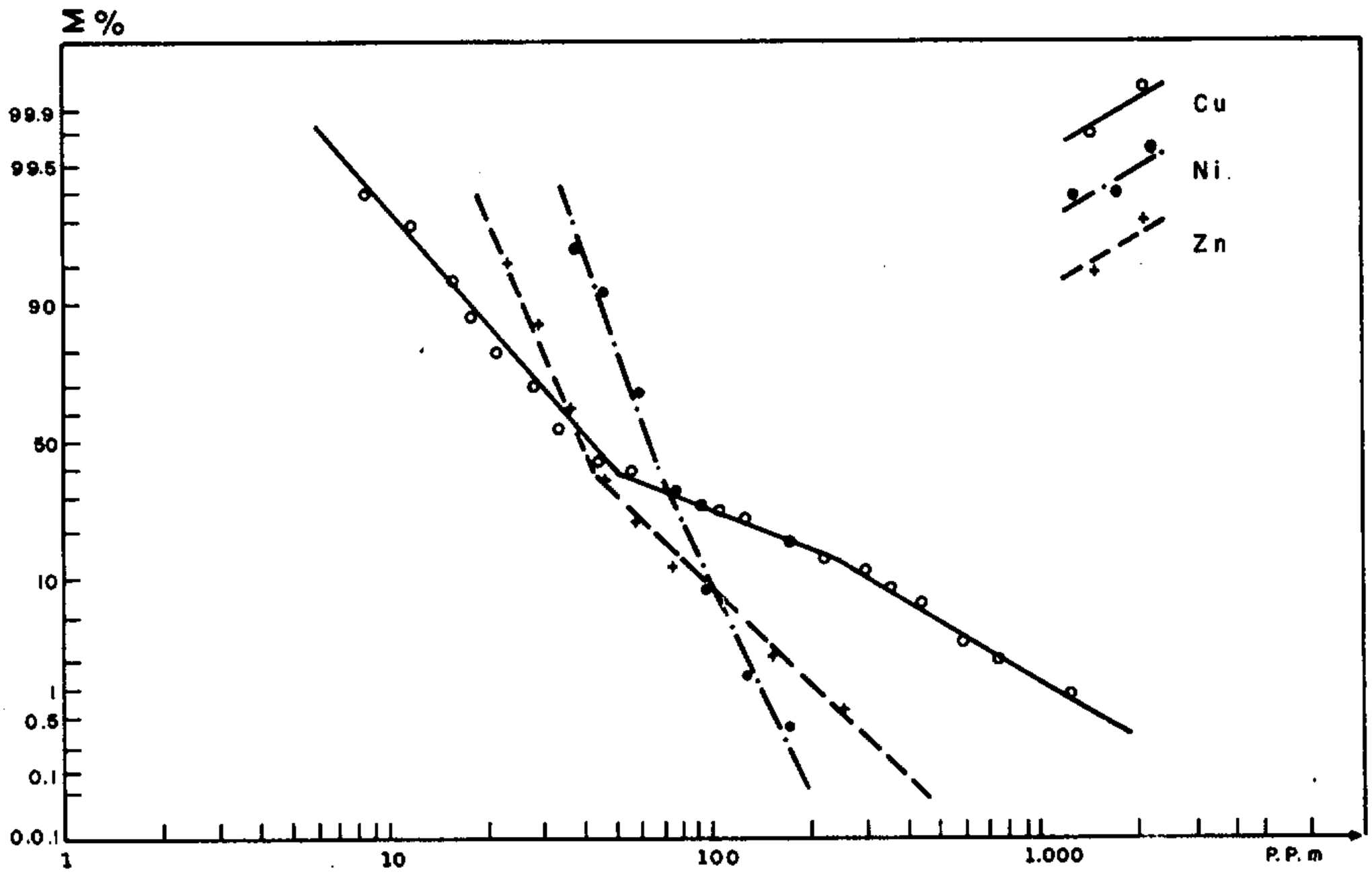



Fig. 30 Linhas de Frequência cumulativa para Cu, Ni e Zn em solos residuais de efusivas espilitizadas.

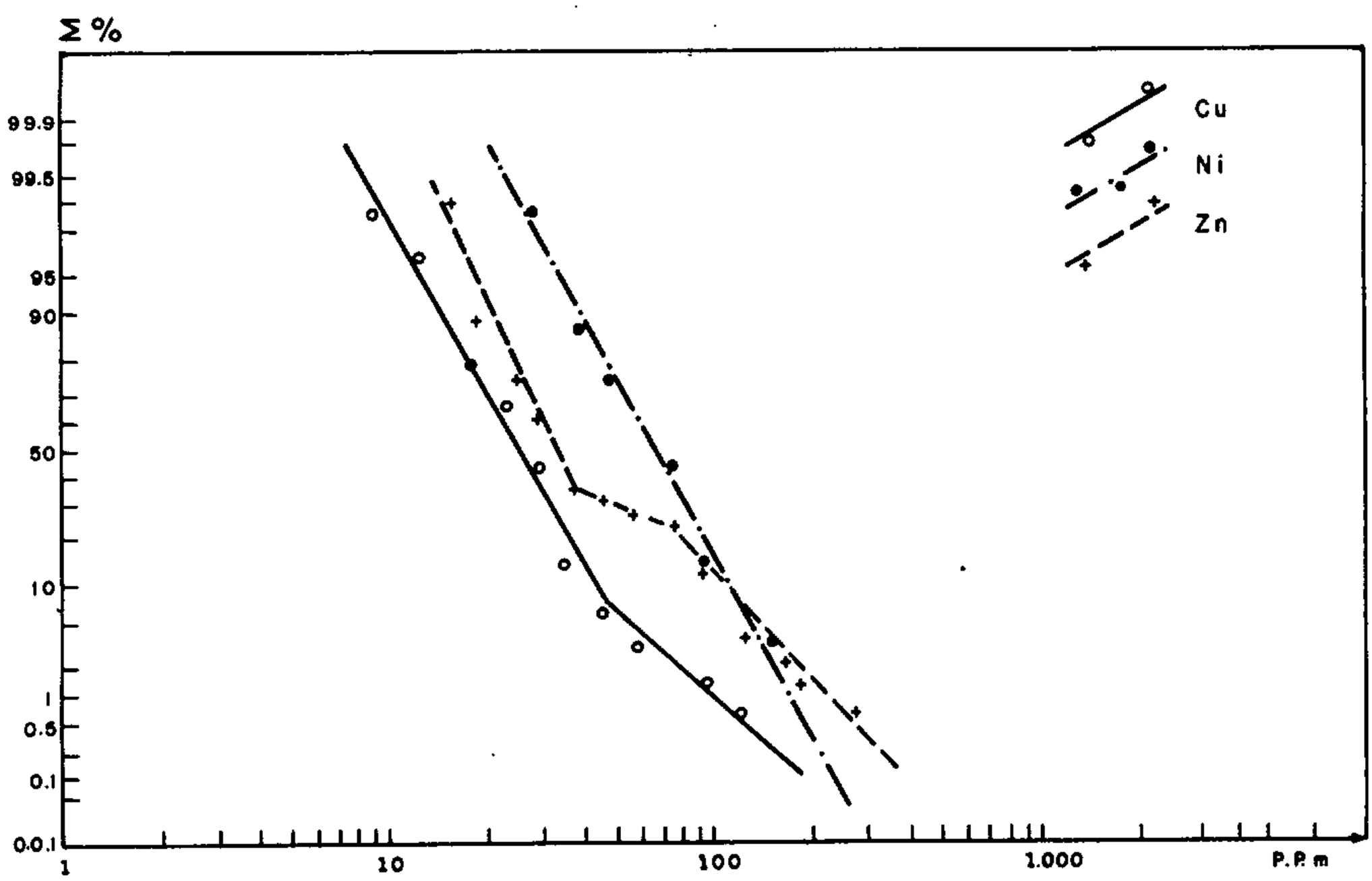



Fig. 31 Linhas de Frequência cumulativa para Cu, Ni e Zn em solos residuais de dioritos e gabros.

determinação dos ions com extração a frio; elementos fareja dores, etc. Uma pesquisa deste tipo implica necessariamente em amostragem em poços e trincheiras, visando o estabelecimento de uma correlação entre os parâmetros geoquímicos e as eventuais mineralizações da área.

7.1.3.6 - Geoquímica dos solos do granito Mucambo

Com o objetivo de orientar futuros trabalhos de prospecção na área do granito Mucambo com vistas a novas ocorrências de fluorita e alguns metais eventualmente associados, procedeu-se a uma amostragem de solo residual no intervalo 45-50 cm de profundidade, em perfis lineares ao longo de algumas estradas e de distribuição grosseiramente radial a partir da cidade de Mucambo, plotados no mapa da figura 6.

Cerca de 130 amostras foram analisadas para Zn, Pb, Cu e Ba, Bi e Mo e determinado o pH. Com exceção do zinco, todos os demais elementos foram determinados por espectrografia semi-quantitativa. No caso do bismuto e molibdênio, devido ao limite mínimo de detecção do método,10 p.p.m. e 5 p.p.m., respectivamente, muitas vezes superior à expectativa média de teores no material analisado, não se registraram quaisquer resultados. Os valores obtidos para cobre situam-se na faixa 5-10 p.p.m. sem contraste significativo. Para zinco, chumbo e bário, foram determinados os parâmetros geoquímicos de maior significância, usando-se a mesma técnica estatística mencionada no capítulo anterior, e cujos re-

sultados são discutidos abaixo.

Os valores de pH obtidos indicam a dominância de solos ácidos (pH-5-6) com manchas isoladas de carácter neu - tro.

a - ZINCO: A linha de frequência cumulativa obtida (figura 35), corresponde a dois segmentos de reta com ponto de inflexão próximo a ordenada 80%. Este tipo de representação evidencia um excesso de valores baixos em uma população essencialmente log-normal, e deve ser interpretada em nosso caso, como proveniente de amostragem em áreas de coluvio da Formação Serra Grande, que mascara parcialmente o bordo sul do "stock" granítico. O background e o valor limiar, 70 e 200 p.p.m., respectivamente, são normais para este tipo de solo. Apenas duas amostras da população ultrapassam o valor limiar, o que não constitui fato significativo.

b - CHUMBO: Os valores analíticos para o chumbo forneceram uma linha de frequência cumulativa simples, (figura 35) típica de distribuição log-normal, sem interferência. Os parâmetros obtidos, 25 p.p.m. e 75 p.p.m. para background e valor limiar enquadram-se na faixa de variação normal. Os coeficientes de desvio iguais para zinco e chumbo indicam que ambos os metais estão igualmente dispersos, o que aliás pode ser visualizado pelo paralelismo das respectivas linhas da frequência.

c - BÁRIO: Observa-se uma marcada semelhança nas linhas de frequência cumulativa do Ba e Zn, evidenciando uma

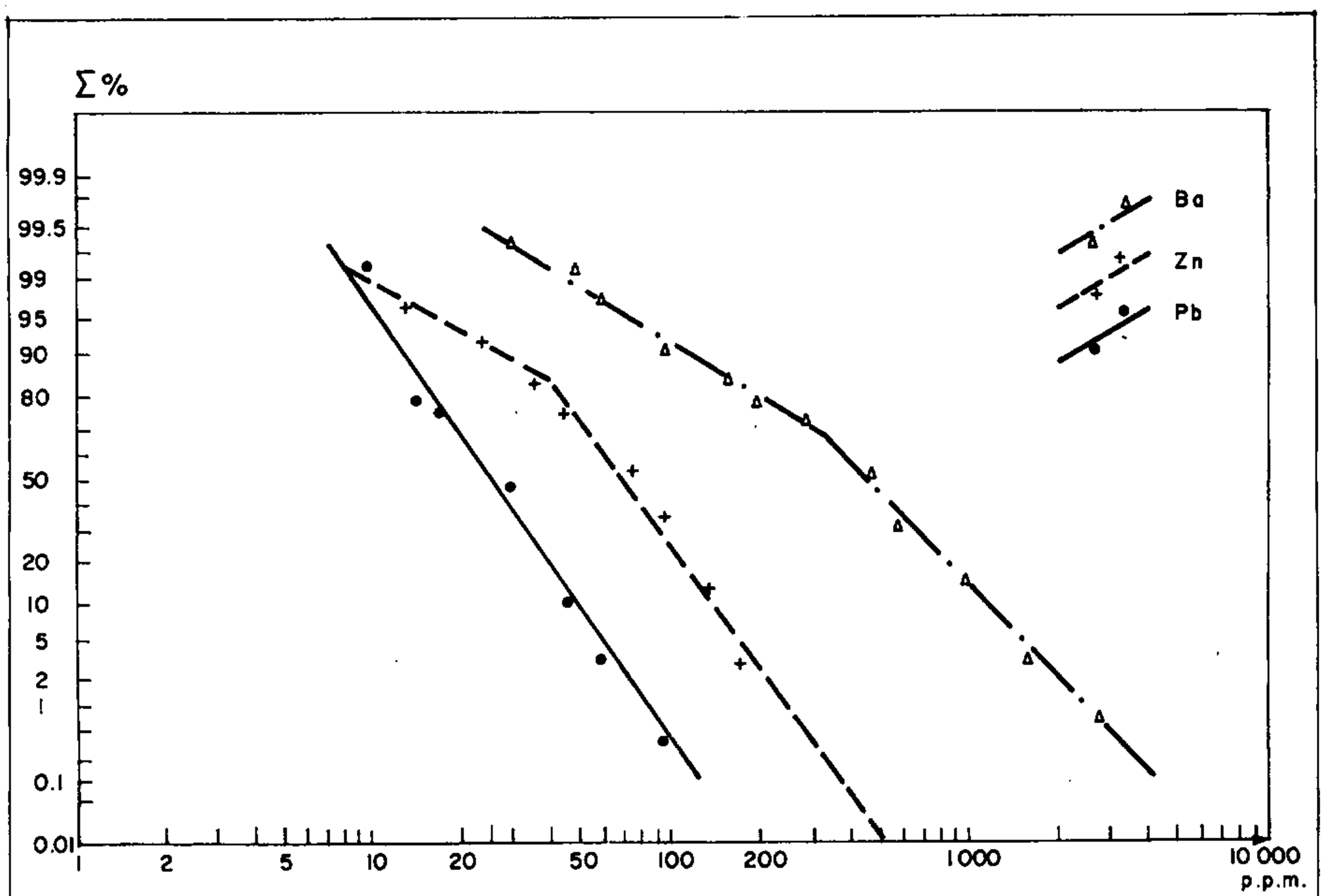



Fig. 35 Linhas de Frequencia cumulativa para Zn, Pb e Ba em solos residuais do granito Mucambo.

FIG. 36 PARAMETROS GEOQUÍMICOS PRINCIPAIS PARA OS ELEMENTOS CITADOS, EM SOLO DE EFUSIVAS, SUB-VULCÂNICAS E DO GRANITO MUCAMBO.

| | ANDESITOS E ESPILITOS | | | GABROS E DIORITOS | | | GRANITO MOCAMBO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cu | Zn | Ni | Cu | Zn | Ni | Zn | Pb | Ba |
| TEOR DE FUNDO p.p.m. | 40 | 40 | 65 | 28 | 35 | 65 | 70 | 25 | 450 |
| VALOR LIMIAR p.p.m. | 115 | 45 | 70 | 50 | 60 | 1.50 | 200 | 70 | 1900 |
| COEFICIENTE DO DESVIO | * | 1.45 | 1.35 | 1.35 | * | 1.30 | 1.61 | 1.60 | 2.10 |

* — NÃO CALCULADO

boa correlação dos dois elementos, (figura 35). A inflexão negativa observada reflete também a amostragem em área de coluvio da Formação Serra Grande. A correlação Zn/Ba e a maior dispersão deste último o indica como elemento fareja dor de grande importância em programas de prospecção sistemá tica nesta área.

## 7.2 - GEOQUÍMICA REGIONAL

### 7.2.1 - Introdução

Mesmo não estando prevista na programação do Projeto Jaibaras, foi executada uma campanha geoquímica de reconhecimento em cerca de 10.000 $km^2$ da área mapeada, visando avaliar a viabilidade de aplicação da metodologia em regiões de características semelhantes e fornecer subsídios para a localização e delimitação de eventuais províncias geoquímicas e metalogênicas. A pesquisa limitou-se unicamente às áreas de afloramento do embasamento pré-Cambriano distribuidas nas folhas Chaval, Granja, Bela Cruz, Sobral e Ipú. As áreas costeiras de coberturas cenozóicas foram eliminadas "a priori" do programa, da mesma forma que os sedimentos siluro-devonianos da bacia do Meio Norte. As áreas de afloramento dos Grupos Bambuí e Jaibaras onde se alcançou um nível mais avançado de conhecimentos geológicos, também foram excluídos da programação geoquímica regional, julgada inadequada a mesma.

### 7.2.2 - Metodologia

A metodologia utilizada no Projeto Jaibaras para o programa de geoquímica regional adotou, na concepção da rede de amostragem, alguns parâmetros consagrados em outras áreas, neste tipo de pesquisa de reconhecimento. Operamos com uma densidade da ordem de 1 amostra/70 $km^2$, com áreas de influência ou captação de cada amostra variando na faixa de 15-30 $km^2$. Nos locais selecionados em função daqueles critério-

rios e das facilidades de acesso, foram coletadas amostras de cêrca de 300 gramas da fração fina dos sedimentos jacentes no canal ativo dos riachos. Em alguns casos devido a completa ausência de sedimentos finos foram coletadas amostras de granulometria grosseira e bastante heterogênea.

Todas as amostras foram analisadas por espectrografia de emissão, para trinta elementos, na fração inferior a 80 mesch conforme recomendações do DNPM para este tipo de reconhecimento. Os elementos analisados foram os seguintes: Fe, Mg, Ca, Ti, Mn, Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, La, Mo, Nb, Ni, Pb, Sb, Sc, Sn, Sr, V, W, Y, Zn, Zr.

Quanto ao método analítico utilizado, julgamos em parte inadequado a uma pesquisa deste tipo, considerando que os limites inferiores de detecção para um grupo de elementos de alta significância geoquímica (Ag, As, Au, Bi, Cd,Mo, Sb, Sn, W, Zn) são bastante superiores, em alguns casos cerca de 15 a 20 vezes, às expectativas de concentração média no material analisado. Outro grupo de elementos com limites de detecção muito próximo aos teores máximos esperados resultou em uma sequência de valores uniformes, sem qualquer contraste geoquímico. É o caso, por exemplo de B, Be, Nb e Sc . Os quatorze elementos mencionados por insuficiência dos dados analíticos foram alijados da fase de interpretação dos resultados.

### 7.2.3 - Tratamento e Interpretação dos Dados

O exame preliminar dos dados analíticos obtidos

por espectrografia de emissão eliminou da fase de tratamento e interpretação, quatorze dos trinta elementos determinados, pelas razões já expostas. Do grupo remanescente, temos a considerar cinco elementos, a saber: Fe, Mg, Ca, Ti e Mn, julgados importantes como elementos coadjuvantes em processos de interpretação integrada, porém sem maior significado, no caso de técnicas de tratamento individualizado de cada elemento, não sendo por este motivo objeto de maior atenção neste relatório.

Os onze elementos restantes a saber, Cu, Pb, Ni, Co, Cr, Ba, V, Sr, Y, Zr, La, receberam um tratamento estatístico simples, segundo a técnica recomendada por Tennant & White, (op.cit.), modificada por Lepeltier, (op.cit.). Os dados analíticos de cada elemento foram plotados na forma de curvas de frequência cumulativa em gráfico log/probabilidade, obtendo-se, quando possível, os três principais parâmetros estatísticos da significação geoquímica a saber: teor de fundo, valor limiar e coeficiente de desvio ou dispersão, os quais encontram-se tabulados na fig. 40.

O exame das linhas de frequência cumulativa obtidas (figuras 37, 38 e 39), evidencia um comportamento semelhante de alguns grupos de elementos, comentados a seguir, reflexo de suas afinidades geoquímicas no ciclo de dispersão secundária.

a - Elementos associados a fração leve dos sedimentos: Os elementos normalmente concentrados na fração leve dos sedimentos (Cu, Ni, Co, Pb), estão representados por

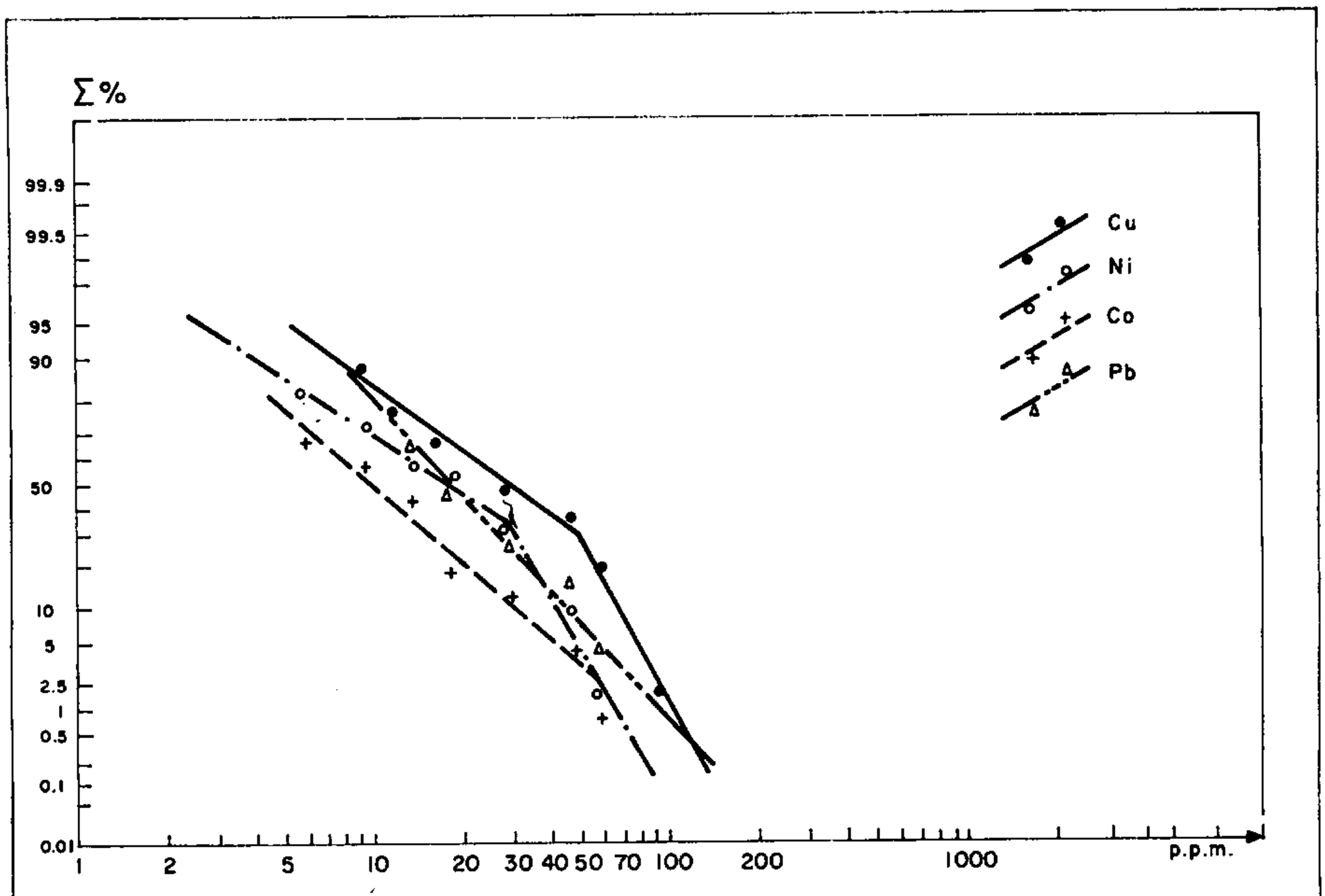



Fig. 37 Linhas de Frequência cumulativa para Cu, Ni, Co e Pb na fração < 80 mesch de sedimentos de corrente em áreas metamórficas pré-cambrianas.

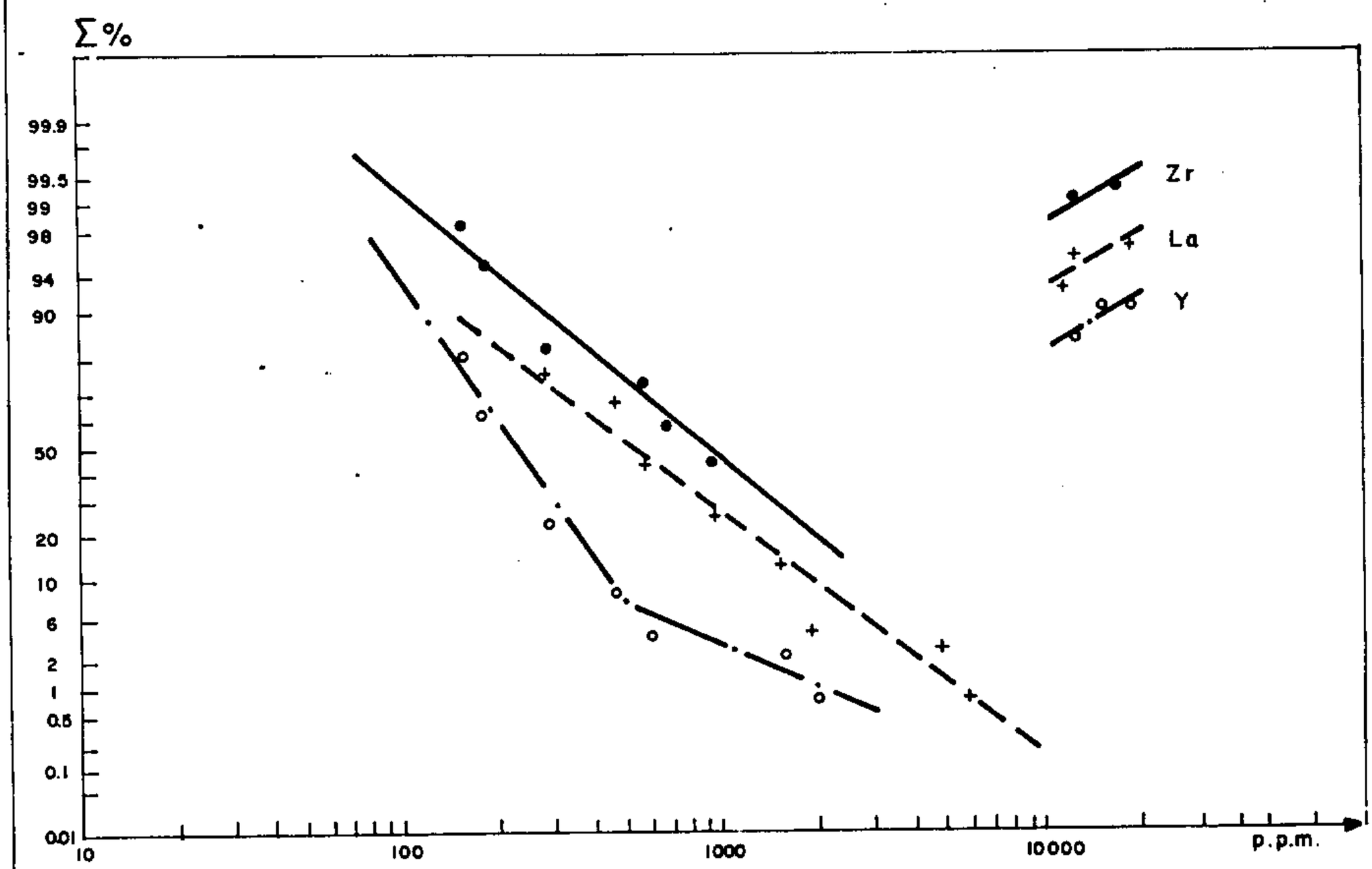



Fig. 38 Linhas de Frequência cumulativa para Zr, La e Y na fração < 80 mesch de sedimentos de corrente em áreas metamórficas pré-cambrianas.

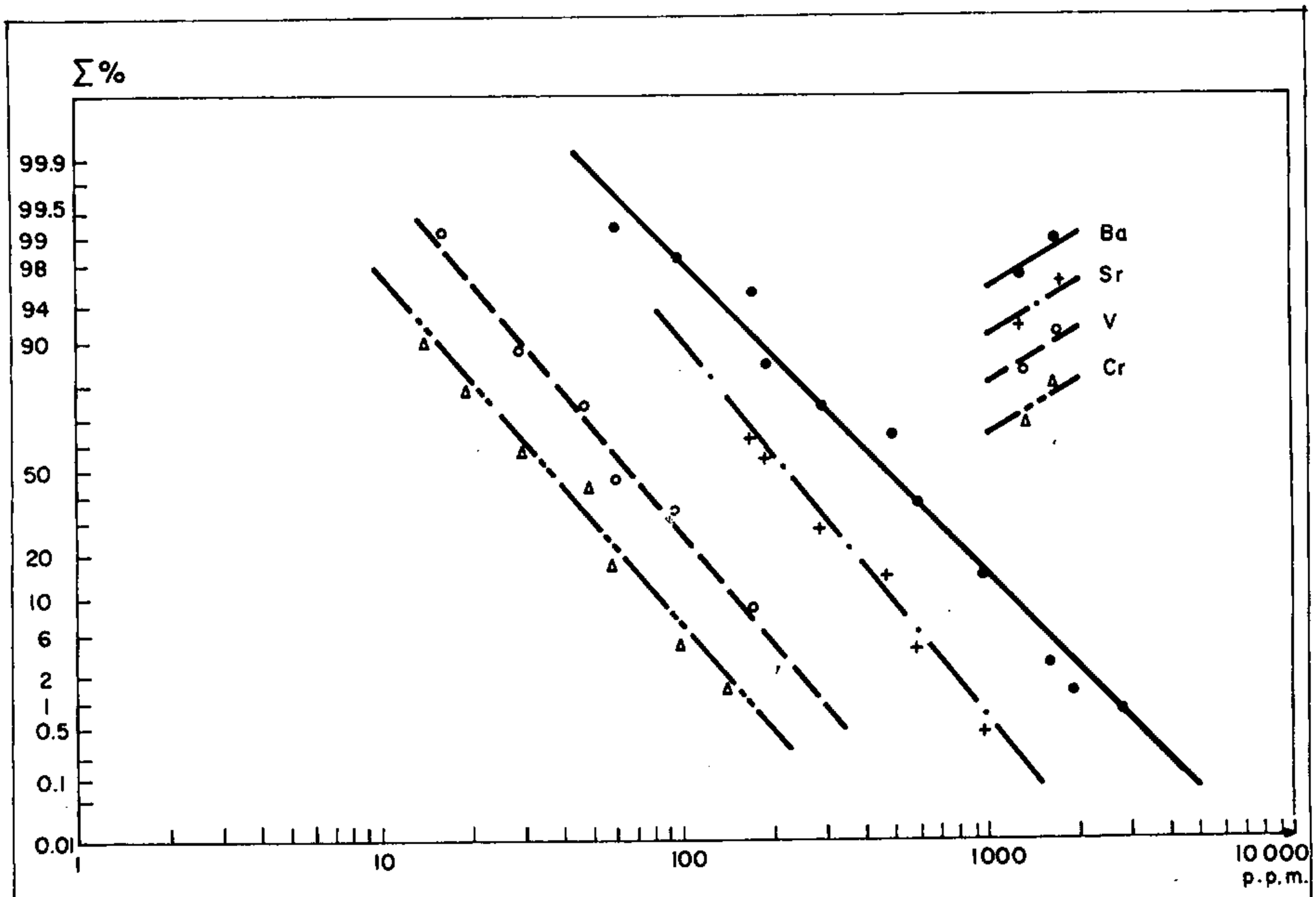



Fig. 39 Linhas de Frequência cumulativa para Ba, Sr, V e Cr na fração<80 mesch de sedimentos de corrente em áreas metamórficas pré-cambrianas.

Fig. 40 Parametros Geoquímicos principais para os elementos citados, em sedimentos de corrente em áreas metamórficas pré-cambrianas.

| | Cu | Ni | Co | Pb | Ba | Sr | V | Cr | Zr | La | Y |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TEOR DE FUNDO (p.p.m.) | 35 | 18 | 10 | 18 | 450 | 200 | 65 | 35 | 900 | 50 | 24 |
| VALOR LIMIAR (p.p.m.) | 125 | 55 | 44 | 75 | 1900 | 700 | 220 | 125 | 5000 | 360 | 50 |
| COEFICIENTE DE DESVIO | + | 0.30 | 0.34 | 0.30 | 0.05 | 0.30 | + | 0.26 | + | 0.48 | 0.16 |

+ NÃO CALCULADO

linhas cumulativas semelhantes, geralmente caracterizadas por uma inflexão negativa, oriunda, no caso, da presença no conjunto analisado, de amostra de granulometria grosseira. Para o cobre e o níquel, particularmente sensíveis a esta deficiência da amostragem, as linhas de frequência obtidas não são significativas, não permitindo o cálculo dos parâmetros geoquímicos. Para o chumbo, no entanto, observa-se uma típica distribuição log-normal, não evidenciando qualquer influência da heterogeneidade granulométrica do conjunto de amostras.

b - Elementos associados a fração pesada do sedimento.

Distinguimos aqui três associações de elementos, representativos de fases minerais resistentes do sedimento, a saber, cromo-vanádio, ligado provavelmente a magnetita e outros óxidos, estroncio e bario representativos de fase carbonática-detrítica e o grupo do zirconio, itrium, ligados ao zircão e a monazita. As linhas de frequência cumulativa para todos estes elementos correspondem às distribuições do tipo log-normal, verificando-se apenas variações nos níveis de dispersão, expressas nos respectivos coeficientes de desvio.

A pesquisa geoquímica em sedimentos de corrente no ambiente das rochas pré-Cambrianas, não revelou elementos novos em termos de áreas prospectivas. Como instrumento coadjuvante a pesquisa geológica, a metodologia aqui discutida poderá vir a desempenhar papel importante em áreas de con

tragem sistemática deve obedecer às conclusões apontadas pelo cobre não só por se tratar aparentemente da mineralização mais frequente na área, como também em virtude da sua melhor resposta aos métodos geoquímicos.

No níquel apresenta distribuição complexa com discreta tendência a concentração no horizonte superior do solo. A ausência de uma regularidade de relacionamento Ni/Cu ou Ni/Zn torna este elemento dispensável como coadjuvante em campanhas de prospecção sistemática nas rochas efusivas da Formação Parapuí.

A variação de pH em todos os perfis se faz de maneira sistemática com o pronunciado aumento da acidez do solo, de baixo para cima. A tal comportamento, deve-se creditar os valores relativamente baixos para o teor de fundo e o valor limiar de Cu e Zn, característicos desta área, resultantes da vigorosa lixiviação daqueles ions no solo. Do ponto de vista físico-químico tal ambiência impede a fixação de minerais secundários de zinco e inibe a presença extensiva de malaquita ou outros oxidados de cobre. Considerando as condições de clima da área e ainda na dependência do comportamento do nível do lençol freático, pode-se especular sobre as possibilidades de concentração supergênica dos metais pesquisados em profundidade.

7.1.3.3 - Ocorrência da Fazenda Campina

Na área de ocorrências de cobre da fazenda Campi

na (Cadastro de Ocorrências Minerais nº 18) foi executado uma malha regular de amostragem geoquímica (30m x 30m), com finalidade orientativa e cujos resultados são apresentados nas figuras 32 e 33. Os campos delimitados no mapa para Cu e Zn correspondem às áreas de teores inferiores ao background; de teores intermediários entre o background e um valor limiar; entre um e dois valor limiar e finalmente teores superiores a dois valor limiar. No caso do cobre é evidente a existência de uma anomalia consistente e bem pronunciada, da direção E-W, cujo flanco leste não foi delimitado. Esta anomalia corresponde a área da descoberta original de minerais de cobre (malaquita e azurita), em blocos de andesito espilitizado e aglomerado vulcânico. Mais para sul, configura-se o aparecimento de uma nova anomalia, aparentemente paralela a primeira. Após a execução deste trabalho, um novo afloramento de minerais de cobre foi descoberto cerca de 100 metros a SW do ponto CA-10 e que corresponde provavelmente a continuação desta segunda anomalia.

O mapa de distribuição de zinco no solo, apesar das grandes extensões de áreas anômalas, não evidencia uma correlação com a distribuição de Cu. Aparentemente o enriquecimento de zinco está associado a sistemas preferenciais de fraturas segundo N-S e E-W e os picos da anomalia estão quase sempre deslocados em relação aos do cobre. Não foi observado nenhum mineral secundário de zinco na superfície.

Os valores absolutos de Cu e Zn relativamente baixos nesta área são consequências do pH de tendência ácida, que promove uma lixiviação intensa dos ions metálicos no solo.

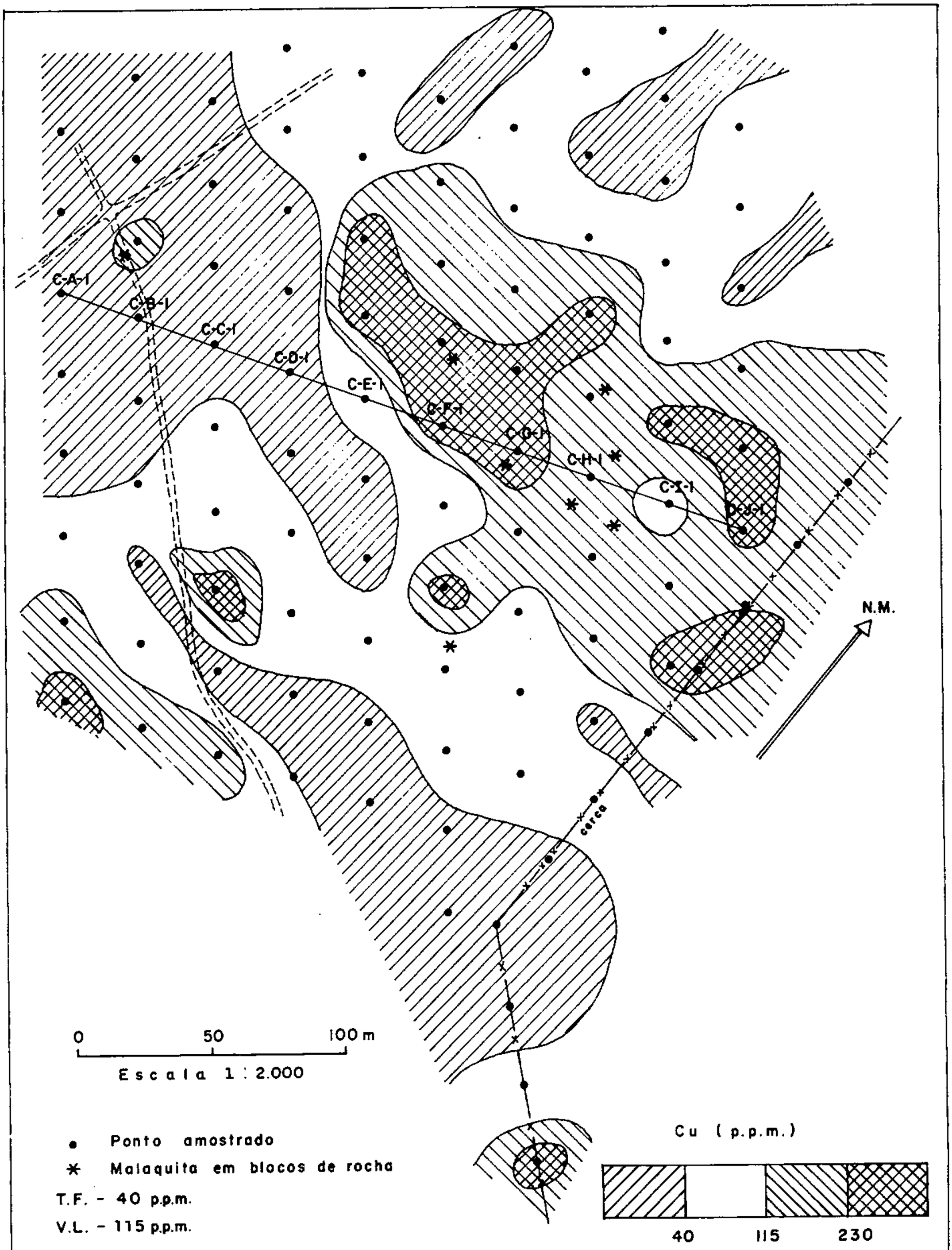



FIG.32 - FAZENDA CAMPINA

Distribuição de cobre no solo residual de efusivas espilitizadas.

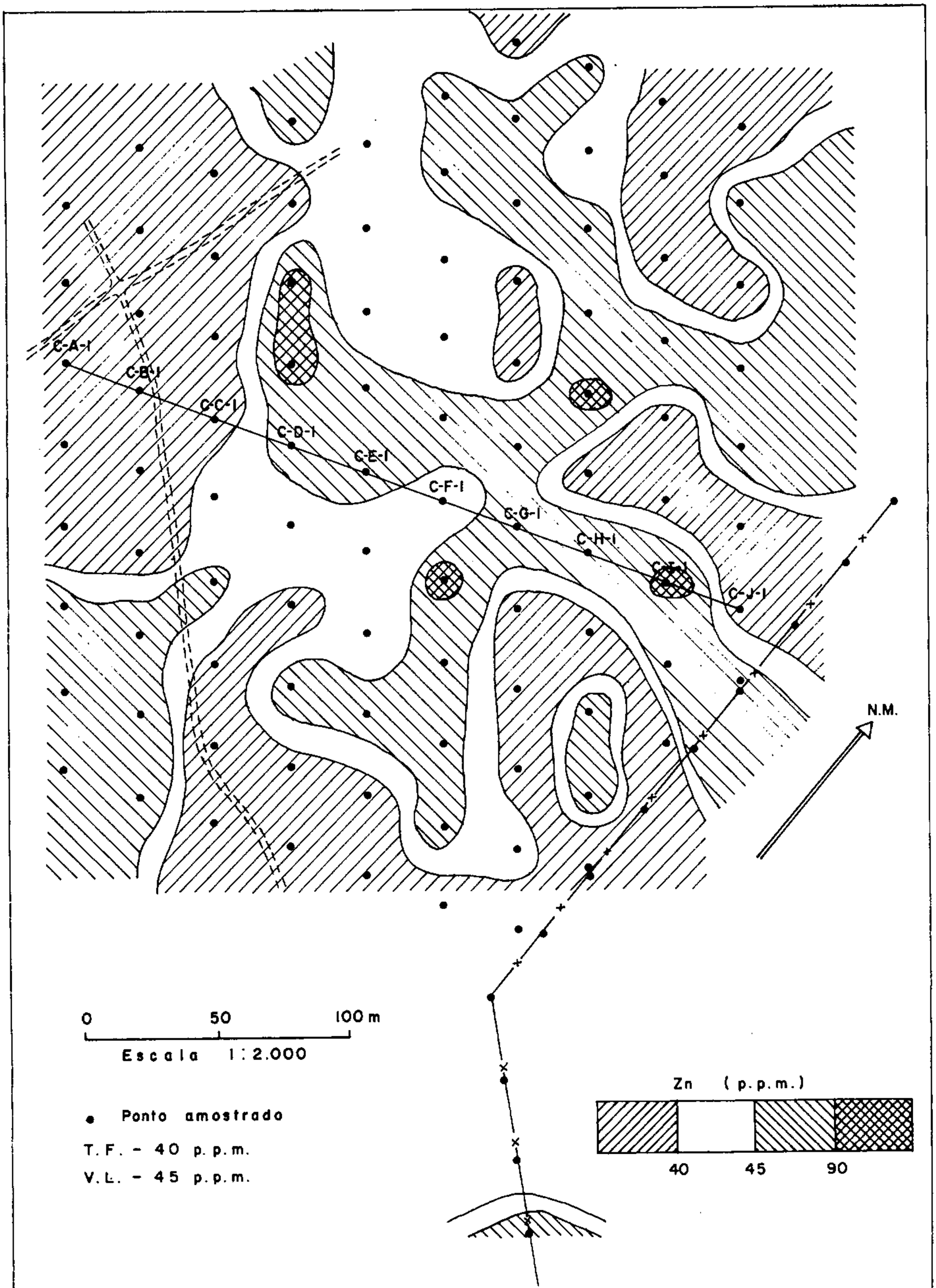



FIG. 33 - FAZENDA CAMPINA

Distribuição de zinco no solo residual de efusivas espilitizadas.

7.1.3.4 - Geoquímica do solo de dioritos e gabros

a - COBRE: Observa-se uma inflexão positiva na curva cumulativa de cobre (fig. 31 ), indicando a presença de anomalia positiva na população reflexo da mineralização ocorrente em algumas das áreas amostradas. O teor de fundo e o valor limiar, respectivamente 30 p.p.m. e 50 p.p.m., refletem rigorosa condição de lixiviação e uma dispersão discreta do cobre no solo.

b - ZINCO: A curva de frequência cumulativa obtida para o zinco (fig. 31 ) repete o mesmo padrão verificado para cobre em solos de efusivas, isto é, evidencia a coexistência de duas populações superpostas, de distribuição log-normal. Apesar de não ter sido observado indícios de mineralização de zinco nas áreas amostradas, a curva obtida é indicativa da existência provável de mineralização zincífera em profundidade. O background e valor limiar, 35 p.p.m. e 60 p.p.m. respectivamente, abaixo da média para este tipo de rochas, confirmam as condições extremas de lixiviação prevalecente nesta área.

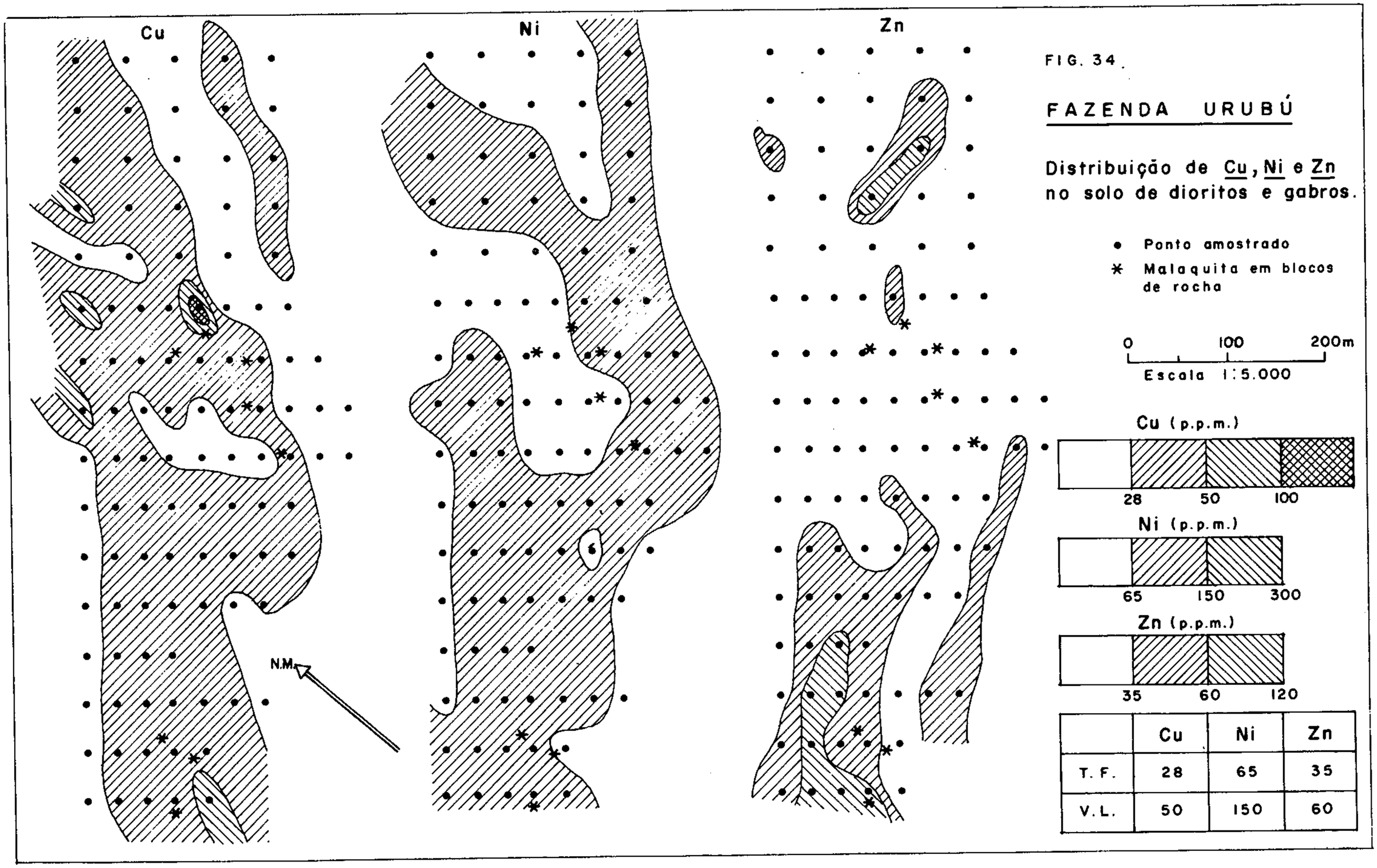
c - NÍQUEL: No caso do níquel, observa-se uma frequência cumulativa segundo uma reta, característica de populações com distribuição log-normal (fig. 31). O background e valor limiar, 65 p.p.m. e 150 p.p.m., respectivamente, situam-se na faixa normal para solos destas litologias. A falta de enriquecimento em Ni, confirma a ausência na área de solos de características lateríticas.

### 7.1.3.5 - Ocorrência da Fazenda Urubú

Na área limítrofe das fazendas Urubú e Paissandú, onde registram-se ocorrências de minerais oxidados de cobre associados a gabros e dioritos, realizou-se uma amostragem de solo em malha regular de 30m x 50m e 50m x 50m, com objetivo de testar a aplicabilidade do método geoquímico às condições locais. Os resultados da pesquisa estão apresentados nos mapas da figura 34, construidos com base no teor de fundo e valor limiar de cada elemento, adotando-se a mesma sistemática descrita no caso da fazenda Campina.

Em primeiro lugar, observa-se um marcado paralelismo do padrão de distribuição de Cu e Ni, sugerindo, uma associação primária destes metais, possivelmente na fase silicatada da rocha. Os pontos com mineralizações secundárias de cobre não correspondem a áreas anômalas, comprovando a ausência de relêvo geoquímico significativo e indicando a impossibilidade de utilização deste parâmetro (Cu total) como instrumento de prospecção. A distribuição de zinco, apenas em parte acompanha timidamente a distribuição de cobre e não se mostra efetivo como elemento farejador.

Considerando os dados obtidos, somos levados a concluir pela inviabilidade da sistemática adotada como instrumento de prospecção nas áreas de gabros e dioritos da Formação Parapuí. Em vista das vantagens do método geoquímico, em termos de tempo e de custo, sugerimos a pesquisa de parâmetros geoquímicos que se mostrem efetivos nesta área, como por exemplo, pesquisa do horizonte de máxima concentração;




| | Cu | Ni | Zn |
|---|---|---|---|
| T. F. | 28 | 65 | 35 |
| V. L. | 50 | 150 | 60 |

dições semelhantes à região noroeste do Ceará. Em termos de pesquisa regional integrada, os elementos aqui obtidos são de grande valia e deverão ser utilizados em futuros trabalhos específicos.

CPRM

8 - GEOLOGIA ECONÔMICA

## 8.1 - GENERALIDADES

A região abrangida pelo Projeto Jaibaras não tem qualquer tradição mineira, o que de certa forma reflete a pobreza e/ou o desconhecimento da mesma no que diz respeito a seus recursos minerais. Com exceção da lavra de calcário da Formação Frecheirinha para produção de cimento portland, empreendimento relativamente recente, apenas tentativas frustradas para aproveitamento de minério de ferro em Angostura e Itaúna registraram-se na região aqui descrita. Recentemente, foram executadas pesquisas de detalhe visando a avaliação do prospecto cuprífero de Pedra Verde, também com resultados desanimadores.

Os conhecimentos adquiridos no Projeto Jaibaras, indicam contudo perspectivas altamente promissoras em decorrência do alto potencial mineralizante das tipologias identificadas e das novas ocorrências minerais descobertas.

Neste capítulo tratamos apenas dos aspectos ligados as ocorrências minerais da área. A discussão da vocação metalogenética das diversas tipologias observadas já foi abordada nos capítulos referentes às unidades geológicas envolvidas.

## 8.2 - COBRE NAS FAZENDAS CAMPINA E URUBÚ

Cadastro de ocorrências minerais nºs 18 e 19

Duas importantes ocorrências de minerais oxidados de cobre foram descobertas no decorrer do Projeto, associadas as rochas vulcânicas da Formação Parapuí. As áreas das ocorrências localizam-se na folha Frecheirinha, cerca de 6km ao sul de Aprazível, município de Sobral.

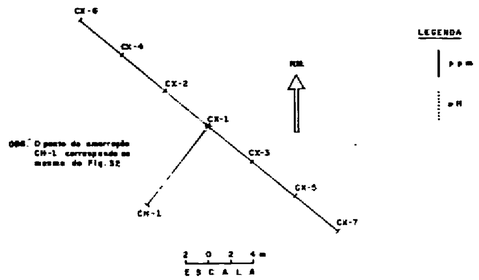
A ocorrência da fazenda Campina verificada em impregnações e preenchimentos de malaquita e azurita em blocos de rochas parcialmente intemperizadas e distribuídas em área de relevo levemente ondulado, com cerca de 250 m x 100 m, está aparentemente associada a uma faixa de andesitos espilitizados e aglomerados vulcânicos em uma zona de transição para uma fácies mais ácida, de composição dacítica. Esta última unidade encontra-se intensamente epidotizada e cloritizada e corresponde aos hidrotermalitos descritos. Como elemento complementar ocorrem níveis de jaspe vermelho, piritoso, com frequentes e abundantes concentrações de especularita. Estruturas que lembram "pillow-lavas" foram observadas nas proximidades das ocorrências. A cobertura de solo residual não permite observações mais detalhadas do interrelacionamento das unidades petrográficas identificadas.

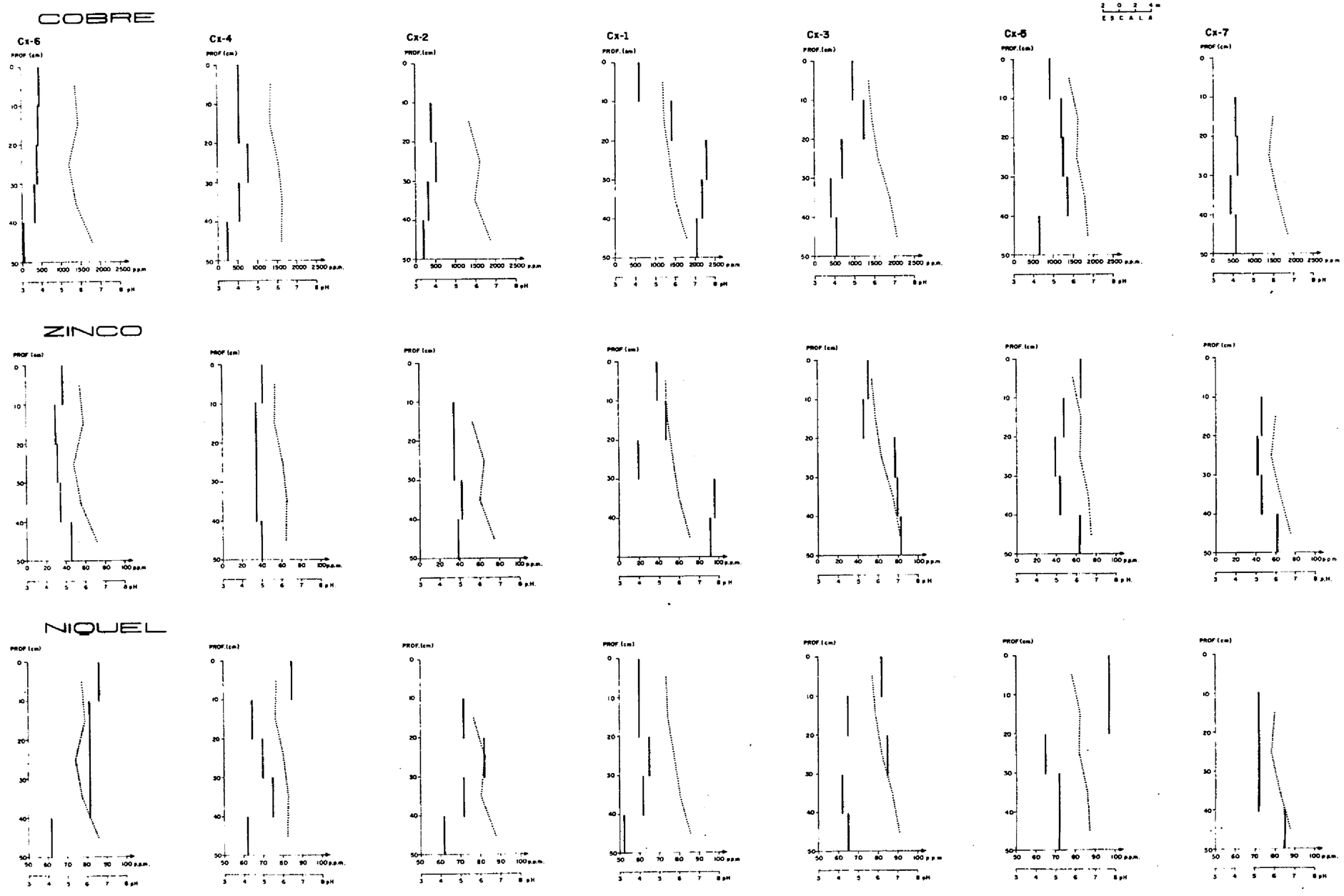
Um levantamento geoquímico de orientação executado sobre a ocorrência (vide capítulo 7 - Geoquímica) revelou um quadro bastante animador e sugere a existência de outra faixa mineralizada situada ao sul das ocorrências originais. Com efeito, a extensão e consistência das anomalias desco

QUADRO - IV

# VARIAÇÃO VERTICAL DOS TEORES DE Cu; Zn; Ni; e do pH NO SOLO DE ANDESITOS ESPILITIZADOS

## Anomalia geoquímica da Fazenda Campina



bertas associadas a tipologia identificada, nos permite considerar esta área como prospecto altamente promissor, enfatizando o alto potencial metalogenético da Formação Parapuí.

As ocorrências de cobre da fazenda Urubú e adjacências, associam-se a complexos intrusivos de natureza gabro-diorítica. Manifestam-se pela presença de minerais oxidados de cobre (malaquita e azurita) e raramente restos de calcopirita, em blocos de rocha jacentes em solo argiloso residual. A área de ocorrência estende-se em uma faixa de topografia plana de aproximadamente 250 x 50 m, correspondente a uma zona de brechação e cataclase da rocha intrusiva e está associada a carbonatos e silexitos secundários. O mapeamento revelou tratar-se da zona milonítica da falha Café-Ipueiras, que secciona o corpo intrusivo na região mineralizada. Considerando a amplitude e intensidade da zona de quebramento da falha Café-Ipueiras, é lícito se esperar na região da fazenda Urubú um amplo desenvolvimento da brecha gabro-diorítica, hospedeira da mineralização de cobre. Quanto a mineralização em si, como hipótese para pesquisa, acreditamos estar ligada a manifestações hidrotermais contemporâneas ao vulcanismo da bacia Jaibaras.

A pesquisa geoquímica empreendida na área de interesse (vide capítulo 9) das ocorrências, não acrescentou elementos positivos ao conhecimento da mineralização, carecendo de trabalhos adicionais para definição de uma tecnologia de pesquisa adequada ao problema.

No capítulo que trata de Formação Parapuí insere-

se comentários detalhados sobre o valor potencial destas ocorrências de cobre, com base em critérios petrográficos e petroquímicos.

## 8.3 - COBRE EM PEDRA VERDE

Ficha de Ocorrências Minerais nº 10

A ocorrência cuprífera de Pedra Verde localiza-se no município de Viçosa do Ceará, a 8 km em linha reta da sede municipal e a 4 km a SW do povoado General Tibúrcio. Situa-se na encosta da Serra da Ibiapaba, no local denominado Grotão da Pedra Verde topograficamente caracterizado por vales profundos e escarpas íngremes. A partir de Viçosa do Ceará atinge-se o local da ocorrência através da estrada municipal que une esta cidade a General Tibúrcio num percurso de 35 km, bastante acidentado, e deste povoado, através de 4 km em estrada carroçável de precárias condições de tráfego.

Esta ocorrência é conhecida desde 1850 e nela realizaram-se diversos trabalhos de pesquisa. Pouchain, (1947), estima reservas da ordem de 1.500.000 toneladas de minério com 2% Cu. Quezado, (1949) executou para o DNPM cinco furos de sonda, limitando sua estimativa a 1 milhão de toneladas de minério com 1.2% Cu.

Trabalhos de pesquisa mais completos visando a definição do prospecto em termos econômicos foram executados por Collins & Loureiro, (1961/1962), para a Indústria Sul Americana de Metais S/A - ISAM. Os trabalhos de prospecção consistiram na escavação de 230 metros de tunel e na perfuração de 13 furos de sonda, totalizando 1.327 metros. No relatório da pesquisa, concluem aqueles autores "Depois de 230 m de tunel e de 13 furos de sondagem, chegou-se a conclusão de

que o minério, ainda que compeendendo uma zona bem definida, é muito variável e de teor muito baixo para ser aproveitado. Algumas intersecções mostram uma largura horizontal verdadeira de 10 metros, com a média de 1.2% de sulfetos de cobre, mas predomina o material mais pobre", e ainda,"...considerou-se que Pedra Verde foi adequadamente testada e que se acharam deficientes as possibilidades em minério". Os mesmos autores não apresentam cálculos de reservas de minério do prospecto, por julgar inútil, em vistas das evidências pouco animadoras constatadas na pesquisa.

A mineralização em Pedra Verde ocorre ao longo de uma zona de falha orientada segundo NE-SW, que põe em contato os filitos da Unidade "A" do pré-Cambriano, que formam o bloco elevado do lado sul; e os conglomerados da Formação Aprazível, que ocupam o bloco afundado, do lado norte.Em superfície, a mineralização manifesta-se por intensas impregnações de malaquita preenchendo fraturas e como finas películas envolvendo blocos de filito, em uma faixa de cerca de 400 metros, relativamente estreita, que acompanha o contato filito/conglomerado, desaparecendo no lado sul por sob a cobertura de sedimentos devonianos (Formação Serra Grande). A mineralização primária, não aflorante é contituida por calcosina, bornita, calcopirita, pirita e raramente, galena. Segundo Collins & Loureiro, (op.cit.), que procederam um estudo minuncioso do minério, "... os minerais de cobre ocorrem em lentes ou manchas finas disseminadas através de rocha não distinta, elongadas paralelas a planos de cisalhamento. Raramente ocorrem em massas maiores do que 1 cm de diâmetro. A maioria dos grãos têm de 1 a 4 mm de diâmetro". Em profundi

dade a faixa mineralizada forma um corpo tabular, verticalizado com espessura e teor variáveis observando-se uma tendência a estreitamento.

As possibilidades de extensão da faixa mineralizada para sudoeste, por sob os arenitos da Formação Serra Grande, foram testadas no início deste ano através de sondagens profundas, pela empresa detentora do Alvará de Pesquisa da área, ao que parece, com resultados desanimadores. Verifica-se portanto que um grande volume de trabalhos de prospecção foram executados em Pedra Verde, a cargo de diversos geólogos e instituições, sempre resultando em conclusões desanimadoras para o prospecto. Neste sentido, o relatório de Collins e Loureiro é particularmente significativo pelo grande número de evidências reunidas e pela seriedade com que foram conduzidos os trabalhos, tanto na fase de campo quanto na fase analítica e suas conclusões, que consideram Pedra Verde destituida de qualquer valor econômico, devem ser aceitas como válidas.

Do ponto de vista regional, assinala-se a repetição em outros sítios, de condições geológicas semelhantes àquelas verificadas em Pedra Verde e tidas como condicionantes da mineralização, isto é, o contato tectônico filito/Formação Aprazível, porém, em nenhum local foi observado qualquer indicio de mineralização cuprífera. Estas áreas situam-se na margem sul dos grabens associados a zona de cisalhamento de Jaguarapí, especialmente no vale do riacho Sairí. São regiões afetadas por espesso manto de intemperismo e laterização, capazes de mascarar qualquer mineralização

primária, acaso existente. Consideramos tais regiões como favoráveis para pesquisa de cobre e as recomendamos para projetos específicos.

## 8.4 - MINÉRIO DE FERRO DA FAZENDA ANGOSTURA

Cadastro de Ocorrências Minerais - Ficha nº 5

Desconhece-se a época e o autor da descoberta de minério de ferro nas terras da fazenda Angostura, situada no Município de Sobral, cerca de 10 km a sudoeste do lugarejo Aprazível, no flanco norte da serra do Carnutim. No princípio dos anos sessenta esta ocorrência despertou o interêsse de empresa ligada a mineração no Ceará (Ceará Minérios S.A.- sediada em Fortaleza), com vistas ao eventual aproveitamento do minério para produção de ferro-gusa. Naquela época foram desenvolvidos na ocorrência, trabalhos de prospecção bastante detalhados, por parte da empresa interessada e em maior escala por parte da SUDENE, resultando na definição de seu potencial e suas características químicas e genéticas. Os trabalhos do Projeto Jaibaras na área da fazenda Angostura limitaram-se a apreciar o condicionamento geológico e genético da jazida uma vez que os relatórios existentes a indicam como absolutamente marginal e sem qualquer valor econômico.

O minério de Angostura é constituído exclusivamente de hematita, em blocos maciços, com abundância da variedade especularita, sendo frequentes "habitus" de cristalização fibro-radiado e em cristais placosos. Em íntima associação com a hematita observam-se em alguns afloramentos pequenas drusas de quartzo, epidoto e fluorita roxa em cristais diminutos.

Geologicamente a jazida localiza-se na parte interna da auréola de termometamorfitos do granito Mucambo, na

zona de contato das formações Frecheirinha e Coreaú, sendo comuns no local, calcários e arenitos silicificados e recristalizados, calco-hornfels, e biotita-cordierita hornfels, além das fácies de borda do "stock" granítico. Morfologicamente estas litologias correspondem a "hog-backs" alinhados, paralelos a borda do granito.

Foram reconhecidos dois tipos de ocorrências no minério de ferro de Angostura:

a - Minério rolado distribuido nas vertentes das colinas quartzíticas e representado por blocos de hematita de tamanhos variados imersos em matriz argilo-ferruginosa avermelhada. Este material de natureza coluvio-aluvial foi prospectado por Oliveira e Silva, (1963), que indicou reservas inferiores a 100.000 tons. em área de 15 $km^2$, portanto sem nenhum sentido econômico.

b - Minério primário na forma de diques cortando ora os calcários Frecheirinha, ora os quartzitos da Formação Coreaú. Estes diques de extensão limitada nos afloramentos tem continuidade por sob a capa de coluvio, acompanhando as bordas do granito, conforme resultados de levantamentos magnetométricos executados por Rand, in Cobra, (op. cit.).

Com base nos trabalhos de Oliveria e Silva, Rand, e em observações pessoais, Cobra (op. cit.), estima valores máximos de um milhão de toneladas para as reservas de minério de ferro em Angostura, portanto, irrisória, sob qualquer ponto de vista. O mesmo autor sugere uma gênese ligada a substituição nos arenitos e calcários, por efeito do metamor

fismo térmico, na zona de contato com o granito ou mais provavelmente ligada a preenchimento de fraturas por material ferrífero posteriores as intrusões graníticas.

As nossas observações na zona mineralizada indicam claramente a limitação da mineralização às fraturas nas rochas encaixantes, bem como no próprio granito, evidenciando a natureza tardia das soluções mineralizantes. Paragênese idêntica a da fazenda Angostura, especularita-fluorita-epidoto-quartzo, foi também observada em veios cortando o granito vermelho de afinidade alcalina, em outros pontos do "stock" granítico, sendo a localidade típica a fazenda Caetano, cadastrada como ocorrência de fluorita.

O modo de ocorrência e a paragênese mineral, especialmente a presença de fluorita sugerem uma gênese ligada a manifestações hidrotermais tardias, quando a massa granítica tinha-se consolidado, pelo menos em parte.

massas maiores por limonita e criptomelano, que são parcial e localmente substituídos por agregados granulares de pirolusita. Algumas dessas massas maiores de limonita e criptomelano englobam cristais tabulares idiomórficos de ilmenita.

Duas análises químicas foram realizadas, apresentando os seguintes teores em percentagem:

| | 1 | 2 |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 20,50 | 26,90 |
| $Al_2O_3$ | 2,40 | 4,20 |
| $Fe_2O_3$ | 17,80 | 23,20 |
| $MnO_2$ | 47,20 | 37,20 |
| BaO | 0,12 | - |
| $P_2O_5$ | 0,14 | - |

Pelas características apresentadas, trata-se de um depósito do tipo epigenético restrito a zonas de enriquecimento por intemperismo, com baixo conteúdo de manganês e alta percentagem de $Fe_2O_3$ e $SiO_2$.

Continuidade ou repetição deste tipo de mineralização foram pesquisadas, sem sucesso, em toda a área de ocorrência dos xistos e filitos da Unidade "A". Considerando as reduzidas dimensões do depósito da fazenda Oitis e a qualidade inferior do minério, julgamos esta ocorrência manganífera sem qualquer perspectiva econômica.

## 8.7 - CALCÁRIO DE APRAZÍVEL E FRECHEIRINHA

Cadastro de ocorrências minerais - Ficha nº 14

O mais importante recurso mineral conhecido na área objeto deste relatório são as enormes acumulações de calcário epi-metamórfico da formação Frecheirinha. Esta unidade lito-estratigráfica do grupo Bambuí ocupa extensas áreas, na região compreendida entre a serra Meruoca-Rosário e a serra da Ibiapaba, e é composta essencialmente de um calcário preto-azulado de granulação fina, intensamente fraturado e cortado por veios recristalizados de calcita branca.

Para caracterização química dos calcários foram executadas quatro análises completas, em amostras do tipo "pick-sample" em afloramentos típicos nas regiões de Frecheirinha, Aprazível e fazenda Piancó, transcritas abaixo.

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| Unidade (105-115 C) | 0.10 | 0.11 | 0.12 | 0.21 |
| Perda a 1000°C. | 43.31 | 40.97 | 41.46 | 16.58 |
| $Al_2O_3$ | 0.20 | 0.24 | 0.10 | 0.65 |
| $Fe_2O_3$ | 0.14 | 0.41 | 0.69 | 0.71 |
| CaO | 54.09 | 50.82 | 51.94 | 20.00 |
| MgO | 1.03 | 0.86 | 0.53 | 0.16 |
| $P_2O_5$ | 0.03 | 0.05 | 0.07 | 0.15 |
| $K_2$ | 0.01 | 0.14 | 0.13 | 1.68 |
| R.I. | 0.89 | 5.83 | 4.62 | 61.10 |

1 - Estrada Aprazível - Mucambo-Afl. 1139-CL-R-141

2 - Estrada Frecheirinha - Ubaúna - Afl. 1139-CL-R-1256

3 - Estrada Aprazível - Ubaúna - Afl. 1139-CL-R-63

4 - Fazenda Piancó - Afl. 1139-CL-R-1258

Em todas as análises, os teores de magnésio, fósforo, potássio, alumínio e ferro, são baixos e variam dentro de limites estreitos, não chegando a constituir elementos nocivos ao seu aproveitamento industrial. O resíduo insolúvel, representado quase exclusivamente por sílica, varia dentro de limites aceitáveis nas três primeiras análises. A amostra da fazenda Piancó, na secção basal da Formação pode ser melhor classificada como arenito calcífero em virtude do alto percentual do R.I. representado por sílica detrítica e que corresponde a zona de transição com a Formação Trapiá, subjacente.

As reservas de calcário da Formação Frecheirinha, em função da sua área de ocorrência e das espessuras estimadas atingem cifras da ordem de dezenas de milhões de metros cúbicos de material de boa qualidade, adequado a maioria das aplicações industriais. O aproveitamento desta imensa reserva mineral é ainda incipiente e resume-se ao empreendimento da Cia. Cearense de Cimento Portland com unidade industrial na cidade de Sobral, produzindo cerca de 100.000 toneladas/ano de cimento tipo portland. A jazida da C.C.C.P. localiza-se 6 km a NW do povoado Aprazível em terras da fazenda Chega e Volta e dista cerca de 30 km da fábrica. A lavra se processa a céu aberto, é toda mecanizada, e o transporte do minério até a fábrica é efetuado por via rodoviária em uma frota de caminhões basculantes, sendo quase todo o percurso em trechos pavimentados das rodovias CE-71 e BR-222.

Segundo informações dos técnicos da C.C.C.P. os únicos problemas com relação a matéria prima, deriva do caráter extremamente abrasivo do calcário, o que provoca um desgaste excessivo dos britadores e moinhos, com reflexos negativos nos custos da produção. O fraturamento intenso em algumas áreas da jazida tem criado problemas de desmonte, resultando em aumento no consumo de explosivos.

Na região de Frecheirinha, onde as ocorrências de calcário se maximizam, o aproveitamento desta matéria prima resume-se à queima em caieiras primitivas para a produção de cal, utilizada na construção civil.

## 8.8 - CALCÁRIO DO BAIXO PARNAÍBA

As ocorrências de calcário de Lama Preta, Monte Alegre, Cajueiro e Várzea, têm sido mencionadas por vários autores, dado o interesse paleontológico representado pelos níveis bioclásticos, com uma assembléia bastante diversificada de macrofósseis. Novas ocorrências estão indicadas na Folha Burití dos Lopes, nas localidades de Estreito, Saco e Olho d'Água, todas nas margens direitas dos rios Parnaíba e Longá, e ainda a cerca de 3 km ao sul da fazenda Várzea, no vale do Rio São Miguel. Em todos esses lugares o calcário apresenta uma espessura média de 3-4 metros, intercalando-se com finos leitos argilosos, e encontra-se sob uma cobertura arenosa ou laterítica de 1-3 metros de espessura, motivo pelo qual são conhecidas somente as ocorrências das escavações de lavra para produção de cal.

Não se consegue definir um contrôle pedológico que permita a inferência de novos jazimentos, nem qualquer diferenciação fotogeológica na cobertura que capeia o calcário. Consequentemente, para avaliação da potencialidade dessas jazidas se faz necessário a abertura de poços exploratórios. As ocorrências do vale do Parnaíba são provavelmente isoladas uma das outras, assoreando as depressões da superfície pré-miocênica dos sedimentos paleozóicos e das rochas pré-cambrianas, enquanto as ocorrências do vale do São Miguel parecem ser extensão das ocorrências constatadas no poço 1LC-01-PI, perfurado na praia de Atalaia, e em Angico, durante a escavação de uma cacimba.

Durante mais de 50 anos os calcários de Lama Preta e Monte Alegre vêm sendo empregados na fabricação de cal. Pelo volume de material retirado, verifica-se que a demanda foi muito pequena para todo êsse tempo, sem ter motivado os proprietários para um empreendimento mais organizado. Em todas as pedreiras a queima se faz em fornos intermitentes, em escavações feitas no solo, resultando daí uma baixa produtividade. O produto resultante da calcinação é fornecido ao consumidor sob a forma de cal virgem gorda.

De acordo com os resultados das análises químicas indicadas no quadro anexo, os calcários de Monte Alegre e Olho d'Água são bastante puros, do tipo cálcico, podendo os horizontes mais argilosos, conforme resultados das amostras de Lama Preta, serem empregados na fabricação de cal hidráulica. O calcário dolomítico de Várzea poderá ser usado para fabricação da cal virgem, para uso em construção civil, requerendo apenas uma hidratação mais lenta. Cumpre ressaltar dentre as características químicas do calcário cálcico a possibilidade de vir a ser utilizado como matéria prima na fabricação de cimento portland. O Grupo Votorantim pretende instalar no Município de Parnaíba uma fábrica de cimento, estando atualmente pesquisando os calcários de Estreito e Monte Alegre.

Um dos problemas da maior relevância na prospecção de calcário para fabricação de cimento é a composição química, sobretudo o teor de MgO. As normas técnicas exigem um teor máximo da ordem de 5,5% de MgO no cimento. Para o calcário, o teor máximo permitido varia de acordo com o teor

| | 1139-JB-R-32 | 1139-JB-R-409 | 1139-JB-R-397b | 1139-JB-R-397c |
|---|---|---|---|---|
| UNIDADE (105-110°C) | 0.80 | 0.29 | 0.28 | 0.77 |
| PERDA A 1000°C | 40.13 | 41.28 | 32.20 | 40.34 |
| ALUMÍNIO EM $Al_2O_3$ | 0.60 | 0.60 | 0.30 | 0.50 |
| FERRO EM $Fe_2O_3$ | 0.50 | 0.46 | 2.07 | 0.71 |
| CÁLCIO EM CaO | 50.26 | 51.24 | 40.32 | 50.26 |
| MAGNÉSIO EM MgO | 0.53 | 0.45 | 0.18 | 0.56 |
| FÓSFORO EM $P_2O_5$ | 0.06 | 0.05 | 0.08 | 0.05 |
| POTÁSSIO EM $K_2O$ | 0.12 | 0.11 | 0.04 | 0.11 |
| RESÍDUO INSOLÚVEL (RI) | 6.75 | 5.00 | 24.27 | 5.92 |

1139-JB-R-32 — CALCÁRIO LEVEMENTE ARGILOSO — FAZENDA MONTE ALEGRE

1139-JB-R-407 — CALCÁRIO CRIPTOCRISTALINO, MACIÇO — OLHO D'AGUA

1139-JB-R-397b — CALCÁRIO CRIPTOCRISTALINO, DA BASE DA SEQUÊNCIA — FAZ. SACO

1139-JB-R-397c — CALCÁRIO COQUINÓIDE, DO TOPO DA SEQUÊNCIA — FAZENDA SACO

de carbonato total, de modo a se obter no produto final um teor máximo de 5,5% de MgO. O quadro anexo dá os teores de carbonato total e de MgO das amostras coletadas na área mapeada.

Para valores entre 90 e 95% de carbonato total no calcário, admite-se um teor máximo de MgO em torno de 4,1%, e para valores de 65 a 75%, admite-se até 3,2% de MgO. Conforme os resultados obtidos, o calcário Pirabas atende perfeitamente as especificações técnicas. Vale salientar ainda a homogeneidade química do calcário, em toda a área amostrada, com exceção do calcário de Várzea, correspondente ao bordo da bacia, que apresenta teor elevado de MgO (15,58%).

## 8.9 - CHUMBO - FAZENDA SACO

A ocorrência de galena em terras da fazenda Saco, situada a cerca de 2 km ao norte de Reriutaba (folha Ipú), tem sido frequentemente citada na bibliografia específica da área; Andrade, (op. cit.); Campos, (op. cit.). Segundo estes autores, associam-se à galena, blenda, pirita, calcopirita e ouro, irregularmente distribuidos em uma ganga de quartzo, constituindo a ocorrência, um exemplo de veio polimetálico de natureza hidrotermal.

A faixa mineralizada, corresponde a veios de quartzo, descontínuos, com espessura nunca ultrapassando 1 metro, orientados segundo 70° Az, com extensão provada de aproximadamente 600 metros, encaixados discordantemente nos migmatitos regionais. Situam-se na zona axial de uma sinclinal de grande amplitude, sugerindo tratar-se de fraturas de distensão preenchida por material silicoso de natureza hidrotermal. Não constitui ressalto topográfico, aflorando ao mesmo nível dos migmatitos encaixantes.

Os pontos mineralizados distribuem-se de maneira irregular e aleatória ao longo dos veios. São facilmente visualizados no terreno pela presença de blocos silicosos e limoníticos, de cores variegadas, com estrutura vacuolar do tipo "box-works", caracterizando um típico "chapeu de ferro". Os blocos limoníticos encerram restos de galena em franco processo de oxidação e raramente grãos milimétricos de calcopirita com halos de malaquita secundária. Em algumas amostras observam-se raros cristais de piromorfita. A pirita e

possivelmente arseno-pirita, aparecem disseminadas em blocos de quartzo, mormente na extremidade NE da faixa mineralizada. A barita em habitus prismático tabular ocorre em blocos decimétricos soltos ao longo dos veios de quartzo. Algumas escavações exploratórias antigas, até 5-6 metros de profundidade, evidenciam a natureza irregular dos veios de quartzo e mostram claramente o carácter subordinado da mineralização sulfetada na ocorrência, que do ponto de vista global, deve ser encarada como mero acessório. Não foi constatada a presença de blenda e os concentrados da bateia de amostras coletadas nas calhas dos riachos que drenam a área mineralizada, também mostraram-se negativos para ouro.

De acordo com as nossas observações, a associação primária amostrada, do tipo quartzo-galena-pirita-arsenopirita (?) - barita-calcopirita, corresponde a paragênese típica da primeira fase do estágio hidrotermal, no esquema paragenético de NIGGLI, in Amstutz, (op. cit.). Julgamos improvável uma associação genética da mineralização com a intrusão granítica cambro-ordoviciana do Mucambo, como foi sugerido por Winge (op. cit.). O posicionamento tectônico dos veios sugere uma contemporaneidade da mineralização com a fase tardia da orogênese que afetou a sequência para-metamórfica, ainda no pré-Cambriano.

Por se tratar de ocorrência isolada na área, de reduzidas dimensões e carácter descontínuo, onde a mineralização de interesse constitui mero acessório do conjunto, o prospecto da fazenda Saco, do nosso ponto de vista, carece de importância econômica.

## 8.10- OURO EM RERIUTABA

Referências às ocorrências de ouro na região de Cariri-Reriutaba e Ipú já se incorporaram à tradição da crônica sôbre os recursos minerais do Estado do Ceará. Mesmo ciente da problemática inerente a pesquisa de ouro aluvionar, que solicita sempre uma programação detalhada e específica, procurou-se fazer, dentro das limitações de um Projeto de mapeamento regional, uma avaliação preliminar da região acima mencionada, com respeito a seu potencial aurífero. Adotou-se basicamente a metodologia descrita por Fischer & Fischer (1968), desenvolvida em pesquisa experimental para o U.S.G.S..

A técnica de amostragem e concentração seguiu fielmente as recomendações daqueles autores, e consistiu na coleta de sedimentos grosseiros (areias e cascalhos) do leito dos riachos, nos pontos de perda de carga da corrente, que correspondem, obviamente, aos locais de maior concentração dos minerais pesados. As amostras coletadas, pesando em média 33 quilos, foram bateadas, obtendo-se concentrados com pêso variando entre 60 e 260 gramas, os quais foram remetidos ao laboratório para determinação de ouro. A técnica analítica adotada, consistiu na obtenção da fração pesada do concentrado, tomando-se 10 gramas deste, quando possível, ou quantidades inferiores, para determinação de ouro por absorção atômica. A sensibilidade teórica do método varia entre 0.08 e 0.02 ppm em função do pêso de concentrado disponível para análise. Os valores obtidos, foram recalculados de modo a se obter a concentração de ouro em ppm nas aluviões amostradas.

Foram coletadas 41 amostras, distribuidas em áreas selecionadas por informações bibliográficas e características geológicas como potencialmente promissoras. Os resultados obtidos em cada área, serão comentados a seguir.

a - Fazenda Saco - Foram coletadas 18 amostras nos riachos e córregos que drenam as colinas onde aflora um veio hidrotermal com mineralização de chumbo (vide item 8.7). Apenas 10 amostras revelaram ouro no concentrado em teor superior ao limite da detecção, com um máximo de 0.2 ppm. Os teores recalculados nas aluviões, sempre inferiores a valores da ordem de 0.000X ppm, caracterizam esta área como absolutamente estéril e sem qualquer perspectiva de mineralização aurífera, dentro dos limites fixados por Fischer & Fischer, (op. cit.).

b - Riacho Muniz - Situa-se 4 km a oeste de Reriutaba, em área de migmatitos heterogêneos. Foram coletadas 7 amostras das quais duas acusaram valores de 14.0 e 7.5 ppm Au no concentrado o que corresponde a teores da ordem de 0.005 e 0.002 ppm Au nas aluviões. A classificação sugerida por Fischer & Fischer, indica para áreas ditas fracamente mineralizadas valores recalculados entre 0.0003 a 0.0009 ppm Au nas aluviões. Dentre as sete amostras analisadas, quatro incluindo as duas amostras supra-mencionadas, situam-se francamente dentro destes limites, o que caracteriza a região do riacho Muniz como fracamente mineralizada.

c - Santo Antonio - A região do riacho Santo Antonio, situa-se nos limites da folha Ipú-Santa Quitéria, na estrada Cariré-Araras, a altura da fazenda Caiçara dos Aris-

tides. Os riachos amostrados drenam colinas constituídas de migmatitos heterogêneos cortados por veios de quartzo leitoso. Das 10 amostras coletadas, três delas acusaram valores no concentrado de 20.0, 6.0 e 4.5 ppm Au, o que corresponde a teores recalculados na faixa 0.009-0.001 ppm Au, característicos de áreas fracamente mineralizadas. As demais amostras, acusaram valores inferiores a 0.1 ppm no concentrado e quando recalculadas correspondem a teores característicos de áreas não mineralizadas.

d - Oiticica - O povoado Oiticica localiza-se a cerca de 10 km a sudoeste de Reriutaba no flanco da serra da Ibiapaba. Próximo ao povoado, foram coletadas duas amostras no leito do riacho de mesmo nome, em cujos concentrados não foi detectada presença de ouro. Recobrindo os migmatitos, assinalamos nesta área um material coluvial, ferruginoso, mal classificado e bastante endurecido, lembrando um fanglomerado com cimento laterítico. Segundo informações de moradores locais tal material já havia sido garimpado para ouro. Na única amostra coletada, a análise indicou 27.4 ppm Au no concentrado, o que corresponde a um valor recalculado de 0.002 ppm na amostra.

e - Santa Úrsula - Na área da fazenda Santa Úrsula, cerca de 10 km a leste da cidade de Ipú, foram coletadas 3 amostras em um riacho que drena uma pequena colina formada por migmatitos heterogêneos, seccionados por pequenos veios de quartzo. Todas as amostras acusaram nos concentrados, valores de ouro, próximos ao limite de detecção, o que situa a área como totalmente desprovida de interesse.

Os trabalhos preliminares executados, comprovam a presença de ouro aluvionar nas áreas Muniz e riacho Santo Antonio e no coluvio laterítico da região de Oiticica, justificando-se nestes casos a recomendação de programas específicos de pesquisa, visando a definição em têrmos geo-econômicos dos prospectos. As áreas da fazenda Saco e Santa Úrsula, mostraram-se absolutamente estéreis, não devendo ser objeto de futuros trabalhos de pesquisa.

## 8.11 - CIANITA DE TRAPIÁ

Cadastro de ocorrências minerais - Ficha nº 1

No decorrer do Projeto Jaibaras foram descobertas ocorrências de cianita na localidade Trapiá, entre os riachos Trapiá e Salgado, na parte sul-central da folha Sobral. O lugarejo Trapiá situa-se a 28 km S.SE da cidade de Sobral e seu acesso a partir desta cidade é feito pela BR-222, no trecho Sobral-Forquilha, tomando-se na altura do km 214, a estrada para Santa Quitéria. A quatro quilômetros deste ponto, toma-se uma carroçável, a direita, até a localidade Trapiá.

A presença de cianita foi inicialmente detectada nas cercanias do povoado Trapiá, estendendo-se para oeste, até a localidade Salgado, as margens do riacho do mesmo nome, em uma faixa de aproximadamente 3 km de largura e 5 km de comprimento. Na área, a cianita ocorre disseminada irregularmente na sequência de quartzitos feldspáticos, gnaisses a granada e biotita, normalmente em teores muito baixos, como acessório da rocha e excepcionalmente em concentrações maiores. A faixa de ocorrência segue fielmente às lineações regionais orientadas segundo 330° Az e para tratar-se de um horizonte hiper-aluminoso encaixado na sequência clástico-pelítica normal. Não foi constatada continuidade da mineralização para o norte ou para o sul da área visitada. Estruturalmente, a ocorrência localiza-se no flanco oeste da anticlinal de Forquilha, truncado por falhamento de direção meridiana e este, por sua vez, seccionado pelo sistema de falhamentos Amanaiara-Forquilha, orientado segundo NE-SW. Não

## 8.5 - FERRO DE ITAÚNA

As ocorrências de minério de ferra da fazenda Itaúna localizam-se na margem direita do rio Timonha, próximo a localidade Passagem, folha Chaval.

Tratam-se de níveis de hematita compacta, e magnetita, gradando para itabirito quartzoso e quartzito hematítico, intercalados nas faixas de quartzitos puros, brancos ou cinzentos da Unidade "C" do pré-Cambriano. As lentes de minério são descontínuas, com espessura variando entre 1 e 5 metros e comprimento desde 10 até 150 metros. No sentido longitudinal as lentes ferríferas repetem-se ao longo de 2-3 quilômetros. Quezado, (1949), atribui reservas da ordem de 225.000 toneladas de minério para esta ocorrência, o que a caracteriza como absolutamente desprezível. Outros níveis ferríferos de dimensões menores, foram assinalados na ponta de Jeriquaquara também associados a mesma sequência quartzítica.

## 8.6 - MANGANÊS DE OITIS

Ficha de Ocorrência Mineral nº 8

A ocorrência de manganês da Fz Oitis, localiza-se na escarpa da serra da Ibiapaba, cerca de 10 km a sudoeste do povoado Ibuguaçu, folha Chaval.

O minério aflora como uma sequência de bancos paralelos, bem expostos nos vales estreitos e profundos dos riachos que drenam a escarpa da Serra. Observa-se nesses vales, a forma tabular dos corpos de minério, com espessura variável de 4 a 7 metros.

Apesar de não aflorarem de modo contínuo, sua extensão longitudinal pode ser estimada aproximadamente em 1 quilômetro. A espessura da faixa mineralizada, não pode ser avaliada, porque os depósitos de talus originados a partir do arenito Serra Grande do tôpo da chapada, mascaram a ocorrência do minério.

Além dos corpos tabulares, o minério ocorre espalhado em toda a área da encosta, na forma de blocos irregulares com dimensões variáveis.

Tectonicamente, as lentes manganíferas encaixam-se concordantemente na sequência de quartzo-clorita-filitos e exibem mergulhos da ordem de $50^{\circ}$-$70^{\circ}$/$230^{\circ}$-$250^{\circ}$.

Próximo aos corpos mineralizados, os filitos apresentam-se geralmente com impregnações de óxido de ferro e

manganês, originando, pela sua alteração um solo argiloso e vermelho.

Uma grande falha observada no campo corta a sequência filítica mineralizada, com direção paralela aos corpos de minério. O Riacho do Angico possui parte de seu curso encaixado nesta falha. Outras falhas menores, deslocam localmente, os corpos mineralizados.

O minério apresenta-se como concentrações de pirolusita, psilomelano e limonita, maciças em toda a espessura da camada. Como mineral de ganga, ocorrem veios de quartzo branco leitoso, que cortam o minério, às vezes com um padrão aleatório e frequentemente, preenchendo um sistema de fraturas com três direções principais (foto 31 ). Pode também, localmente, apresentar estruturas com aspecto de "box-works" . Estes veios de quartzo alcançam até 10 cm de espessura e chegam a compor cerca de 20% do total do minério.

Microscopicamente, o minério possui textura granular automorfa (granada) a xenomórfica de substituição e preenchimento. Apresenta-se como agregados idiomórficos de granada manganífera (espessartita) substituída parcialmente por hidróxido de alumínio, hidróxido de ferro e minerais de manganês. O hidróxido de alumínio ocupa exatamente a forma dos grãos de granada em finos agregados granulares, enquanto que os minerais opacos de ferro e manganês, são representados por redes de filetes secundários, cortando ou contornando os agregados de granada, e localmente constituindo massas intersticiais maiores. Acham-se, os opacos, representados nas

foram observadas relações diretas da mineralização com os falhamentos mencionados.

A cianita, de cores azul clara, azul acinzentada e cinza, ocorre em seu habitus prismático típico, em indivíduos alongados de até 3 cm dispersos aleatoriamente nas rochas ou formando agregados associados a bolsões de quartzo. Nestes últimos, chega a formar concentrações da ordem de 50-60 %, em volume, do total da rocha. O controle da mineralização parece estar ligado ao grau metamórfico desenvolvido a níveis da fácies almandina-anfibolito, Turner e Verhoogen, (op. cit.), sobre uma sequência clástico-pelítica hiper-aluminosa.

Do ponto de vista de aproveitamento econômico, a ocorrência de cianita aqui referida mostra-se pouco animadora em virtude dos fracos teores encontrados e ainda do caráter altamente dispersivo dos bolsões de maior concentração.

## 8.12 - FLUORITA DA FAZENDA CAETANO

Cadastro de ocorrências minerais - Ficha nº 13

A fazenda Caetano localiza-se na estrada Mucambo-Pirituba, próximo da borda sudoeste do "stock" granítico de Mucambo. A presença de fluorita foi registrada nos trabalhos de mapeamento regional do Projeto em blocos de rocha fresca removidos durante a escavação de uma cacimba na sede da fazenda.

Ocorre no local um granito avermelhado, grosseiro, constituído essencialmente por feldspato potássico, cor de carne, quartzo e massas irregulares de hornblenda verde. Esta rocha corresponde a fácies alcalina do "stock" granítico do Mucambo. No local a rocha sofreu intenso fraturamento, porém o seu arranjo interno não foi afetado. Ao microscópio, também não se observou estruturas cataclásticas. As fraturas foram preenchidas por especularita, fluorita, quartzo e epidoto, formando veios de até 5 cm de espessura, em contatos bruscos com o granito encaixante. O comportamento tectônico assinalado, indica tratar-se de fraturas de distensão na fase de resfriamento do maciço, não estando relacionadas a esforços de compressão ou cisalhamento.

Como já observamos, a fluorita da fazenda Caetano e o ferro da fazenda Angostura estão geneticamente relacionados e correspondem a manifestações hidrotermais ou pneumatolíticas das fases derradeiras de resfriamento do magma granítico.

A ocorrência aqui descrita não apresenta qualquer interesse do ponto de vista econômico, porém indica a possibilidade de mineralizações de maior porte em sítios mais favoráveis do "stock" e principalmente indica a atuação de soluções de alto potencial mineralizante nas zonas de contato com os calcários da Formação Frecheirinha. A cobertura de espesso solo residual na maior parte do corpo granítico, bem como nas áreas de calcário, impossibilita a localização de mineralizações eventuais e enfatiza a necessidade da aplicação de métodos indiretos de pesquisa das mesmas.

## 8.13 - AREIAS ILMENÍTICAS

Entre os pontos de maior interesse do Projeto Jaibaras situavam-se os sedimentos recentes de praia, em face das repetidas referências bibliográficas às ocorrências de areias pesadas notadamente no trecho compreendido entre a barra do Rio Coreaú, no Ceará, e a Ilha do Cajú,no Maranhão, que se supunha tratar-se da extensão para leste dos depósitos de areias ilmeníticas que ocorrem desde a Ilha do Cajú até Tutoia, no litoral maranhense.

Com o objetivo de se fazer uma avaliação preliminar dessas ocorrências, procedeu-se a uma amostragem sistemática dos sedimentos da faixa intertidal sendo coletadas 29 amostras de areias finas (10-15 cm abaixo da superfície),nas praias de Luiz Correia, Cajueiro e Espraiado, e ainda a cada 2 km nos trechos entre a barra do Rio Coreaú e a praia de Bitupitá, e da barra do Rio Acaraú à ponta de Jeriquaquara. Nas áreas de dunas e paleo-dunas foi encontrada uma única ocorrência de minerais pesados, aproximadamente 2 km a SE da vila de Bitupitá, formando finos leitos intercalados no corpo de areia. Ao sul da ilha das Canárias ocorrem manchas desses minerais na superfície das barcanas, bem como filetes nas marcas de jusante que emergem sob as dunas que bordejam os canais limítrofes da Ilha.

Os resultados da análise quantitativa dos concentrados obtidos por separação com bromofórmio, indicaram a predominância de ilmenita e hornblenda, seguidos de epidoto, zircão e cianita. Esta associação sugere ter sido carreada

a partir dos migmatitos que afloram nos leitos dos rios e ao sul da faixa costeira de sedimentos cenozóicos, onde a desagregação mecânica predominou sobre o intemperismo químico, como se depreende da grande percentagem de hornblenda, mineral extremamente instável, presente na quase totalidade das amostras coletadas. Foi constatada a presença de ilmenita em todas as amostras coletadas, porém, como acessório por vezes secundário, na composição da fração pesada do sedimento. Estimamos, com base nas análises sedimentológicas, uma percentagem média de ilmenita da ordem de 20% da fração pesada, o que obviamente, não chega a despertar qualquer interesse econômico.

A pesquisa superficial em antigas linhas de praia, ainda que incompleta, não revelou resultados animadores. Em perfis aflorantes nos barrancos de pequenos riachos que cortam transversalmente estes depósitos antigos, não foi constatada a presença de qualquer concentração de minerais pesados.

A faixa de sedimentos costeiros pesquisada pelo Projeto Jaibaras foi também objeto de investigações de maior detalhe por parte da empresa Rutilo e Ilmenita do Brasil S.A. tendo a mesma alcançado, do mesmo modo, resultados desanimadores.

## 8.14- MINERAIS RADIOATIVOS

Durante a execução do Projeto não se efetuou leitura cintilométrica com vistas a localização de acumulações uraníferas, uma vez que a CNEN realizou no período de 1962 a 1967 um estudo detalhado no bordo leste da Bacia Paleozóica. Foram selecionadas 5 anomalias radioativas ao redor de Pe. Vieira, Município de Viçosa do Ceará, pesquisadas posteriormente com sondas rotativas. Ficou constatada a presença de autunita nos arenitos vermelhos e róseos, com cimento argilo-fosfático-ferruginoso, próximo ao contato Serra Grande/Pimenteiras. O resultado das análises químicas do minério indicou teores de 0.475% de $U_3O_8$ Fuzikawa, (1968). No final dos trabalhos a CNEN opinou pelo abandono da área por não apresentarem os corpos mineralizados condições de serem lavrados economicamente.

## 8.15 - ÁGUA SUBTERRÂNEA

Toda a área do Projeto está incluida no chamado "Polígono das Sêcas", razão pela qual não podia se deixar de abordar alguns aspectos relativos à hidrologia das águas subterrâneas, embora seja considerada de forma sumária por falta de dados essenciais a um estudo pormenorizado das características hidrodinâmicas dos diversos aquíferos. A escassez de água na região é um fenômeno ligado mais às irregularidades das precipitações e de fatores geológicos do que propriamente às médias pluviométricas anuais. São pequenas as variações pluviométricas observadas de uma área para outra, que justifique a existência de extremos climáticos e nas reservas de águas acumuladas no sub-solo.

Quase sempre as rochas cristalinas encontram-se desnudadas, sem capeamento permeável e ausência de solo vegetal. O caráter geralmente impermeável dessas rochas combinado ao relêvo propício a regimes torrenciais, além de uma difusa drenagem superficial, são fatores absolutamente desfavoráveis à fixação d'água no sub-solo, e quando existe alguma acumulação, a taxa de cloretos é demasiadamente elevada de modo a torná-la imprópria para consumo humano. A alternativa nessas áreas são as aluviões, restritas às calhas dos grandes rios, que podem atender em parte as necessidades de pequenos núcleos populacionais ribeirinhos.

A sequência siluro-devoniana da Bacia do Meio Norte, ao contrário, constitui uma das maiores reservas de águas subterrâneas da região Nordeste. O caráter cíclico da

sedimentação proporcionou a exsitência de espessos aquíferos como os arenitos das Formações Cabeças e Serra Grande, capeados respectivamente pelas Formações Longá e Pimenteiras, com secções mais argilosas e impermeáveis. O mergulho das camadas para o centro da Bacia propiciou o confinamento desses aquíferos, criando condições de artesianismo nas áreas de ocorrências das formações capeadoras. De uma maneira geral as águas dos aquíferos são de boa qualidade, pouco mineralizadas, raramente alcalinas. A captação nos aquíferos livres mais superficiais requer maiores cuidados,devido a contaminação de cloretos dos solos ou de dejetos, quando o nível freático estiver próximo à superfície do terreno.

Devido a grande espessura e extensa área de recarga, a Formação Serra Grande representa o aquífero mais importante da Bacia. Consiste de arenitos grosseiros e conglomerados, com ocasionais intercalações de finas camadas argilosas. Na maioria dos afloramentos os arenitos são friáveis, pobremente cimentados e intensamente diaclasados, o que aumenta consideravelmente as características de permo-porosidade do aquífero. Localmente fenômenos secundários como silicificação, podem concorrer para redução da produtividade. Os poços 1CO-01-PI e 1CO-02-PI perfurados na cidade de Cocal, na área de recarga do aquífero Serra Grande, apresentaram recuperação lenta do nível freático, consequência da baixa permeabilidade dos horizontes de arenitos silicificados atravessados nos dois poços. Águas coletadas em poços e fontes naturais apresentaram-se ácidas, extremamente moles, e pouco mineralizadas, Kegel,(op.cit.). Este caráter hidroquímico é mais ou menos constante, como consequência da relativa homogenei

dade litológica do aquífero. Toda a faixa de afloramentos da Formação Pimenteiras é prospectiva para perfuração de poços surgentes no aquífero Serra Grande, à profundidade entre 150 e 200 metros.

A parte média da Formação Cabeças consiste de arenitos de grã média com melhores características de permo-porosidade que as secções superior e basal, que apresentam intercalações de folhelhos e siltitos. Nos afloramentos os arenitos mostram-se friáveis, com pouco cimento e intensamente diaclasados. Águas coletadas neste aquífero são um pouco ácidas, fracamente mineralizadas e pouco alcalinas, Kegel(op.cit.). Próximo às intrusivas básicas o arenito torna-se ferruginoso, podendo eventualmente a água tornar-se imprestável para certos fins industriais. A cidade de Piracuruca é abastecida por um único poço tubular perfurado na área de recarga do aquífero Cabeças, fornecendo água de boa qualidade. A área de recarga do aquífero Cabeças é bem menor que a área da Formação Serra Grande, porém a topografia é menos acidentada e o escoamento superficial é quase desprezível em relação ao volume de águas meteóricas infiltradas. Mesmo na faixa de afloramentos é possível encontrar algum aquífero confinado pelos folhelhos inter-estratificados nas partes superior e basal, desde que o poço seja locado em posição topográfica e estrutural favoráveis. A faixa de afloramentos da Formação Longá é prospectiva para poços artesianos no aquífero Cabeças. Quanto maior for a penetração do poço, tanto maior será a vazão obtida, principalmente se a completação for na secção média da Formação. Para empreendimentos maiores, a faixa de afloramentos da Formação Longá oferece a opção de se po -

der penetrar os aquíferos Cabeças e Serra Grande, com profundidades entre 350 e 500 metros.

Dentro das formações Pimenteiras e Longá encontram-se intercalações por vezes cíclicas de arenitos de grã fina, os quais podem estar confinados por capas de folhelhos ou siltitos argilosos, podendo atender a projetos localizados nas respectivas faixas de afloramentos, quando não forem requeridas grandes taxas de vazão. Na cidade de Burití dos Lopes há três poços tubulares, produzindo água por surgência dos aquíferos do tôpo da Formação Pimenteiras. A água apresenta forte odor de $H_2S$ oriundo da alteração de piritas disseminadas no próprio aquífero. O papel mais importante desempenhado por essas formações no esquema hidrogeológico da Bacia é o confinamento que proporciona aos aquíferos Serra Grande e Cabeças.

A cobertura arenosa do Grupo Barreiras forma uma superfície aplainada suavemente inclinada para o mar, e consiste de areias de grã média à grosseira, mal classificadas, limpas ou em parte argilosas. Apresentam maiores variações de fácies que os aquíferos da sequência paleozóica, bem como problemas de contaminações locais pelas águas salobras das marés e das lagoas próximas à zona litorânea. O substrato impermeável, formado ora pelo calcário da Formação Pirabas, ora por rochas do embasamento cristalino, inclina-se de uma maneira geral na direção do mar, porém o fluxo hidrodinâmico naquela direção é algo complexo em virtude da irregularidade da superfície de contato. A ausência de estratos argilosos intercalados nos clásticos grosseiros não proporciona a exis-

tência de aquíferos cativos em nenhuma das áreas de ocorrência. O aquífero é via de regra pouco espesso, entre 30 e 35 m no máximo, não permitindo a perfuração de poços profundos.

Os corpos de areias de dunas e paleo-dunas ocorrem por quase toda faixa litorânea, recobrindo os sedimentos arenosos do Grupo Barreiras e em alguns lugares, rochas granitóides e quartzíticas. São excelentes aquíferos, formados de areias de grã média, limpas, bem classificadas. A ausência de um substrato impermeável torna esses corpos de areias um aquífero indiviso com as areias tercio-quaternárias subjacentes. No poço 1LC-01-PI em Luiz Correia, a perfuração teve início em veios de dunas intercalados com areias grosseiras até a profundidade de 18 m. Entre 18 e 23 m, passam para areias amarelas e argilosas, provavelmente do Grupo Barreiras. A água recuperada nos testes de bombeamento é de boa qualidade, tornando-se dura logo após ter sido penetrado o tôpo da Formação Pirabas aos 23 m de profundidade.

O Rio Parnaíba apresenta grandes extensões de aluviões de grã grosseira, podendo ser aproveitadas em parte para construções de poços tipo amazonas, tal como se fêz na aluvião do Rio Acaraú, para abastecimento da cidade de Sobral. As águas perenes do Parnaíba garantem a realimentação do aquífero durante todo o ano, podendo-se obter taxas de vazão maiores que nos aquíferos do Grupo Barreiras. Nas épocas de chuva, entretanto, o nível freático se eleva quase ao nível dos terrenos, obrigando um contrôle de qualidade com dosagens de matéria orgânica ou mais precisamente da presença de microrganismos patogênicos. À jusante da confluência com o rio Iga

raçu há influência das marés, elevando a salinidade dos aquíferos aluvionares acima dos padrões de potabilidade. Nos demais rios da região, as aluviões são restritas ao leito de estiagem. É possível encontrar em alguns trechos depósitos aluvionares com desenvolvimento suficiente para suprimento de pequenos núcleos populacionais.

CPRM

# 9 - CONCLUSÕES

## 9 - CONCLUSÕES

No que concerne ao embasamento pré-Cambriano, os trabalhos do Projeto Jaibaras lograram alcançar resultados conclusivos, especialmente nos aspectos litológicos e estruturais, os quais enumeramos a seguir:

a - Do ponto de vista litológico predominam as sequências de para-metamorfitos migmatizados, desde epibolitos até típicos anatexitos e granitóides metassomáticos. O conjunto de filitos, xistos e quartzitos, mapeados como Unidade "A", não foi afetado por nenhuma fase de migmatização e deve corresponder à unidade estratigráfica mais jovem. O grau metamórfico varia desde a fácies granulito, Turner & Verhoogen, (op. cit.), desenvolvida em ambiência catazonal, e característica da sequência mapeada como Unidade "C", até os níveis superiores da fácies xistos verdes, alcançados pelos epi-metamorfitos da Unidade "A". As amplas áreas mapeadas como Unidade "B", em que pese a extrema diversidade litológica, exibem sempre associações mineralógicas típicas da fácies almandina-anfibolito. Merece destaque o desenvolvimento de termometamorfitos na área de contato com o "stock" granítico Meruoca-Rosário, com associações típicas da fácies hornblenda-hornfels. Em toda a área mapeada do embasamento é notória a franca dominância das sequências pelíticas e psamíticas, com participação subordinada de sequências carbonáticas.

b - Ainda sob o aspecto litológico, destacamos os corpos intrusivos que constituem as serras da Água Branca e

a serra da Barriga, aquele de composição sienítica e este representado por um microclina-biotita granito, ambos de caráter tardi-orogênico.

c - Definiu-se o arcabouço tectônico regional como um conjunto de blocos estruturais contíguos e bem individualizados em seus aspectos litológicos, estilo tectônico e grau metamórfico alcançado. Os baixos estruturais representados pelos grabens Martinópole e Bambuí-Jaibaras apresentam desenvolvimento geo-tectônico policíclico, com diferenciação de ambiências geo-sinclinal e cratônica, especialmente no último.

d - Os dobramentos, de maneira geral, assumem papel secundário na estruturação do pré-Cambriano da área, sendo francamente suplantados, pelos grandes falhamentos transcorrentes orientados segundo NE-SW, aos quais se associam amplas faixas de cisalhamento. Todo desenvolvimento geotectônico do noroeste do Ceará foi condicionado direta ou indiretamente a estas extensas geoclases e suas reativações cíclicas.

e - Do ponto de vista geo-econômico as rochas do embasamento pré-Cambriano na área do Projeto Jaibaras, mostraram-se aparentemente estéreis não evidenciando concentrações de nenhum bem mineral de interesse. As ocorrências cadastradas, cianita, chumbo, cobre, ouro, etc., são desprovidas de qualquer valor econômico.

No âmbito das unidades geológicas de idade eo-cambriana e cambro-ordoviciana, registraram-se resultados impor

tantes, seja do ponto de vista geológico-estratigráfico, seja do ponto de vista puramente prospectivo. Relatamos a seguir os itens julgados de maior relevância, creditados aos trabalhos do Projeto.

a - Definição de um esquema estratigráfico completo para as diversas unidades litológicas ocorrentes na área, coerente com o desenvolvimento geotectônico regional. Paralelamente, caracterizaram-se os modelos de desenvolvimento geosinclinal e cratônico, respectivamente, dos Grupos Bambuí e Jaibaras, posicionando-os no tempo e no espaço. Para a unidade geosinclinal, propomos a denominação de miogeosinclíneo da Ibiapaba.

b - O Grupo Bambuí, foi redefinido na área, juntamente com duas formações descritas na literatura, e resultou enriquecido com a individualização e definição das Formações Frecheirinha e Coreaú, agora propostas. Da mesma forma, o Grupo Jaibaras sofreu modificações substanciais em sua definição e área de ocorrência e nele foram individualizadas e criadas as Formações Massapê e Pacujá, ambas de natureza sedimentar, e a Formação Parapuí, englobando as litologias vulcânicas e sub-vulcânicas.

c - Confirmação do caráter intrusivo dos "stocks" graníticos Mucambo e Meruoca - Rosário posicionando-os como evento póstumo à orogênese Caririana na área e definição de suas afinidades petroquímicas, respectivamente, dominantemente calco-alcalina e alcalina potássica. Constatou-se ainda, com relação aos granitos, a existência de uma fase pneumato

lítica-hidrotermal, rica em fluor, o que induz à necessidade de se pesquisar em detalhe esta fenomenologia de elevado valor metalogênico.

d - Constatação da natureza consanguínea das rochas efusivas, sub-vulcânicas e filonianas da Formação Parapuí, geneticamente ligadas a uma evolução por diferenciação, a partir de um polo básico a um polo ácido, resultando na associação basalto-andesito-dacito-riolito. Petrograficamente demonstrou-se a afinidade calco-alcalina s.l. (Série Pacífica) desta associação.

e - À luz dos conceitos da petrologia moderna, definimos a filiação toleítica e calco-alcalina sensu strictu, do magmatismo da Formação Parapuí, enquadrando-o nas províncias magmáticas pós-orogêricas de alto valor metalogenético. Ainda a respeito desta fase vulcânica, caracterizou-se a presença de uma "suite" espilito-queratófira, resultante da albitização generalizada das lavas, o que corresponde a uma fenomenologia ainda não descrita na literatura geológica brasileira.

f - Ainda no campo das rochas vulcânicas e sub-vulcânicas da Formação Parapuí identificaram-se importantes fases de alteração hidrotermal, modificando profundamente a mineralogia e o quimismo de alguns tipos litológicos. Este conjunto de alteração do tipo propilítico, inclue as seguintes fases: epidotização, cloritização, sericitização, carbonatação e silicificação, apresentando um claro zoneamento, de reconhecido valor metalogenético e prospectivo.

g - Descoberta das ocorrências cupríferas das fazendas Campina e Urubú, confirmando o alto valor metalogenético e o potencial prospectivo da tipologia vulcânica da Formação Parapuí.

h - Definição das possibilidades do método de prospecção geoquímica sobre solos residuais de efusivas e outras magmáticas da Formação Parapuí, bem como dos seus parâmetros geoquímicos de maior significância. Na área da fazenda Campina detectou-se importante anomalia geoquímica de cobre no solo.

Na região ocupada pelos sedimentos paleozóicos da Bacia do Meio Norte, os trabalhos do Projeto Jaibaras tiveram um carácter de revisão e integração de diversos trabalhos anteriores, não se registrando evidências que induzissem modificações ou subdivisões na coluna estratigráfica clássica da Bacia. Destacamos as grandes reservas de água subterrânea característica desta sequência sedimentar, e as inúmeras alternativas de captação oferecidas pelos seus diversos aquíferos.

As sequências de depósitos cenozóicos que ocupam toda a faixa costeira, com penetrações de até 50 km para o interior foram definidas em seus termos litológicos e estratigráficos. Novas ocorrências de calcários da Formação Pirabas foram assinaladas na área do baixo Parnaíba, aumentando as possibilidades de seu aproveitamento industrial para produção de cimento portland.

CPRM

# 10 - RECOMENDAÇÕES

## 10 - RECOMENDAÇÕES

Uma análise dos resultados alcançados, sumariamente apresentados no capítulo anterior, indica a coexistência na área de ocorrência dos Grupos Bambuí e Jaibaras, de um elenco de fatores francamente favoráveis à formação de mineralizações hipogênicas. Enfatizamos principalmente o alto potencial das tipologias vulcânicas e pirometassomáticas especialmente nas áreas de contato do granito Mucambo com as unidades do Grupo Bambuí. Do ponto de vista estrutural apesar dos avanços alcançados temos consciência de que em muitos problemas as soluções adotadas não são satisfatórias e carecem de um enfoque de maior detalhe.

Sob o aspecto prospectivo, em virtude das características do solo nas áreas de litologias alvos, sentimos a limitação das observações superficiais e consequentemente, a necessidade de utilização de métodos de pesquisa indiretos, especialmente geoquímica e geofísica.

Em vista do exposto, consideramos conveniente e oportuno recomendar a área de ocorrência dos Grupos Bambuí/Jaibaras e granitos associados, para um programa integrado de pesquisa geológica de detalhe e prospecção intensiva, incluindo:

a - Mapeamento geológico na escala 1:25.000, visando o detalhamento estratigráfico/tectônico-estrutural.

b - Prospecção geoquímica de semi-detalhe em sedimentos de corrente com densidade média da ordem de uma amostra para 2-3 $km^2$, visando seleção de áreas "alvos".

c - Prospecção geoquímica de solo, em malha aberta sobre os corpos mapeados de rochas efusivas e sub-vulcânicas.

d - Cobertura aero-geofísica magnética e eletromagnética, visando a identificação de anomalias magnéticas e de possíveis corpos condutores associados a concentrações de minerais metálicos.

A presente recomendação já foi objeto de sugestão ao DNPM sob denominação de Projeto Rio Acaraú, previsto para uma área aproximada de 7.500 $km^2$.

No âmbito dos terrenos pré-cambrianos e cenozóicos, as ocorrências minerais assinaladas e sumariamente pesquisadas mostraram-se bastante limitadas e incapazes de justificar programas de pesquisa específica. Como exceção, destacamos com reservas, as áreas dos riachos Muniz e Santo Antonio, na região de Reriutaba, em virtude dos resultados obtidos na pesquisa de ouro aluvionar. Ambas, foram classificadas como fracamente mineralizadas em ouro, segundo os critérios de Fischer & Fisher, (op. cit.), justificando-se no caso uma pesquisa de maior detalhe, visando a avaliação das mesmas em termos quantitativos. Em se tratando de áreas contíguas àquela sugerida para o Projeto Rio Acaraú, recomendamos a sua extensão para sul, cobrindo os prospectos ora assi

nalados, e a inclusão naquele Projeto de um sub-programa específico.

Recomendamos ainda pesquisa detalhada das possibilidades de novas mineralizações cupríferas do tipo Pedra Verde, nas áreas de filitos da Unidade "A" do pré-Cambriano, especialmente nas zonas de falhas e nos contatos com a Formação Aprazível.

CPRM

# 11 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, G.A. - Bacia do Maranhão: Geologia e possibilidades de petróleo. PETROBRÁS, DIREX, RENOR, Relat. inédito, |s. ident.|, Rio de Janeiro, dez., 1969.

ALBUQUERQUE, M.C. - Geologia da área de Reriutaba e contribuição à prospecção geoquímica da mina Saco, Ceará. Univ. Fed. de Pernambuco, Esc. Geol., Relat. inédito, |s. ident.|, Recife, 1969.

ALMEIDA, F.F.M. - Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro, Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Miner., 1967. (Boletim 241).

_____ - Diferenciação tectonica da Plataforma Brasileira. In: Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Geologia. São Paulo. Soc. Bras. Geologia. 1969. p.29-46.

ALSAC, C. - Essai d'appréciation sur l'utilisation des caracteres magmatiques comme guide de prospection des formations volcaniques. Bulletin du B.R.G.M., Paris, (2), II, 6: 95-130, 1971.

AMARAL, G. & KAWASHITA, K. - Determinação da idade do Grupo Bambuí pelo método Rb-Sr. In: Anais do XXI Congresso Brasileiro de Geologia. São Paulo. Soc. Bras. Geologia. 1967.

AMSTUTZ, G.C. - Glossary of mining geology. Stuttgart, Ferdinand Enke, Verlag, 1971.

ANDERSON, C.A. - Massive sulfide deposits and volcanism. Economic Geology. Lancaster, 64 (2): 129-146, mar/apr. 1969.

ANDRADE, A.R.F. - Geologia da área de Ipú e Contribuição à geologia econômica da mina Saco, Ceará. Univ. Fed. Pernambuco, Esc. Geol., Relat. inédito, |s. ident.|,Recife, 1969.

BARRETO, A. - Relatório de trabalho de campo. Área I, folha e, quadrícula 731. Sudene, Relat. inédito, |s. ident.| , Recife, 1963.

BARRETO, P.T. - Geologia da área SW da quadrícula de Sobral. Univ. Fed. Pernambuco, Esc. Geol., Relat. inédito, |s. ident.|, Recife, 1962.

BARTH, T.F.W. - Theoretical petrology. 2ª ed., New York, John Wiley & Sons, 1962.

BATTEY, M. H. - The petrogenesis of a spilitic rock series from New Zealand. Geological Magazine. England, 93 (2): 89-110, 1956.

BELOUSSOV, V.V. - Basic problems in geotectonics. 1ª ed., New York, McGraw Hill, 1962.

BEURLEN, K. - Contribuição à paleontologia do Estado do Pará. Belém,Museu Paranaense Emílio Goeldi, 1958.(Boletim 5).

BIGARELLA, J.J. & ANDRADE, G.O. - Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). Recife, Inst. Ciências da Terra, 1964. p. 2 -14, |Arquivo nº 2 do Instituto Ciências da Terra|.

BLANKENNAGEL, R.K. - Geologic report on the eastern margin of the Maranhão Basin. PETROBRÁS, Relat. inédito, |s.ident.|. Rio de Janeiro, 43 p., 1952.

BRANNER, J.C. - Geology of the north-east coast of Brazil. Geological Society of America Bulletin. New York, 13: 41-98. 1902.

BRAUN, O.P.G. - Contribuição à estratigrafia do Grupo Bambuí. In: Anais do XXII Congresso Brasileiro de Geologia. São Paulo, Soc. Bras. Geologia, 1968.

_____ - Contribuição a geomorfologia do Brasil Central. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, 32 (3): 3-39, 1971.

BRITO, I.M. & SANTOS, A.S. - Contribuição ao conhecimento dos microfósseis silurianos e devonianos da Bacia do Maranhão: Os Netromorphitae (Leiofusidae).Rio de Janeiro,Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol., Not. Prel. de estudos, Rio de Janeiro, 129, 1965.

BROUSSE, R. - Précis de Géologie: Petrologie. 1ª ed., Paris, Dunod, 1968, Tomo I.

BUDDINGTON, A.F. - Granite enplacement with special reference to North America. Geological Society of America Bulletin. New York, 70: 671 - 747, June. 1959.

CAMPOS, A. - Contribuição ao estudo do Grupo Barreiras, no Rio Grande do Norte. Univ. Fed. Rio Grande do Norte, Inst. Antrop. Câmara Cascudo, Natal, 1969 |Arquivos do Instituto de Antropologia Câmara Cascudo|.

CAMPOS, M. - Ocorrências de ouro nos municípios de Ipú e Reriutaba. Dep. Nac. Prod. Min., Relat. inédito, nº 84, Fortaleza, 1969.

COBRA, R.Q. - Estudo da estratigrafia, tectônica, ocorrências minerais e recursos d'água do Noroeste do Ceará. SUDENE, Dep. Rec. Nat., Relat. inédito, |s. ident.|, Recife, 1963.

COLLINS, J.J. & LOUREIRO, A.R. - Relatório da prospecção de cobre - Pedra Verde - Viçosa do Ceará. Indústria Sul Americana de Metais S/A. Relat. inédito, |s.ident.|, São Paulo, 1961 - 1962.

_____ - A metamorphosed of precambrien supergene copper. Economic Geology. Lancaster, 66 (1): 192-9, jan./fev. 1971.

CORREA, S.F. - Geologia da área sul de Ipú e contribuição à geologia econômica da mina Santa Úrsula, Ceará. Univ. Fed. Pernambuco. Esc. Geol., Relat. inédito, |s.ident.|, Recife, 1969.

COSTA, M.J. & GUNDLACH, H. - Comportamento geoquímico de Cu, Ni e Zn em solos de complexos básicos e ultrabásicos do norte da Bahia. In: Anais do XXII Congresso Brasileiro de Geologia. São Paulo, Soc.Bras. de Geologia, 1968.

COSTA, W.D. - Contribuição ao estudo geológico da Bacia Jaibaras. Univ. Fed. Pernambuco, Esc. Geol., Relat. inédito, |s. ident.|, Recife, 1962.

DANNI, J.C.M. - Geologia da porção sul do Grupo Jaibaras. Revista Brasileira de Geociências. São Paulo, 2:85.97,1972.

DELFOUR, J. - Les mineralisations sulfurées de Nuqrah et de Jabal Sayid (Arabie Séoudite). Bulletin du B.R.G.M. Paris, (2), II, 6:51-57, 1967.

FABRIES, J. - Les formations cristallines et metamorphiques du Nord-Est de la Province de Séville: Essai sur le metamorphisme des roches eruptives basiques. Sciences de la Terre. Nancy, Mem., 4, 1963.

FARINA, M. - Mapeamento geológico da quadrícula 731, folha NE, área 2. SUDENE, Dep. Rec. Nat., Relat. inédito, |s. ident.|, Recife, 1963.

FERREIRA, C.S. - Notas sobre os sedimentos calcários de Carutapena, Maranhão. Rio de Janeiro, Dep. Nac. Prod.Min., Div. Geol. Min., 1960. (Boletim 115).

_____ - Contribuição à geologia e paleontologia do baixo Parnaíba, no Estado do Piauí - Formação Pirabas, Mioceno Inferior. Belém, Inst. Nac. Pesq. da Amazônia, Museu Paranaense Emílio Goeldi, 1964. (Boletim 9).

FERREIRA, E.O. - Carta tectônica do Brasil. Rio de Janeiro, Dep. Nac. Prod. Min., 1972. (Boletim 1).

FERREIRA, J.A.M. - Reconhecimento geológico do norte do Piauí. Recife, SUDENE, Dep. Rec. Nat., Div. Geol., 1967. (Série Geologia Regional, 2).

FISCHER, R.P. & FISHER, F.S. - Interpreting pan- concentrate analyses of stream sediments in geochemical exploration for gold. Washington, U.S.G.S., 1968 (circular, 592).

FONTEILLES, M. - Appréciation de l'intérêt metallogénique du volcanisme de Madagascar a partir de ses caracteres pétrologiques. Bulletin du B.R.G.M. Paris, 1:121-154,1967.

_____ - Contribuition à l'analyse du processus de spilitisation: Étude comparée de série volcaniques paléozoiques de la Bruche (Vosges) et de la Brévenne (Massif Central Français). Bulletin du B.R.G.M. Paris, (2), 3: 1-54, 1968.

FUZIKAWA, K. - Trabalhos de prospecção de urânio na Bacia do Piauí. In: Anais do XXII Congresso Brasileiro de Geologia. São Paulo, Soc. Bras. Geologia, 1968. p. 89-92.

GILLULY, J. - Keratophyres of eastern Oregon and the spilite problem. American Journal Sciences. New York, 29 (171): 225-252, 1935.

_____ - Keratophyres of eastern Oregon and the spilite problem. Americal Journal Sciences. New York, 29 (172): 336-352, 1935.

GOMES, F.A. - Fossas tectônicas do Brasil. In: Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, 1968. p. 255-270 (Suplemento nº 40).

JUNG, J. - Précis de petrographie. Roches sédimentaires, métamorphiques et éruptives. 2ª ed., Paris, Masson, 1963.

JUNG, J. & BROUSSE, R. - Classification modale des roches eruptives utilisant les données fournies par le compteur de point. Paris, Masson, 1959.

JUTEAU, T. - Nouvelles données cartographiques, pétrographiques et chimiques sur le massif dévono-dinantien du Rabodeau (Vosges septentrionales) - Pétrogènése d'une série spilite-keratophyre "hercynotype" complexe. Sciences de la Terre. Nancy, 16 (1): 45-106, mars, 1971.

JUTEAU, T. & ROCCI, G. - Étude chimique du massif volcanique dévonien de Schirmeck. (Vosges Septentrionales): Evolution d'une série spilite - keratophyre. Sciences de la Terre. Nancy, 9 (1): 68-104. mars, 1966.

KATZER, F. - Geologia do Estado do Pará (Brasil). Trad. por Frei Hugo Mense. Anotações de Avelino Inácio de Oliveira e Pedro de Moura. Belém, Museu Paranaense Emílio Goeldi. 1933. p.1 - 269 (Boletim 9).

KEGEL, W. - Contribuição para o estudo do devoniano da Bacia do Parnaíba. Rio de Janeiro, Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Miner., 1953. (Boletim 141).

_____ - Lamelibrânquios da Formação Potí (Carbonífero Inferior) do Piauí. Rio de Janeiro, Dep. Nac. Prod. Div. Geol. Miner., 1954. (Notas preliminares de estudos, 88).

_____ - As inconformidades da Bacia do Parnaíba e zonas adjacentes. Rio de Janeiro, Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Miner., 1956. (Boletim 160).

_____ - Água subterrânea no Piauí. Rio de Janeiro, Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Miner., 1955. (Boletim 156).

_____ - Contribuição ao estudo da bacia costeira do Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro, Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Miner., 1957. (Boletim 170).

_____ - A estrutura geológica do Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro, Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Miner.,1965 (Boletim 227).

KEGEL, W. et alii - Estudos geológicos do Norte do Ceará.Rio

de Janeiro. Dep. Nac. Prod. Mine., Div. Geol. Miner.1958 (Boletim 184).

KOPPEN, W. - Climatologia. Trad.de Pedro Perez. México. Fundo de Cultura Econômica. 1948.

KRUMBEIN, W.C. & SLOSS, L.L.- Stratigraphy and Sedimentation. 2ª ed., San Francisco, W.H. Freeman, 1963.

KUNO, H. - "Differentation of basalt magmas". In: Basalts. Hess et Poldervaart édit., 1968, v. 2, p. 623-688.

LEITE, J.F. - Geologia da área E SE de Ipú e contribuição à geologia econômica da parte norte da mina Santo Antonio. Univ. Fed. Pernambuco, Esc. Geol., Relat. inédito, |s. ident.| Recife, 1969.

LEPELTIER, C. - A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. Economic Geology, Lancaster, 64 : 538-550, 1969.

MABESOONE, J.M. et alii - Geologia da Bacia Jaibaras, Ceará. Recife, Univ. Fed. Pernambuco, Inst. Geoc., 1971. (Série Boletim de Estudo e Pesquisas, 2).

_____ - Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Revista Brasileira de Geociências. São Paulo, 2(3): 173-188, 1972.

MANOEL FILHO, J. - Contribuição ao estudo geológico da Bacia de Jaibaras. Univ. Fed. Pernambuco, Esc. Geol., Relat. inédito, |s. ident.| Recife, 1962.

MARANHÃO, C,M.L. - Geologia da área sul de Reriutaba e contribuição à geologia econômica da mina Santo Antonio, Ceará. Univ. Fed. Pernambuco, Esc. Geol., Relat. inédito, |s. ident.|. Recife, 1969.

MARINI, J. O.; FUCK, R.A.; TREIN, E. - Intrusivas básicas jurássico - cretáceas do primeiro planalto do Paraná. In: BIGARELLA J.J.; SALAMUNI, R.; PINTO, U.M. ed. Geologia do Pré-Devoniano e intrusões subsequentes da porção oriental do Estado do Paraná. Curitiba. Comissão da Carta Geológica do Paraná. 1963. p. 307-324. (Boletim Paranaense de Geociências, 23 a 25).

MARMO, V. - On granites: A revised study. Bulletin du Comission Geologique de Finlande. Otaniemi, 227, 1967.

MAURY, C.J. - Fósseis Terciários do Brasil. Rio de Janeiro, Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Miner., 1924. (Monografia 4).

MESNER, J.C. & WOOLDRIDGE, L.C. - Estratigrafia das bacias paleozóica e cretácica do Maranhão. Trad. de Carlos W.M. Campos. Boletim Técnico da PETROBRÁS, Rio de Janeiro.

MORAES, L.J. et alii - Reconhecimento fotogeológico do Nordeste do Brasil. Folha SA-24T e SA-24N. Rio de Janeiro. Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Miner., 1963 (Mapa fotogeológico com notícia explicativa).

NASCIMENTO, P.A.B. - Nova contribuição ao estudo geológico da bacia de Jaibaras. Univ. Fed. Pernambuco, Esc. Geol., Relat. inédito, |s. ident.|, Recife, 1965.

NOCKOLDS, S.R. & ALLEN, R. - The geochemistry of some igneous rock series. Geochimica et Cosmochimica Acta. Londres, 4: 105-142, 1953.

_____ - The geochemistry of some igneous rock series. Geochimica e Cosmochimica Acta. Londres, 5 (6): 248-285, 1954.

OLIVEIRA, A.I. de & LEONARDOS, A.H. - Geologia do Brasil, 2ª ed., Rio de Janeiro, Min. da Agric., 1943.

OLIVEIRA, P.E. & RAMOS, J.R.A. - Geologia das quadrículas de Recife e Pontas de Pedra. Rio de Janeiro. Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Miner., 1956. (Boletim 151).

OLIVEIRA E SILVA, E.H. - Projeto ferro-manganês para o Nordeste. SUDENE, Dep. Rec. Nat., Div. Geol., Relat. inédito, |s. ident.|, Recife, 1963.

PETTIJOHN, F.J. - Sedimentary rocks, 2ª ed., New York, Harper & Row, 1957.

PLUMMER, F.B. - Estados do Maranhão e Piauí (geologia): Brasil. Rio de Janeiro, Cons. Nac. Petróleo. 1948. p. 87 - 134 (Relatório de 1946).

QUEIROZ, C.J.A. - Geologia da área norte de Reriutaba e contribuição à prospecção geoquímica da mina Santo Antonio, Ceará. Univ. Fed. Pernambuco, Esc. Geol., Relat. inédito, |s. ident.|, Recife, 1969.

QUEZADO, J.A. - Jazida de ferro de Itaúna, município de Granja, Ceará. Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Miner., Relat. inédito, Fortaleza. 1949. (Relatório técnico 989).

_____ - Jazida de cobre de Pedra Verde, Ceará. Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Miner., Relat. inédito, Rio de Janeiro. 1949. (Relatório técnico 960).

RAND, H. - Magnetometria investigations of iron deposits near Sobral, Ceará. Univ. Fed. Pernambuco, Esc. Geol., Relat. inédito, |s. ident.|, Recife, 1964.

REZENDE, W.M. - Bacia do Maranhão. Estudos dos processos de intrusões e extrusões de magmas básicas. PETROBRÁS, Setor de Exploração/SRAZ, Relat. inédito, Rio de Janeiro, out, 1964.

RIBEIRO, M. et alii - Geologia da quadrícula de Caçapava do Sul. Rio de Janeiro, Dep. Nac. Prod. Min., Div. Fom. Prod. Min., 1966 (Boletim 127).

RITTMAN, A. - Les volcans et leur activité. Trad. H.Tazieff. Paris, Masson, 1963.

ROCHA, M.A. - Geologia da região de Coreaú, Bacia de Jaibaras, área 1, folha NE, quadrícula 664, Ceará. Univ. Fed. Pernambuco, Esc. Geol., Relat. inédito, |s. ident.|, Recife, 1965.

ROUTHIER, P. - Les gisements metalliféres: Geologie et principes de recherche. Paris, Masson, 1963.

SANTOS, M.E.C.M. - Equinóides cretáceos do Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro. Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Miner., 1958. (Boletim 179).

SANTOS, J.P. - Manganês da fazenda Bodega. SUDENE, Dep. Rec. Nat., Div. Geol., Relat. inédito, |s. ident.|, Recife, 1963.

SANTOS, R.S. & TRAVASSOS, H. - Contribuição à paleontologia do Estado do Pará. Peixes fósseis da Formação Pirabas. Rio de Janeiro. Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Miner., 1960. (Monografia XVI).

SMALL, H.L. - Geologia e suprimento d'água subterrânea no Piauhy e parte do Ceará. Inspectoria Obras contra as Secas. Rio de Janeiro, 1914. (Boletim 32).

TENNANT, C.B. & WHITE, M.L. - Study of the distribution of some geochemical data. Economic Geology. Lancaster, 54: 1281-1290, 1959.

TILLEY, C.E. - Some aspects of magmatic evolution. Quart. & Geol. Soc., Great Britain, 1950.

TREIN, E. & FUCK, R.A. - O Grupo Castro. In: BIGARELLA J.J., SALAMUNI, R.; PINTO, V.M. ed. Geologia do Pré- Devoniano e intrusões subsequentes da porção oriental do Estado do Paraná. Curitiba. Comissão da Carta Geológica do Paraná. 1963. p-257-303. (Boletim Paranaense de Geociências, 23 a 25).

TURNER, F.J. & VERHOOGEN, J. - Igneous and metamorphic petrology. 2 ed., New York, McGraw Hill, 1960.

VANDOROS, S.P. - Um granito pós-orogênico de Sobral, Ceará. In: ANAIS XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Resumo das Conferências e comunicações. São Paulo, Soc.Bras. de Geologia, 1968.

WHITE, C.A. - Contribuição à paleontologia do Brasil. Rio de Janeiro, Arq. Mus. Nac. Rio de Janeiro, 1887. 273 p.

WILLIAMS, H.E. - Notas sobre a geologia e recursos minerais do norte do Ceará. Min. Agricult., Serv. Geol. Miner., Rio de Janeiro, 1926. (Boletim 16).

WINGE, M. - Breves notas sobre a geologia do noroeste do Ceará. Recife, SUDENE, Dep. Rec. Nat., Div. Geol., 1967.(Boletim de estudos, 3).

_____ - Geologia da região das serras do Estreito e Boqueirão, NW da Bahia e S.SE do Piauí. SUDENE, Relat. inédito |s. ident.|, Recife, 80 p. 1968.

WINKLER, H.G.F. - Petrogenesis of metamorphic rocks. 2ªed.revised, New York, Springer Verlag, 1967.

WRIGHT, J.B. - A simple alkalinity ratio and its application to questions of non-orogenic granite genesis. Geological Magazine. Londres, 104 (4); 370-384, 1969.

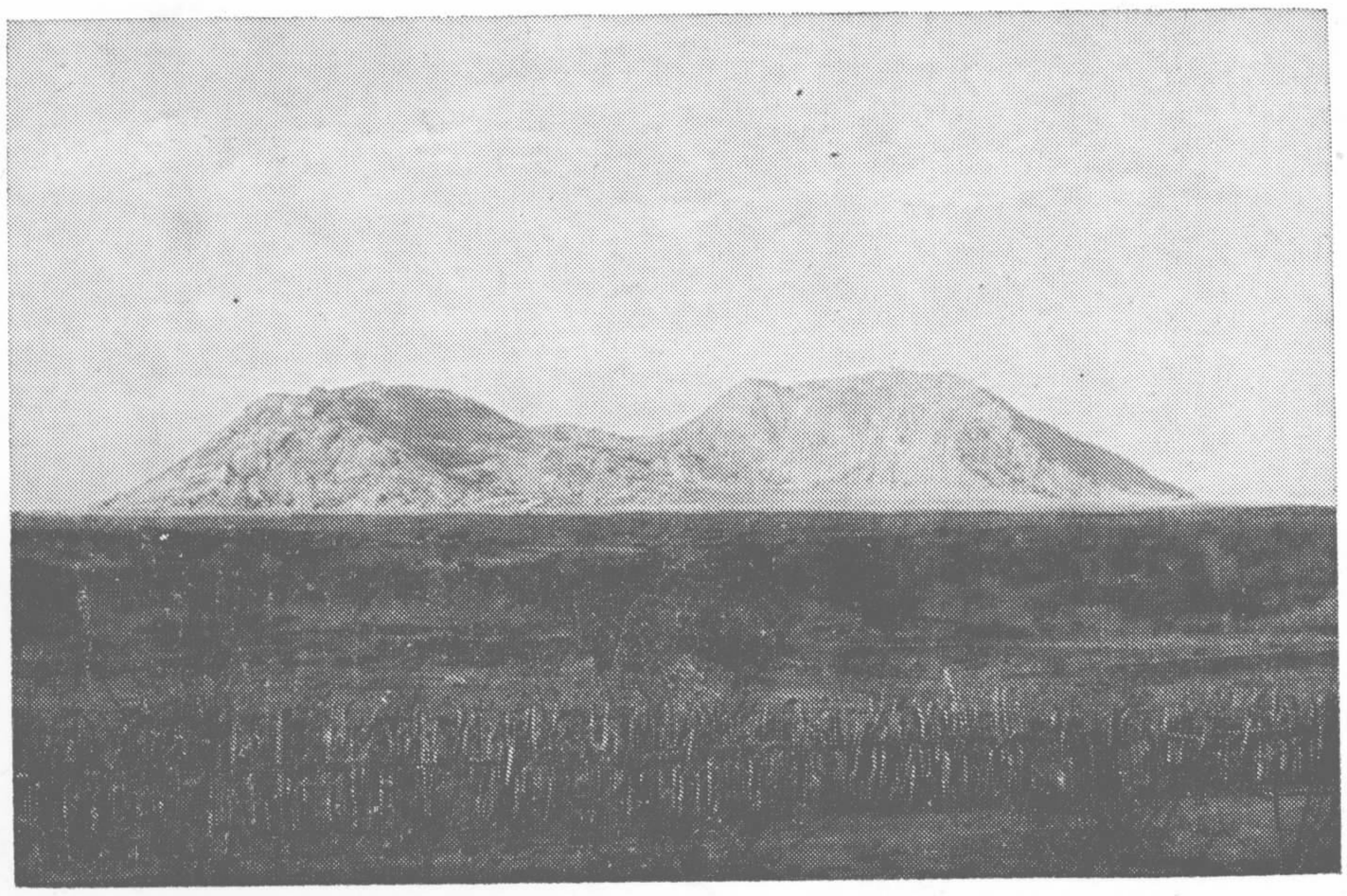


Foto 1 — Granito pós-orogênico da Serra da Barriga, que sobressae topograficamente na superfície aplainada de migmatitos da unidade "B" do pré-Cambriano. Foto tomada da BR-222, ao sul.

Foto 2 — Aspecto típico do granito porfiróide tipo Chaval. Notar os cristais hipidiomórficos de feldspato imersos em matriz granoblástica.

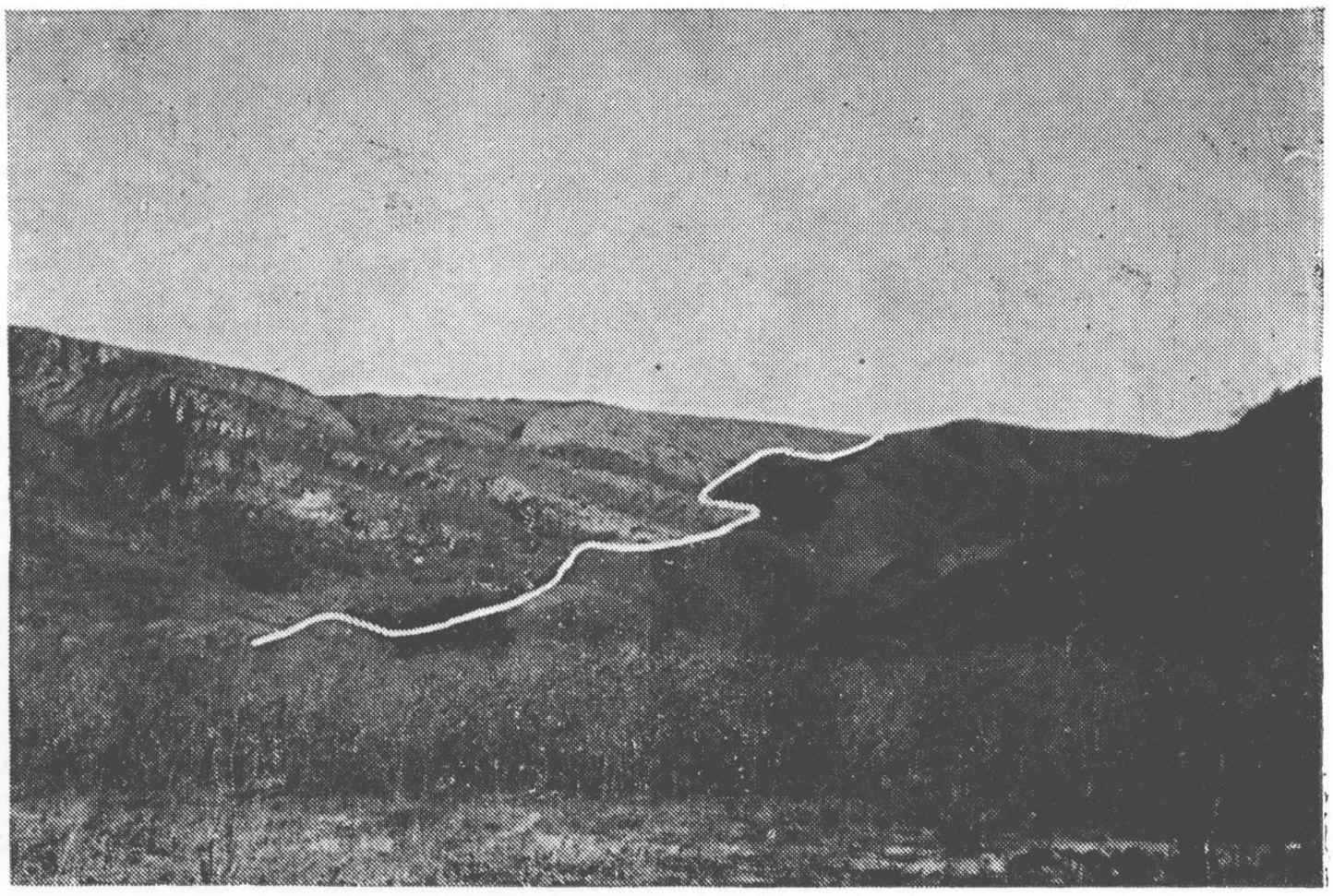


Foto 3 — Unidade "A" do pré-Cambriano. Quartzo filitos, à direita da foto, sobrepostos concordantemente à sequência de quartzitos, mergulhantes para SE (canto direito da foto). Núcleo da sinclinal da Serra de Ubatuba, a SE de Ibuguaçu.

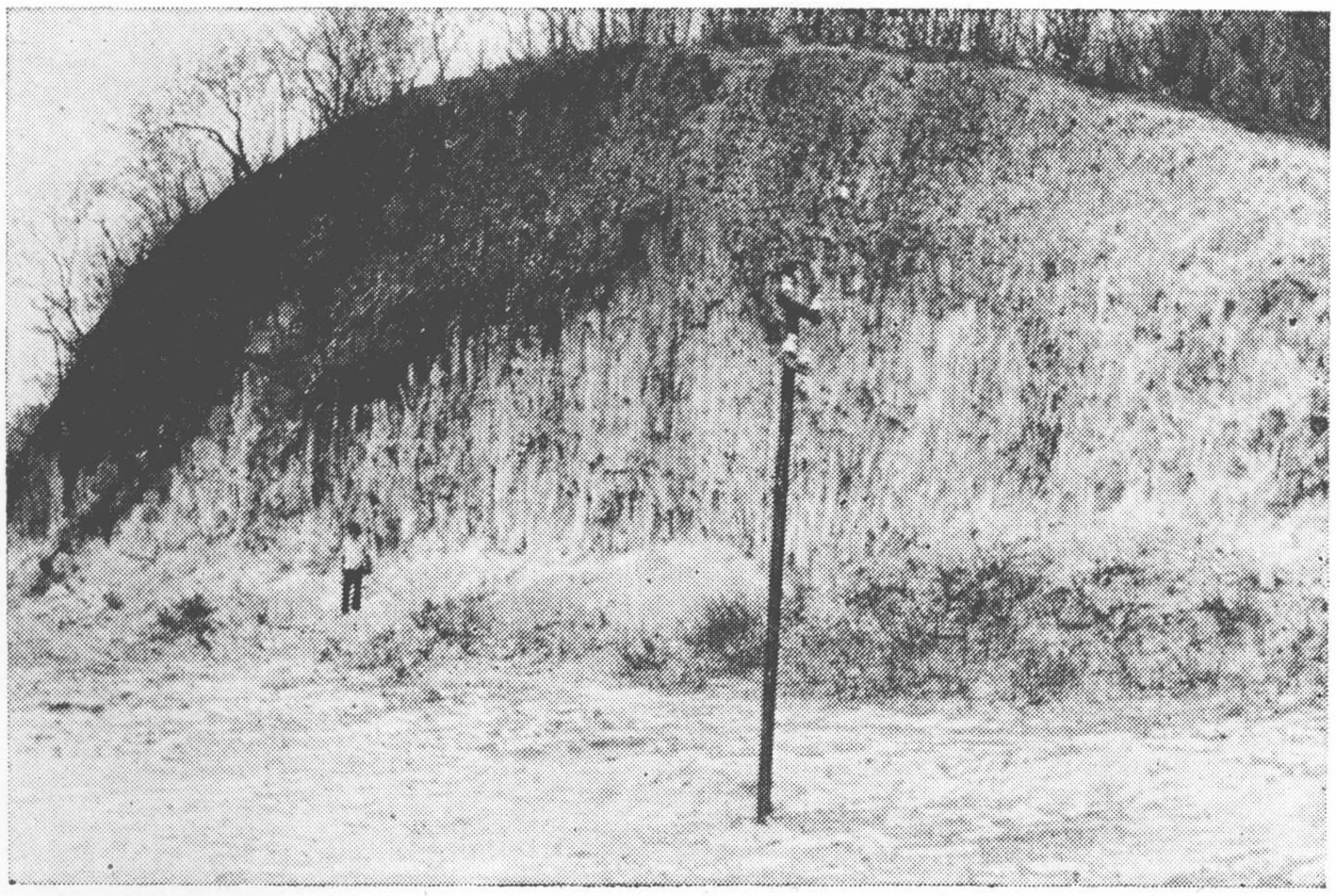


Foto 4 — Unidade "A" do pré-Cambriano. Filitos intemperizados com espesso manto laterítico. Notar o relêvo na forma de meia laranja. Trecho de Uruoca-Martinópole da R. V. Cearense.

Foto 5 — Unidade "A" do pré-Cambriano. Pequena falha inversa em banco quartzítico laminado e intercalado na sequência de filitos. O plano de falha tem mergulho para SE, e as dobras de arrasto indicam claramente o movimento de acavalamento do bloco da esquerda da foto sobre o da direita. Escarpa da Serra da Ibiapaba a SE de Ibuguaçu.

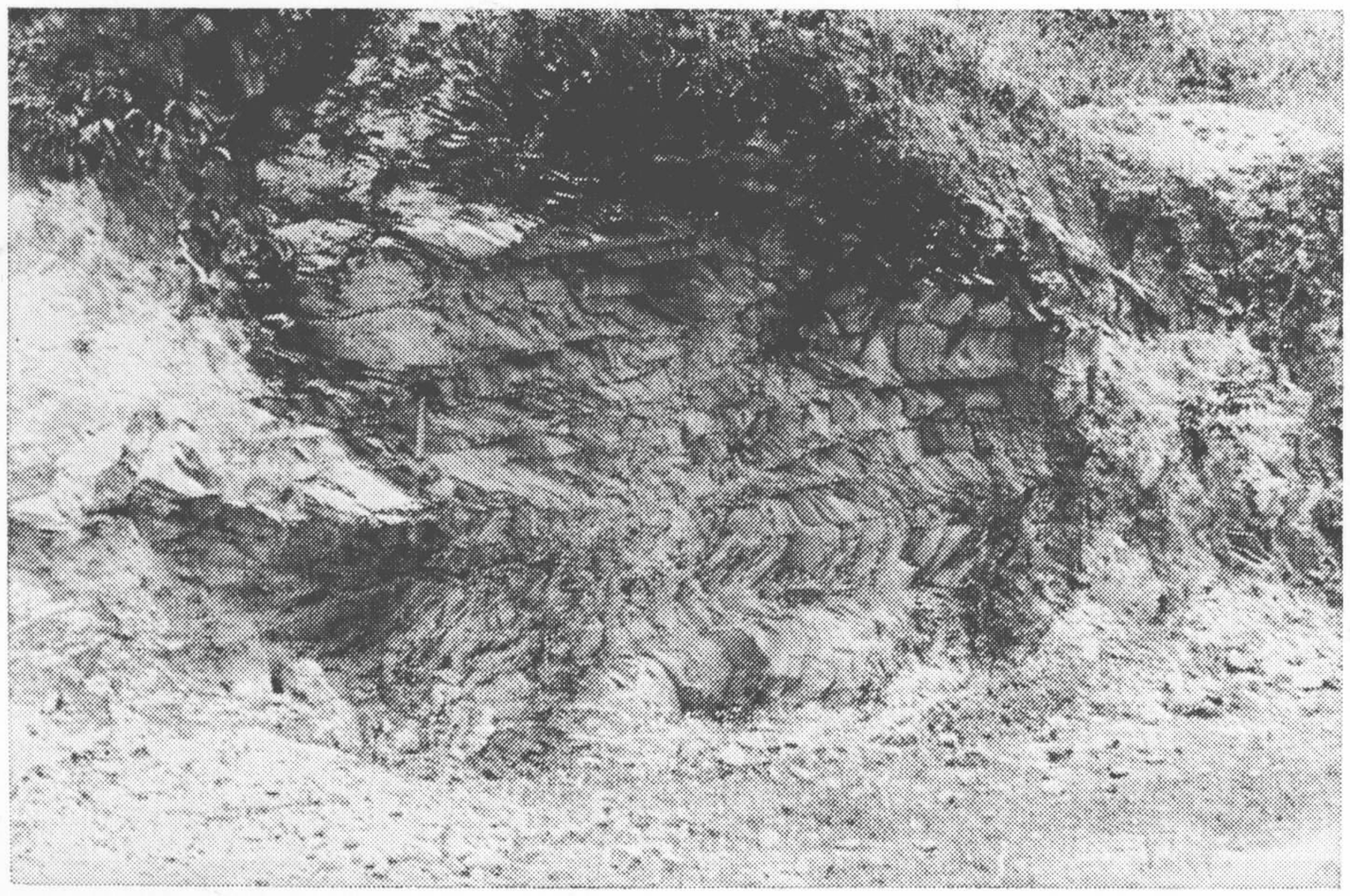


Foto 6 — Pequenas dobras recumbentes com planos axiais sub-horizontalizados no quartzito basal da Unidade "A" do pré-Cambriano. Notar a forte clivagem que se desenvolveu paralelamente ao plano axial das dobras. Corte da Estrada Itacolomy-Çoreaú, na Serra de São Joaquim.

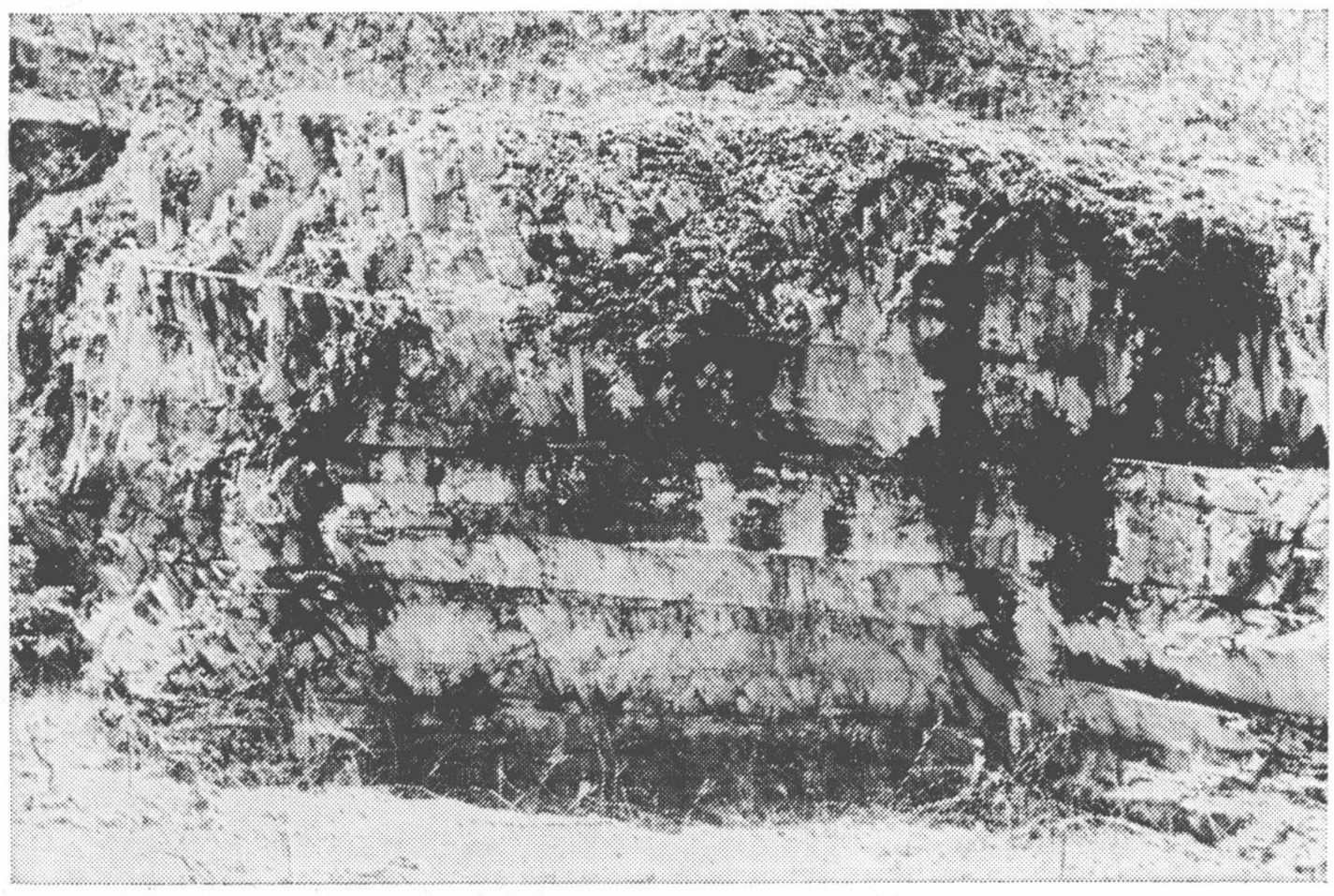


Foto 7 — Quartzito basal da Unidade "A" do pré-Cambriano, milonitizado e fraturado horizontalmente. Notar a forte clivagem de fratura, que mascara totalmente a foliação primária da rocha. Corte da Estrada Itacolomy-Coreaú, na Serra de São Joaquim.

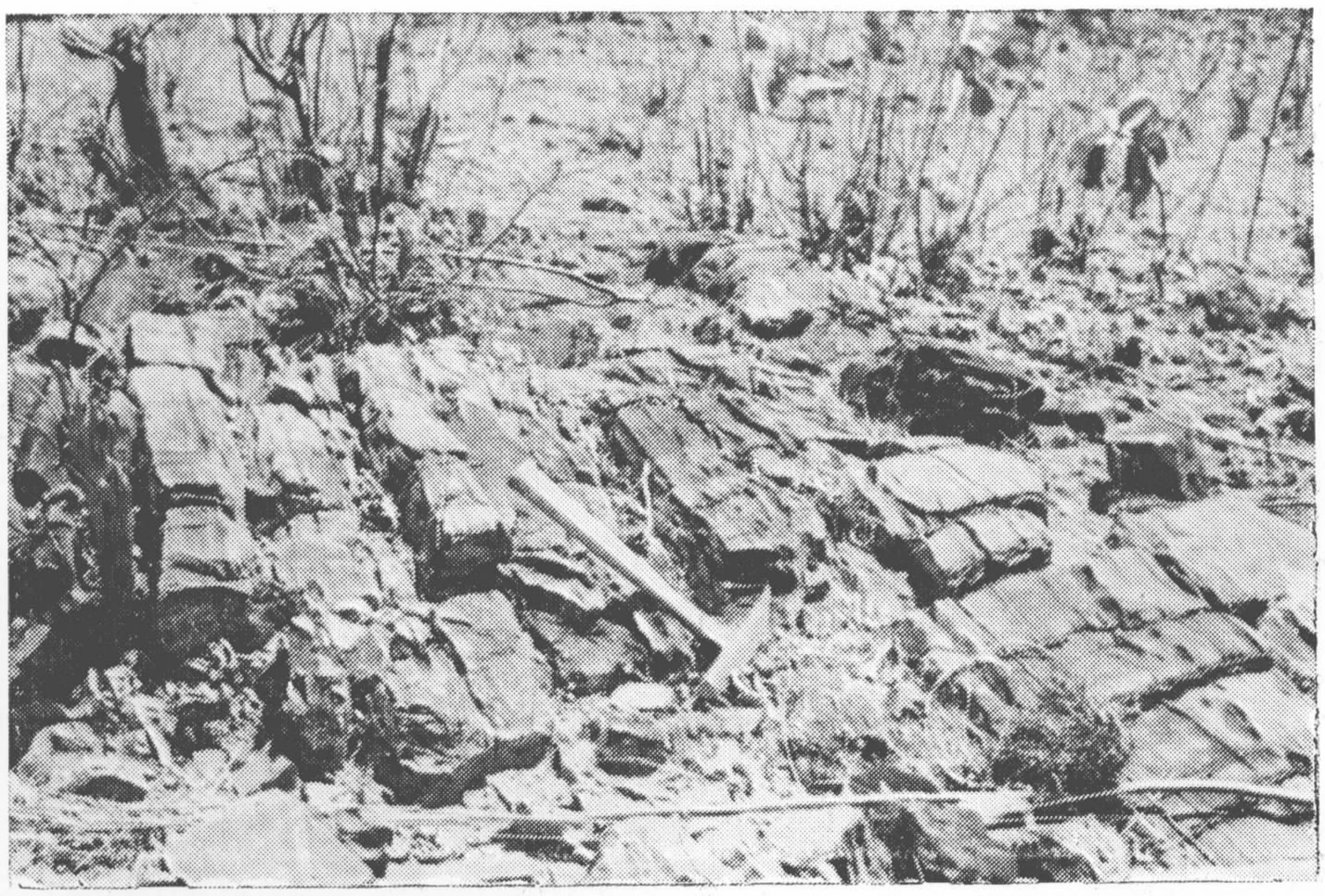


Foto 8 — Hornblenda-hornfels fraturado e com preservação da estratificação original de direção NS, paralela à borda do "stock" granítico de Mucambo. Linha de transmissão da COHEBE, a NW do povoado Coité.

Foto 9 — Xenólito de cordierita-biotita-hornfels na fácies de borda do "stock" granítico de Mucambo. Linha de transmissão da COHEBE, a NW do povoado Coité.

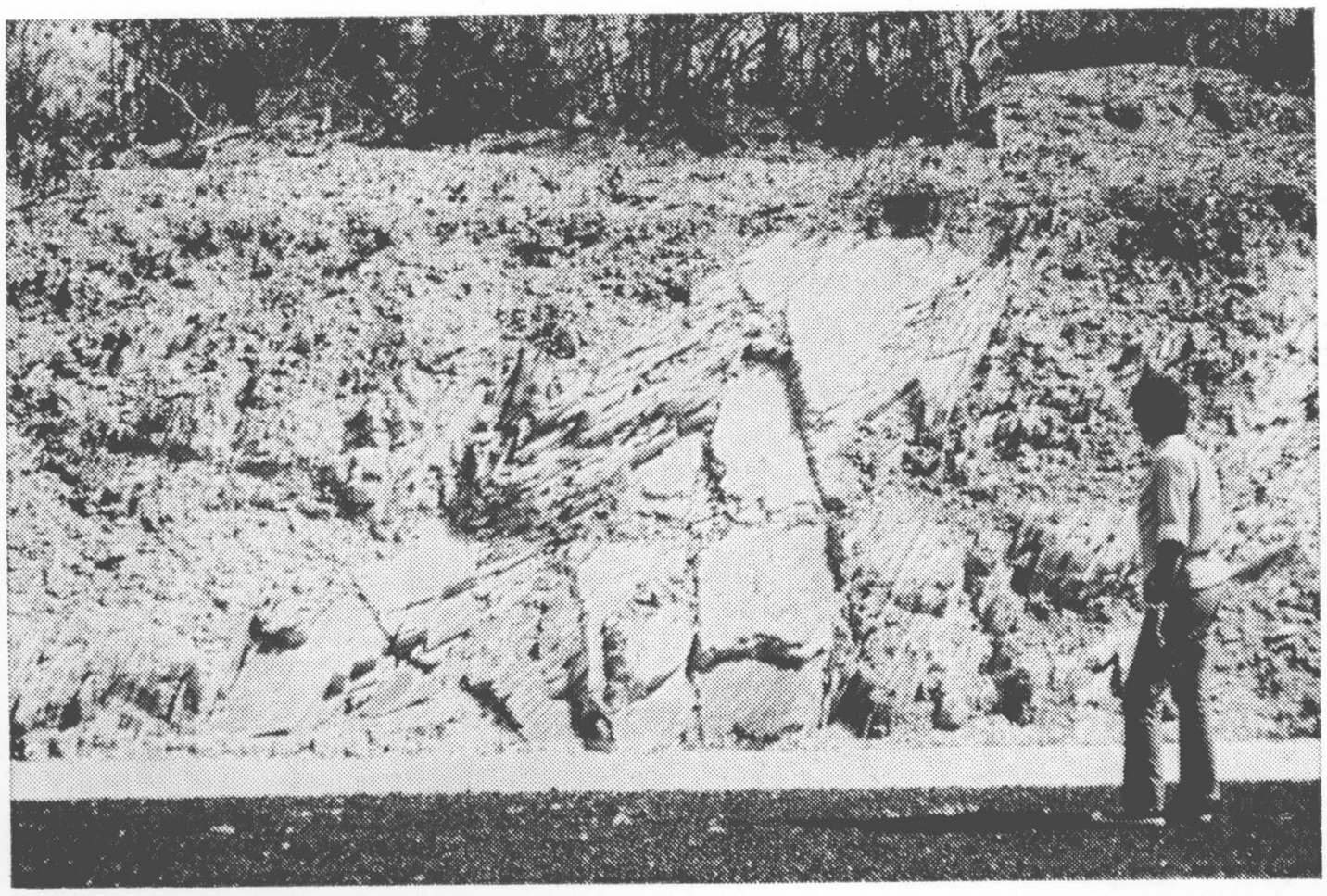


Foto 10 — Dobras com flancos invertidos, típicas da sequência de metassiltito e ardósia da Formação Caiçaras, com eixos mergulhantes para NE. Estrutura em lápis, formada pelo corte da foliação primária pela clivagem ardosiana desenvolvida. Corte da BR-222, próximo a Frecheirinha.

Foto 11 — Dobras de arrasto conjugadas em calcário finamente estratificado, com níveis cinza escuros silicosos, da Formação Frecheirinha. A série de dobras têm eixos com mergulho de 70° para N55°E. Leito do Riacho Trapiá.

Foto 12 — Arenito arcoseano, estratificado, com níveis silto-argilosos laminados, localmente dobrado e falhado. Estrada Sobral-Massapê.

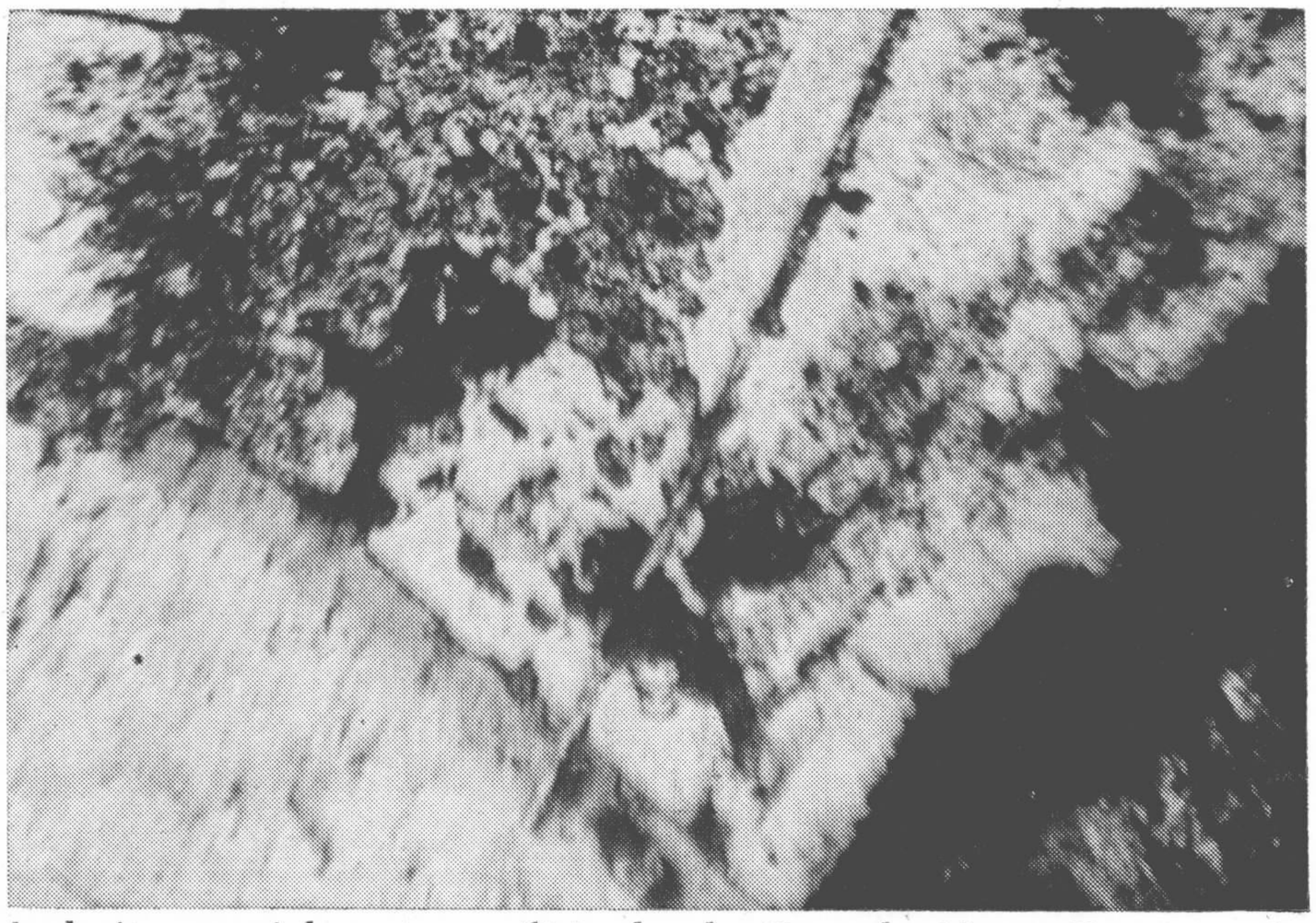


Foto 13 — Andesito parcialmente espilitizado da Fazenda Nova. Processo de albitização incipiente em andesina bordejada por oligoclásio. Notar o aspecto Desqueletiforme do plagioclásio, com os interstícios preenchidos por daumorita e carbonatos. Foto com NX.

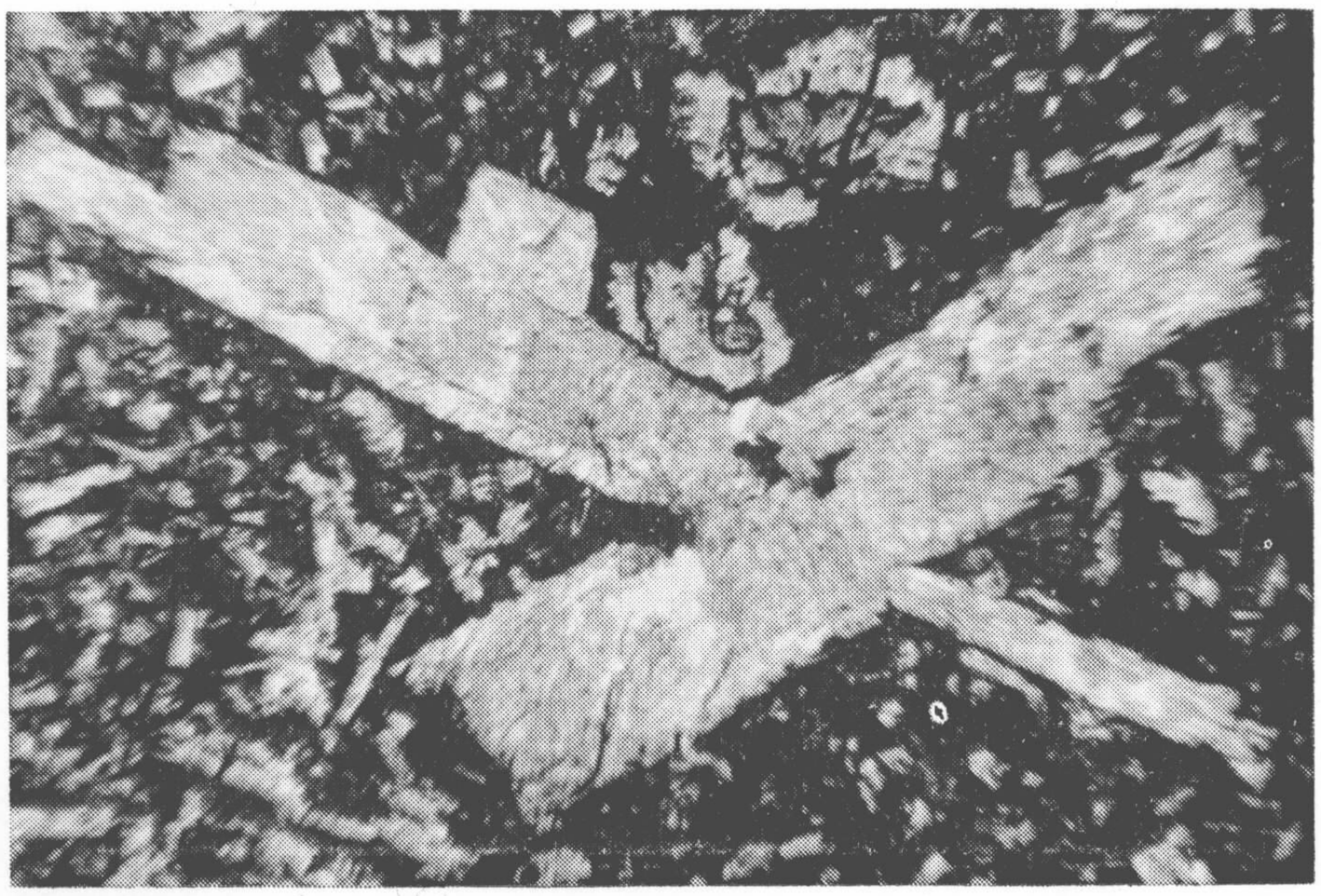


Foto 14 — Olivina basalto totalmente espilitizado aflorante na Estrada Pacujá Graça. Fenocristais automórficos de plagioclásio sódico geminados ao lado de olivina totalmente serpentinizada. Notar a matriz constituida por massa criptocristalina, desvitrificada, e escurecida pela impregnação de hidróxido de ferro. Foto com N | |.

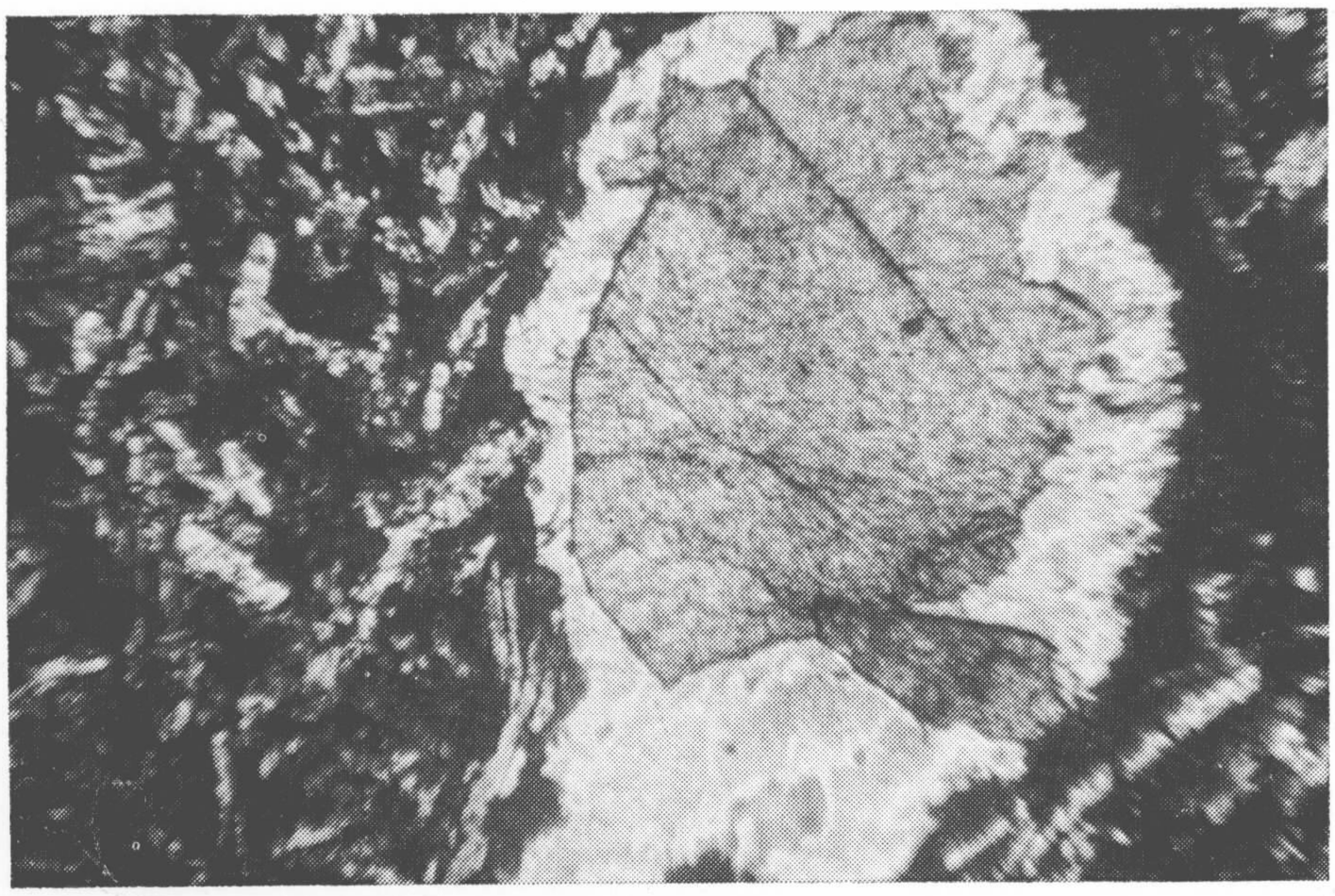


Foto 15 — Brecha vulcânica de composição andesítica aflorante na Faz. Curral Grande, Estrada Massapê-Parapuí. Vesícula preenchida por epidoto (pistacita) e zonada por um aglomerado quartzoso. Notar as pequenas ripas de andesina, argilo-sericitizada, imersas em matriz preto esverdeada contendo clorita, argila e opacos. Foto com NX.

Foto 16 — Albita basalto vitrofírico e amigdalóide, aflorante no povoado Jaibaras. Vesículas preenchidas por clorita, epidoto e plagioclásio sódico. Foto com NX.

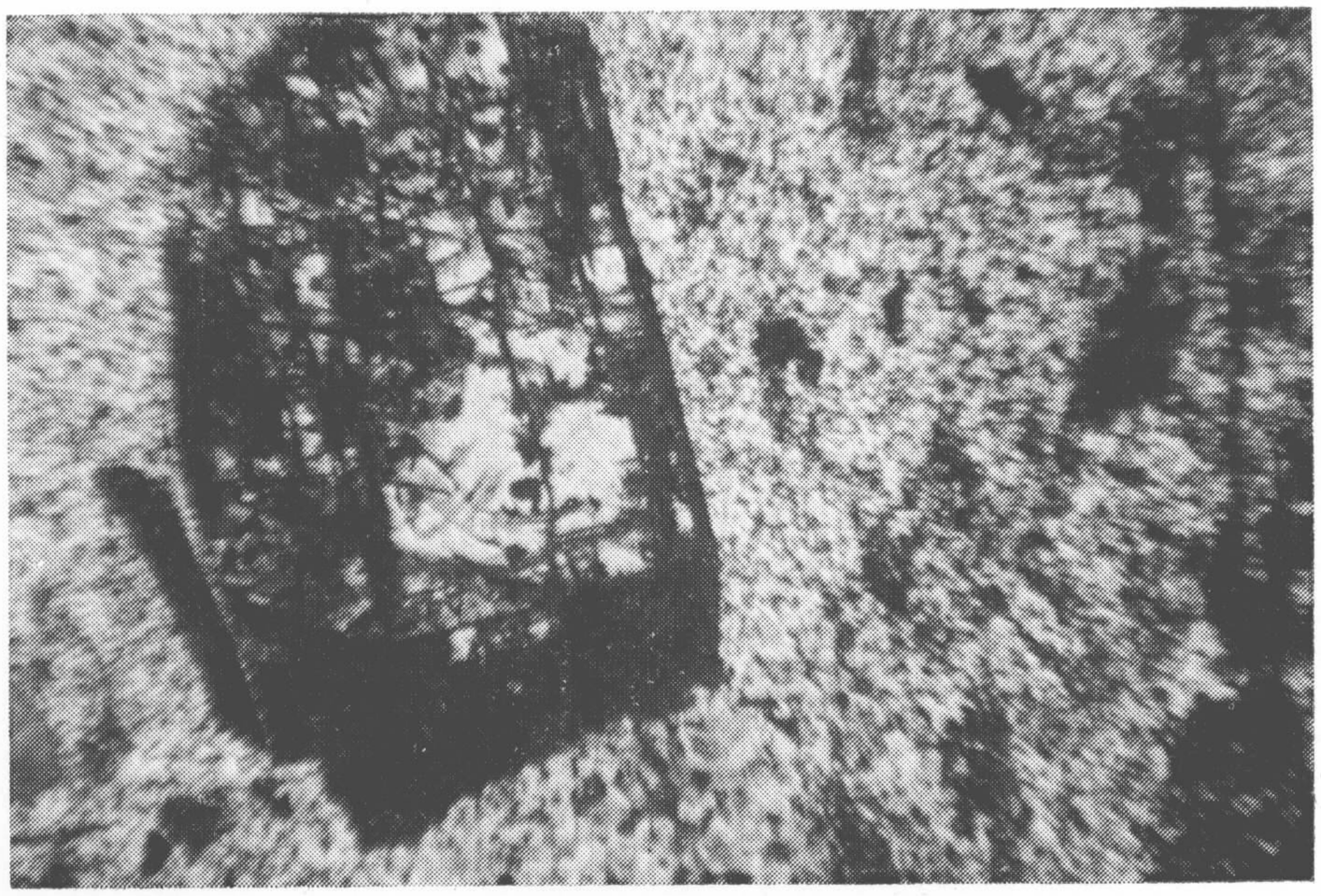


Foto 17 — Riolito pórfiro parcialmente queratofirizado aflorante na estrada Ararius-Mucambo. Pórfiro de ortoclásio carbonatado, com superfície túrbida, devido a argilização e impregnação de hidróxido de ferro. Notar a matriz microcristalina, essencialmente silicosa. Foto com NX.

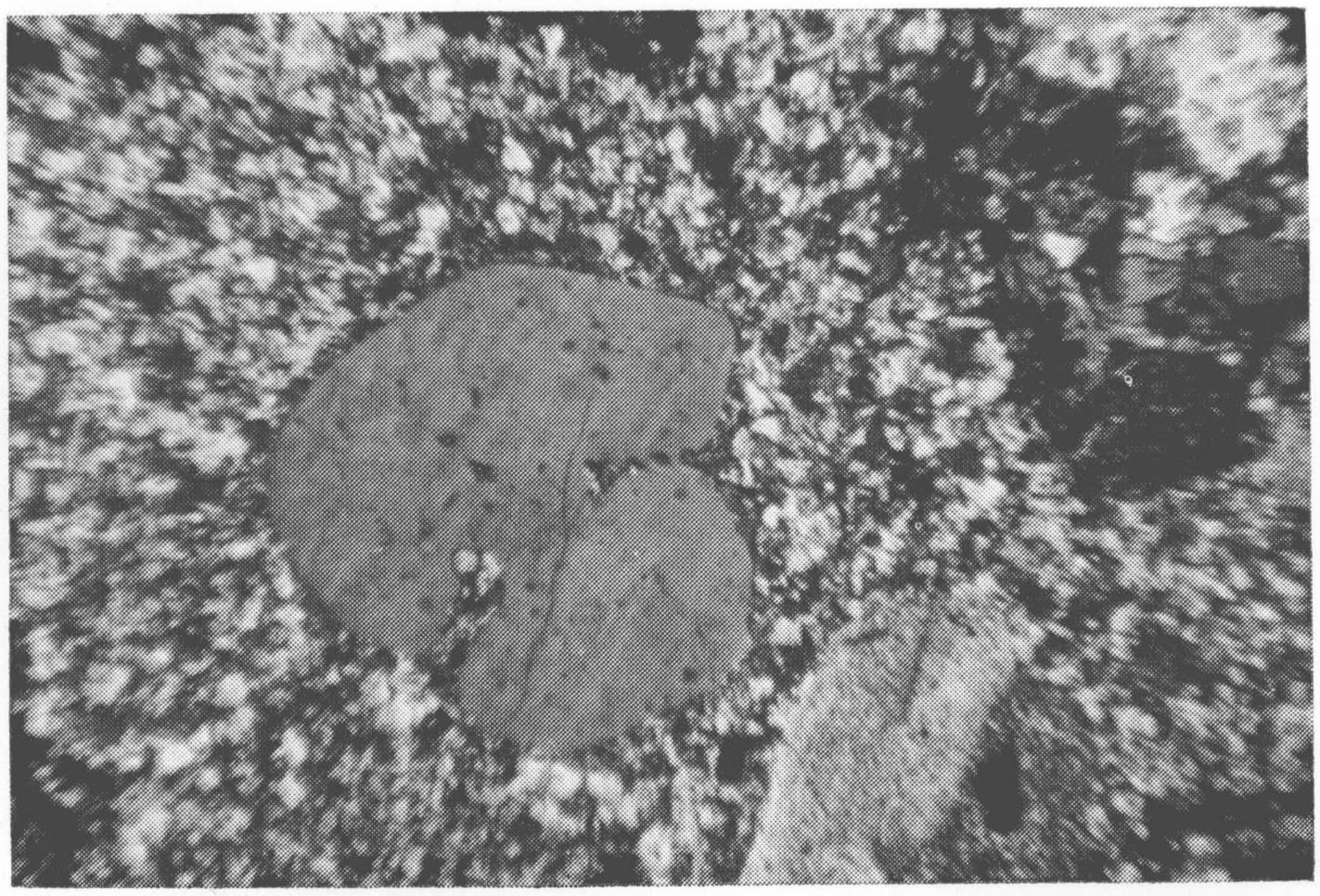


Foto 18 — Riodacito porfirítico aflorante na CE-71, 1 km a sul da estrada para a Faz. Barra. Matriz microcristalina com quartzo, feldspatos e finas palhetas de clorita, englobando fenocristais euédricos de quartzo e feldspato já em avançado estado de alteração para sericita, caulinita e carbonato. Foto com NX.

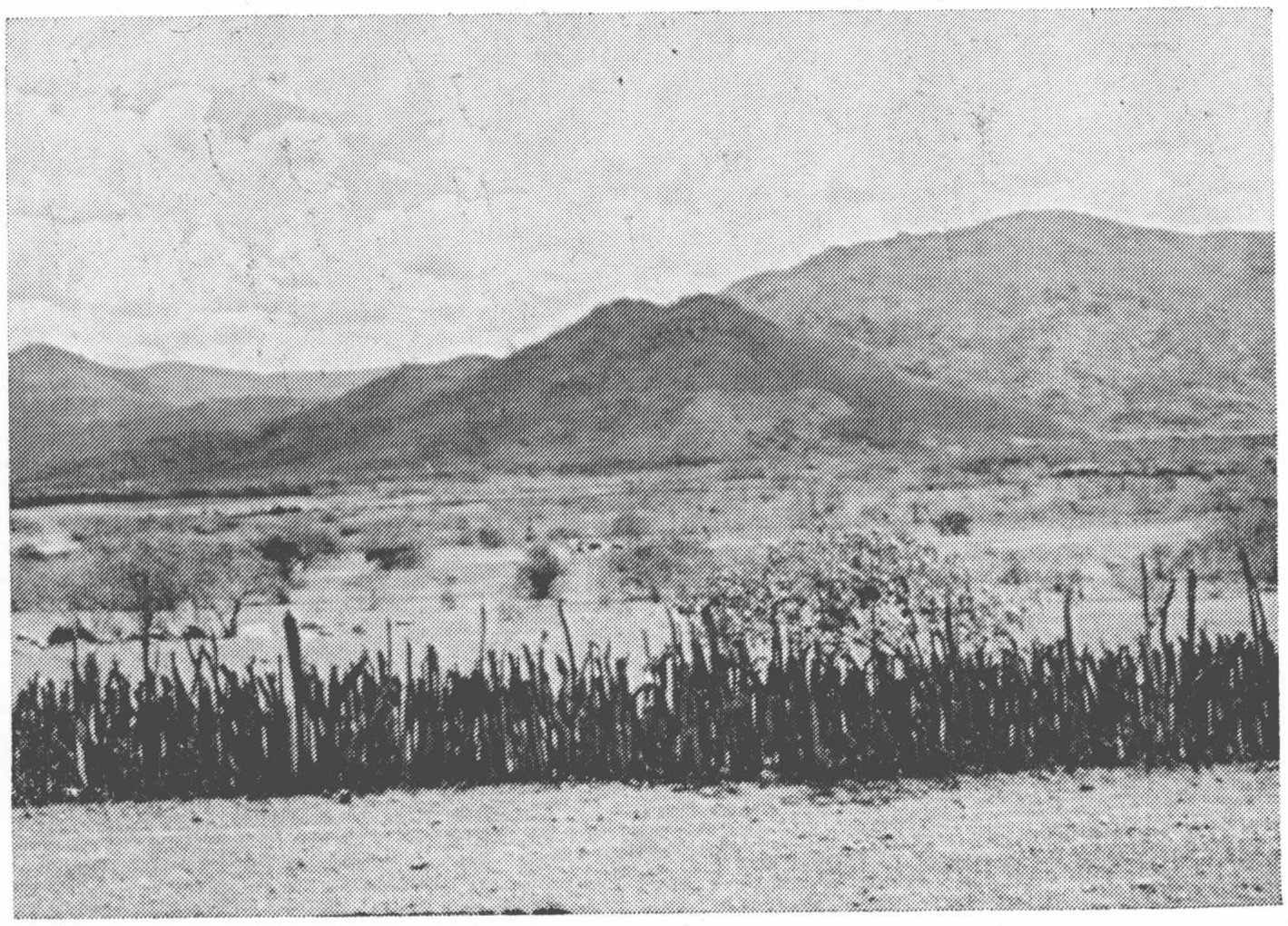


Foto 19 — Elevação em primeiro plano formada pelo conglomerado da Formação Aprazível, na encosta da Serra do Rosário, ao fundo. Notar o acamamento com altitude 30° para NE do conglomerado, que assenta discordantemente sobre os arenitos da Formação Coreaú.

Foto 20 — Formação Pimenteiras. Alternância característica de finos estratos horizontalizados de siltitos e folhelhos. Estrada Burití dos Lopes — São Domingos.

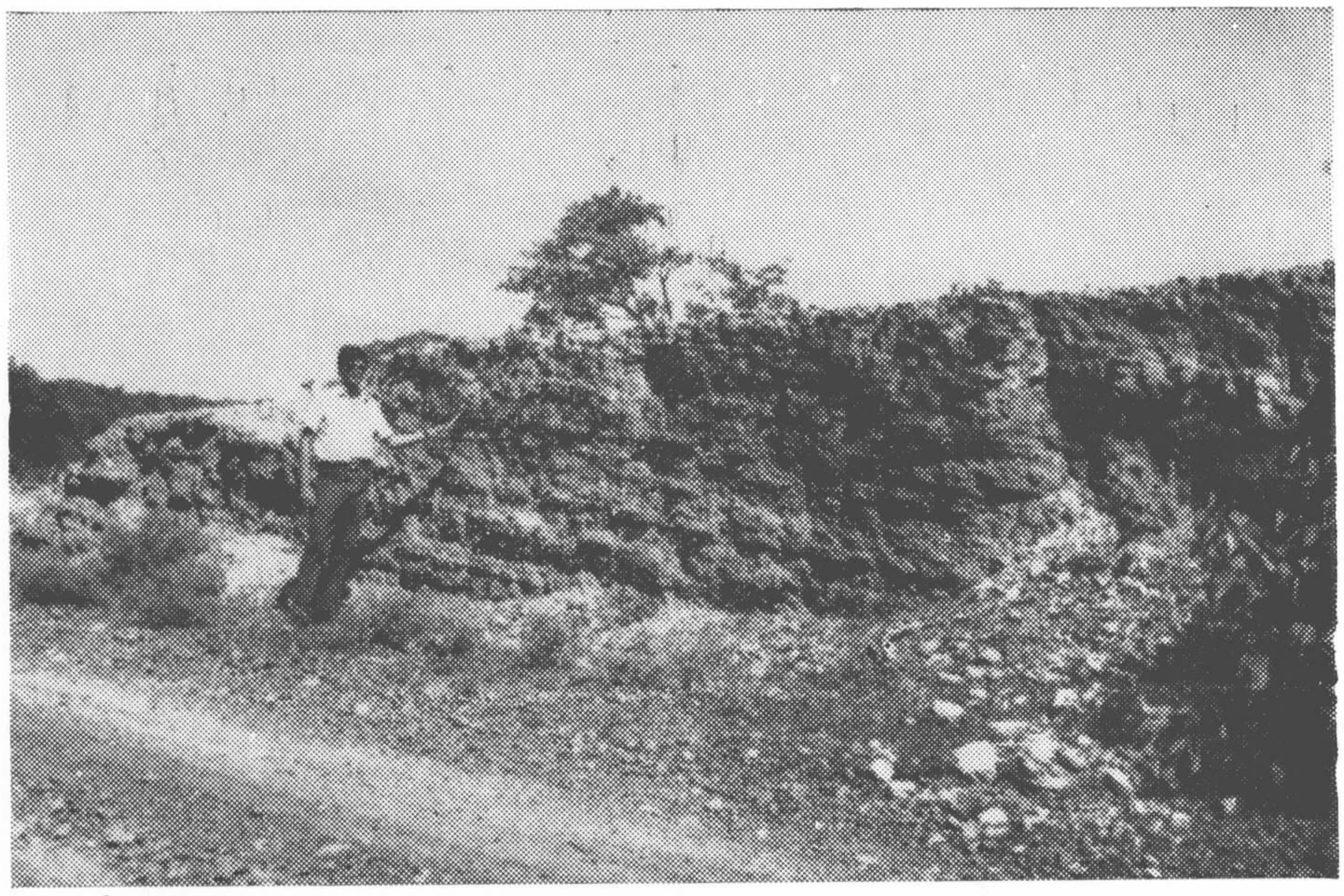


Foto 21 — Formação Longá. Intercalação de siltitos, em estratos mais espessos, e folhelhos laminados, sub-horizontalizados. Estrada Volta da Jurema a Tinguís de Cima.

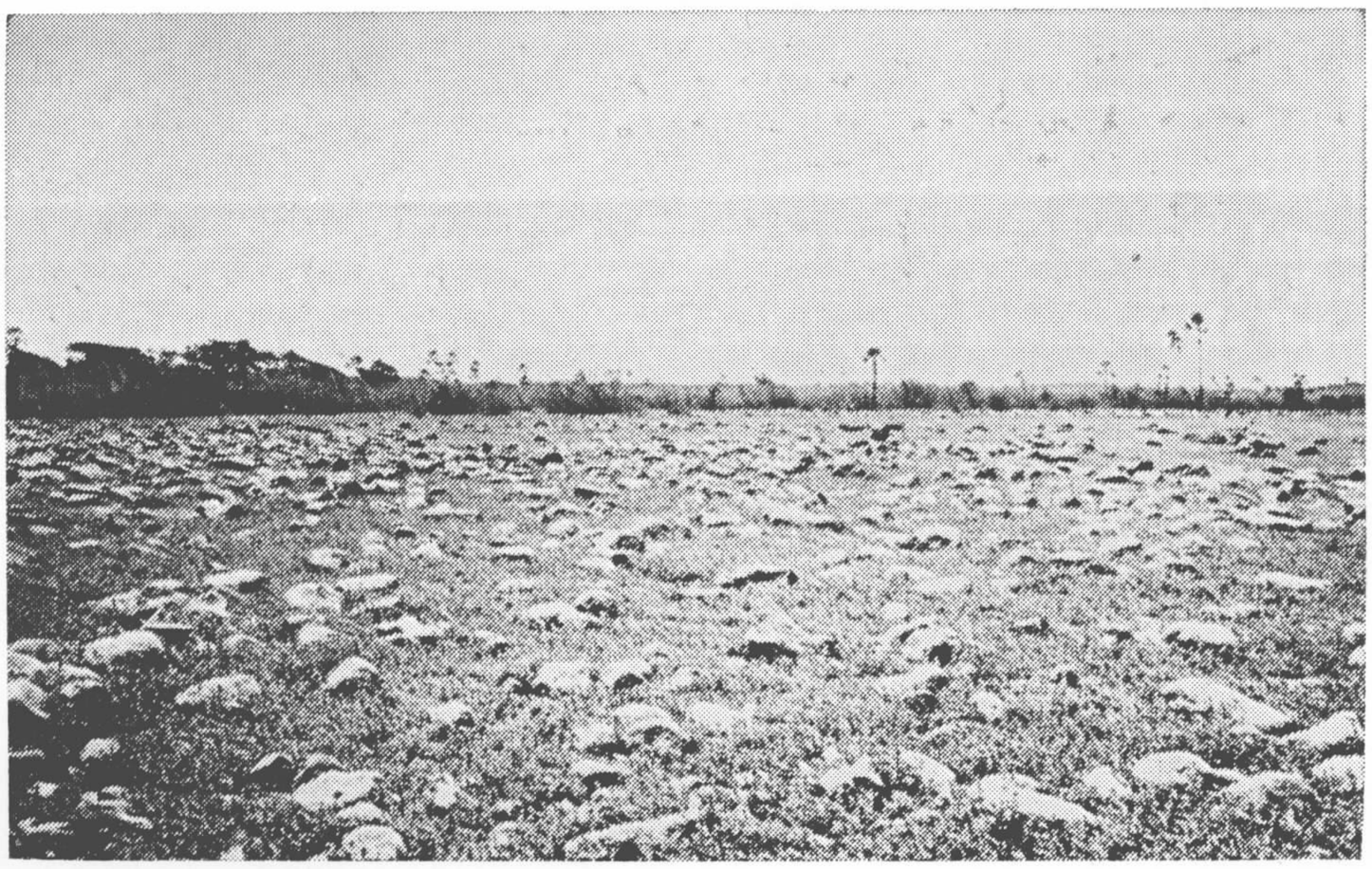


Foto 22 — Aspecto típico de afloramento em blocos, em superfície plana dos corpos diabásicos, na região de São Domingos.

Foto 23 — Aspecto típico da esfoliação esferoidal nos blocos de diabásio aflorantes na Estrada Volta da Jurema-Tinguís de Cima. A alteração do diabásio origina um solo argiloso cinza escuro, comumente denominado massapê.

Foto 24 — Falésia esculpida no conglomerado com cimento laterítico da Formação Camocim. Na parte superior afloram as areias argilosas do Grupo Barreiras. Ao fundo, a cidade de Camocim.

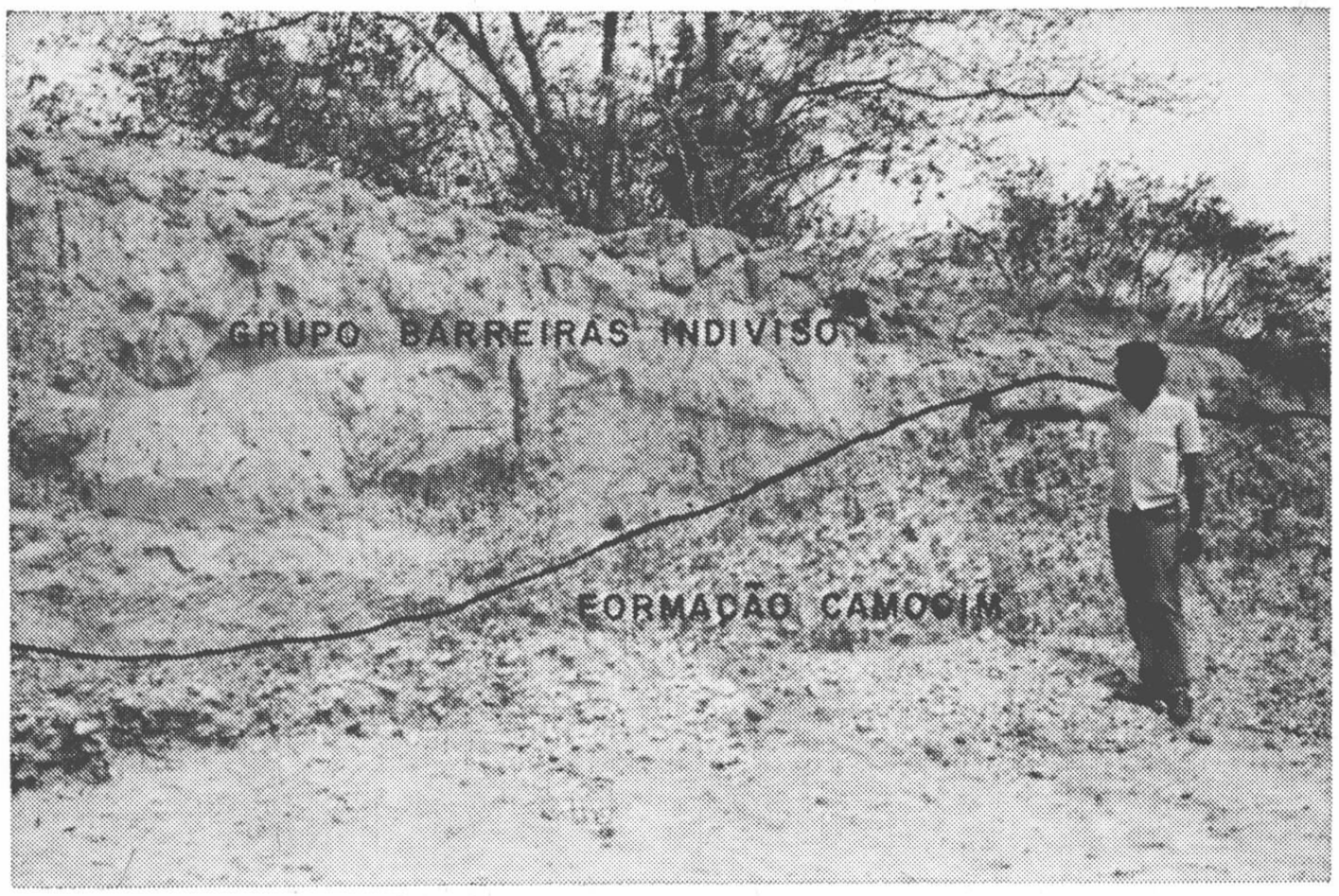



Foto 25 — Contato discordante entre o conglomerado laterítico da Formação Camocim, sotoposta, e as areias argilosas do Grupo Barreiras indiviso, preenchendo paleo-canal, que evidencia a existência de uma superfície de erosão pré-Barreiras. Rodovia CE-71, trecho entre Itacolomy-Granja

Foto 26 — Aspecto típico do conglomerado da Formação Camocim, na praia do Farol, na cidade de Camocim. Seixos de quartzo sub-arredondados, de tamanho e forma variáveis, consolidados por um cimento silico-ferruginoso.

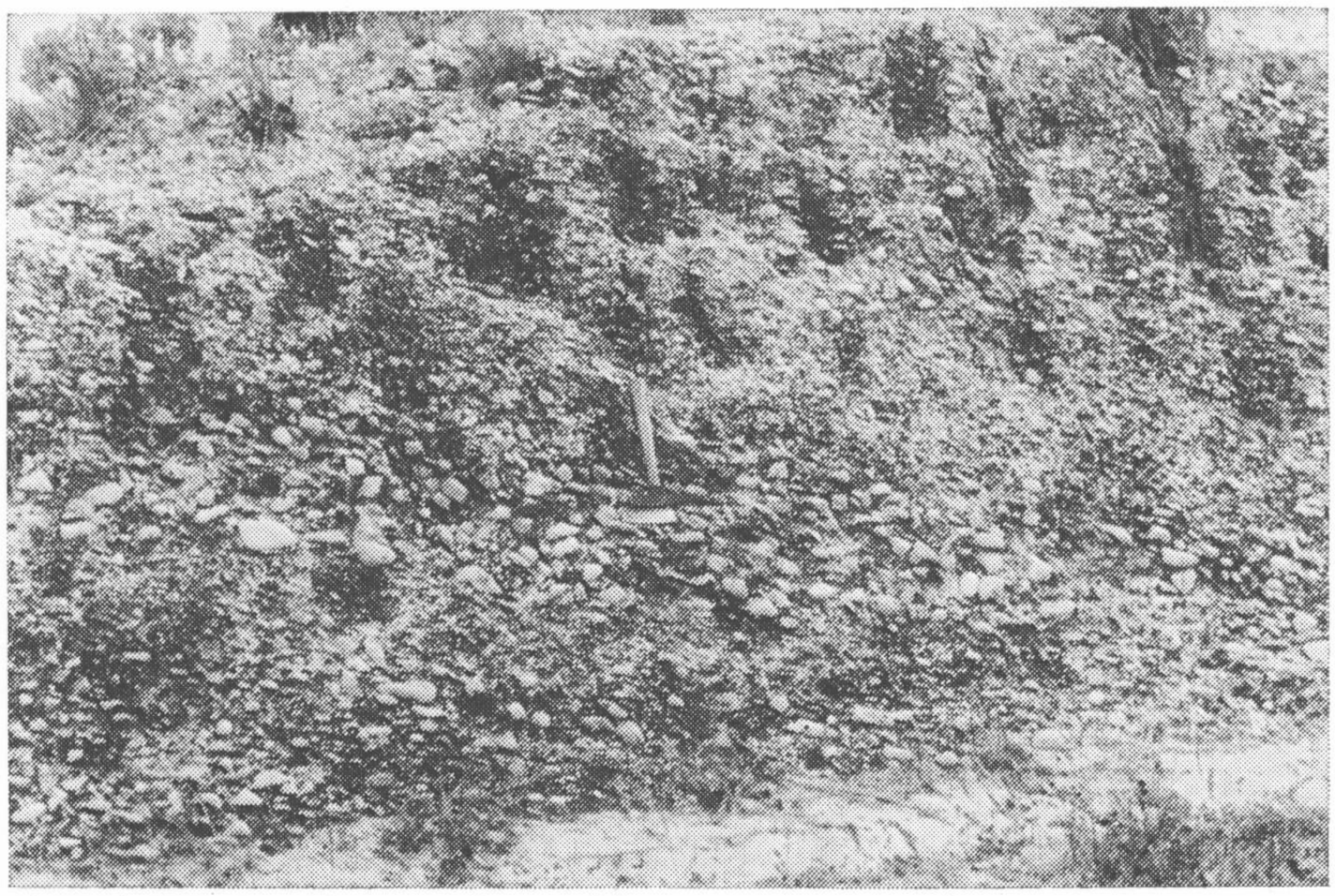


Foto 27 — Aspecto típico do conglomerado com cimento laterítico da Formação Camocim próximo a cidade de Martinópole. Notar a presença de leitos mais grosseiros e a angulosidade dos seixos.

Foto 28 — Areias argilosas, mal classificadas e de coloração avermelhada do Grupo Barreiras indiviso. Ponta de Jeriquaquara, Ceará.

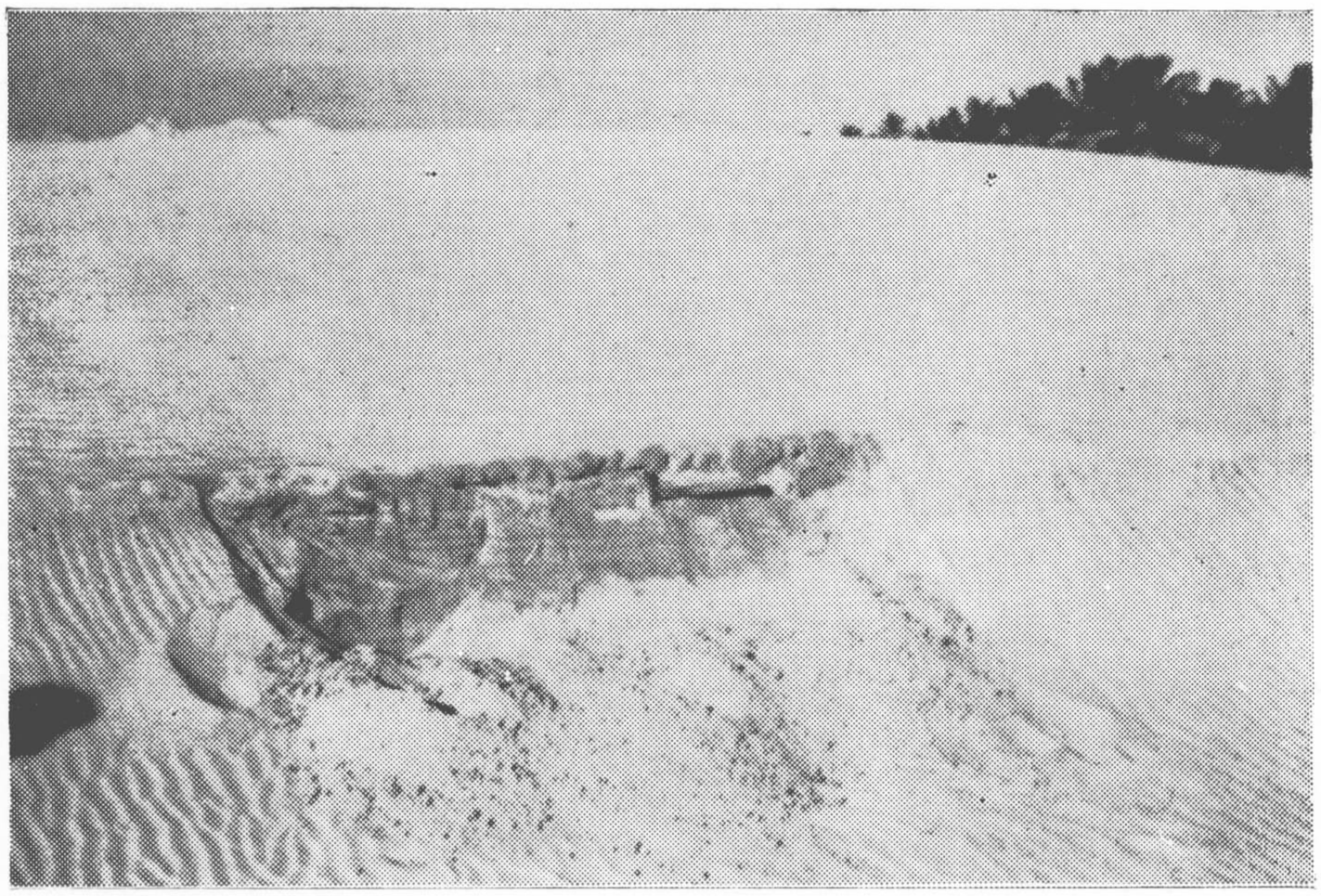


Foto 29 — Níveis cinza escuros de minerais pesados nas areias brancas de grã fina e bem classificadas, constituintes de dunas móveis. Zona litorânea. de Bitupita.

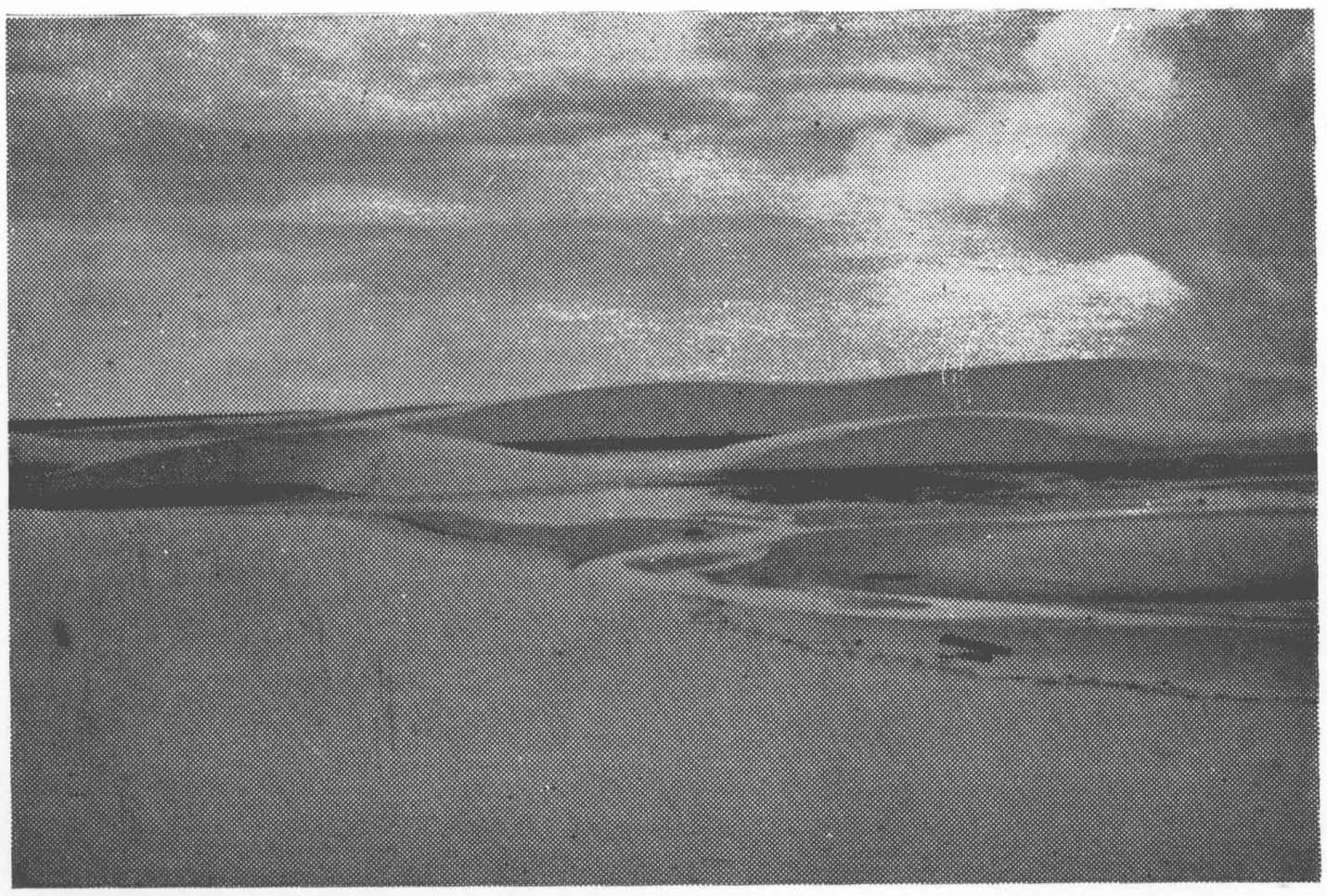


Foto 30 — Dunas móveis tipo barcana, no litoral maranhense. Sul das Ilhas Canárias, no muncípio de Araioses.

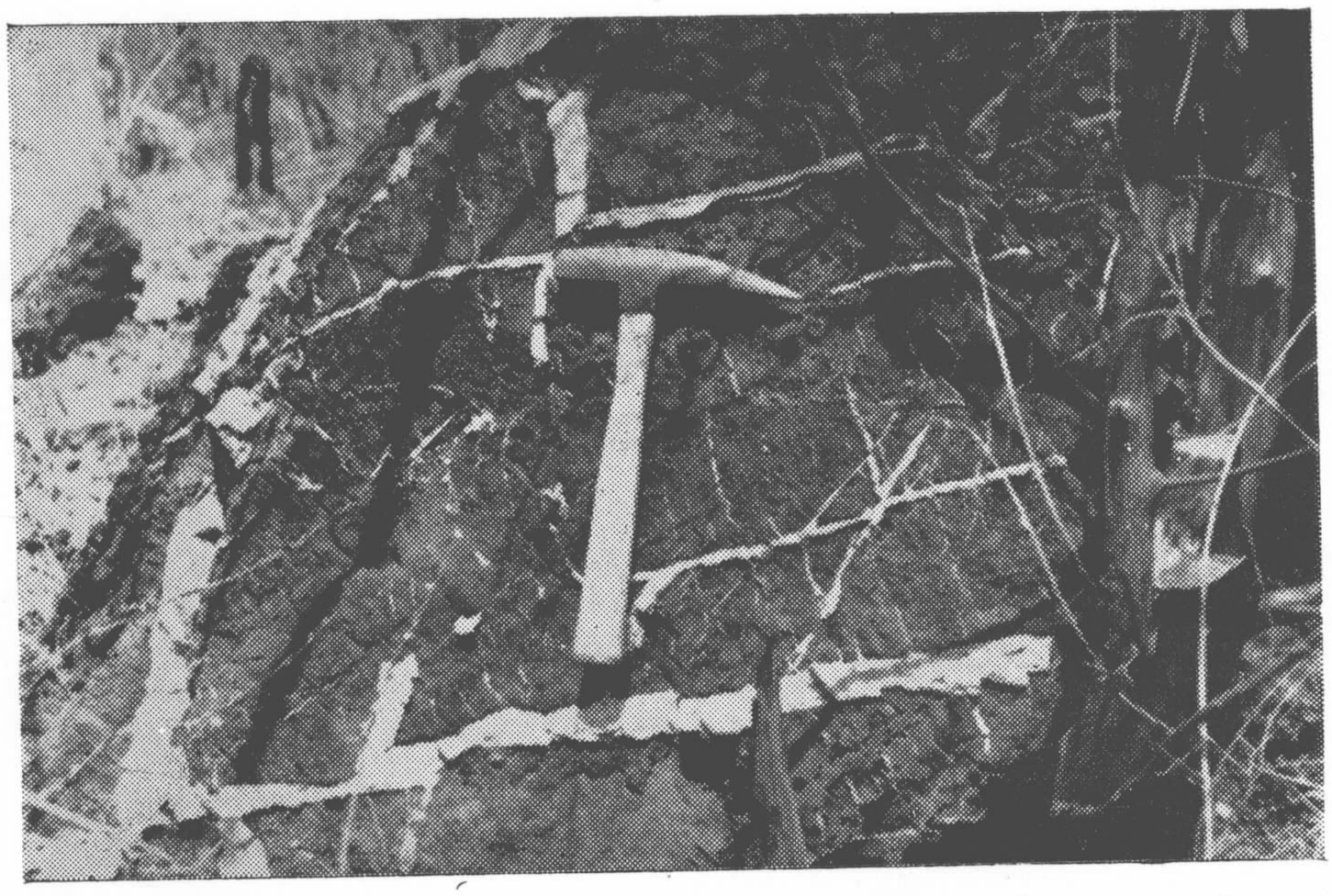


Foto 31 — Bloco de minério de manganês recortado por veios de quartzo leitoso, preenchendo sistema de fraturas. Ocorrência de manganês da Fazenda Oitis, na escarpa da Serra da Ibiapaba, à sudoeste de Ibuguaçu.

# PROJETO JAIBARAS - VOL. I

## ERRATA

Em todos os volumes, onde aparecem as palavras ARCOSEOS, METASILTITO, A GEOSINCLINAL, MIOGEOSINCLINAL, A SINCLINAL, leia-se respectivamente ARCÓZIOS, METASSILTITOS, O GEOSSINCLINAL, MIOGEOSSINCLINAL, O SINCLINAL.

| Pág. | Alínea | Onde se lê | Leia-se |
|---|---|---|---|
| 13 | 26 | memebros | membros |
| 26 | 18 | desencandeou-se | desencadeou-se |
| 27 | 28 | epeirogenica | epirogênica |
| 42 | 14 | limitrófe | limítrofe |
| 82 | 14 | ocupa | ocupam |
| 111 | 6 | Pacuja | Pacujá |
| 113 | 18 | vulcanica | vulcânica |
| 148 | 9 | caulinisado | caulinizado |
| 159 | 23 | branquiopodos | braquiopodos |
| 169 | 8 | formação Enxu | formação Exu |
| 172 | 6 | argilisados | argilizados |
| 180 | 15 | conspicuamento | conspicuamente |
| 198 | 5 | tectonia | tectônica |
| 210 | 28 | pro unda | profunda |
| 211 | 5 | precurssora | precursora |
| 212 | 15 | sineclice | sinéclise |
| 241 | 27 | elongadas | alongadas |
| 247 | 2 | ferra | ferro |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Foto 1 - legenda | - | alínea 1 | |
| | | sobressae | sobressai |
| Foto 3 - legenda | - | alínea 1 | |
| | | à direita da foto | à esquerda da foto |