MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

CONVÊNIO CNEN - CPRM

PROJETO BUENA

PESQUISA DE MINERAIS PESADOS NO LITORAL DE ITABAPOANA - RJ

TEXTO

VOLUME I

Pedro A. Couto

Aramis P. Gomes

Rafael A. Neto

CPRM

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

DIRETORIA DE OPERAÇÕES

AGÊNCIA SALVADOR

1974

CPRM

I-9C

CPRM
SUREMI
SEDOTE
ARQUIVO TÉCNICO
Relatório n.º 450 - S
N.º de Volumes: 12 V.: 1

CPRM

PROJETO BUENA

PESQUISA DE MINERAIS PESADOS NO LITORAL DE ITABAPOANA - RJ

Chefe do Projeto	*Pedro A. Couto*	*(geólogo)*
Equipe Executora	*Aramis P. Gomes*	*(geólogo)*
	Rafael Avena Neto	*(geólogo)*
	Osmar Medeiros	*(téc. em min.)*
	Raymundo Falcão	*(téc. em min.)*
	Geraldo Rezende	*(téc. em min.)*
Colaboração Especial	*A. C. Motta*	*(geofísico)*
	José Gomes	*(eng. de minas)*
	Paulo Gomes	*(eng. de minas)*
	Nagib Chamon	*(geofísico)*
	Frederico Lange	*(eng. de minas)*
	Raymundo Sá Filho	*(geólogo)*
Supervisão Técnica	*Inácio Delgado*	*(geólogo – DIGEC / SA)*
	Jayme B. Gusmão	*(eng. de minas DEGEC / DO)*
Representante CBTN	*Aladar B. Molnar*	*(geólogo)*

CPRM

PROJETO BUENA

PESQUISA DE MINERAIS PESADOS NO LITORAL DE ITABAPOANA — RJ

RELATÓRIO FINAL

ÍNDICE DOS VOLUMES

Vol. I — TEXTO

Vol. II — ANEXOS

Mapas de Localização dos Corpos Mineralizados

Mapas Cintilométricos

Vol. III — ANEXOS

Mapas de Gama Total

Mapas de Gama Residual

Vol. IV — ANEXOS

Mapas de Isoteor de Minerais Pesados

Vol. V — ANEXOS

Mapas de Isoteor de Ilmenita

Vol. VI — ANEXOS

Mapas de Isoteor de Monazita

Vol. VII — ANEXOS

Mapas de Isoteor de Zirconita + Rutilo

Vol. VIII — ANEXOS — PARTE I

Tabelas de Cálculo de Reservas

Vol. VIII — ANEXOS — PARTE II

Tabelas de Cálculo de Reservas

Vol. VIII — ANEXOS — PARTE III

Tabelas de Cálculo de Reservas

Vol. IX — ANEXOS — PARTE I

Documentação

Vol. IX — ANEXOS — PARTE II

Documentação

SUMÁRIO

RESUMO..... 1
ABSTRACT..... 3
1. INTRODUÇÃO..... 5
1.1 - Generalidades..... 6
1.2 - Histórico..... 8
1.3 - Objetivos..... 9
1.4 - Agradecimentos..... 10
2. ÁREA DE ATUAÇÃO..... 11
2.1 - Localização e Acesso..... 12
2.2 - Aspectos Sócio-Econômicos..... 14
2.3 - Aspectos Fisiográficos..... 15
2.4 - Aspectos Geomorfológicos..... 18
3. GEOLOGIA REGIONAL E LOCAL..... 25
3.1 - GRUPO BARREIRAS..... 26
3.1.1 - Estratigrafia do Grupo Barreiras 26
3.1.2 - Grupo Barreiras na Área do Projeto..... 31
3.2 - DEPOSIÇÕES EM AMBIENTES PRAIAIS..... 48
3.2.1 - Revisão de Conceitos..... 48
3.2.2 - Depósitos Praiais na Área do Projeto..... 55
4. METODOLOGIA EMPREGADA..... 56
4.1 - Topografia..... 57
4.2 - Radiometria..... 59
4.3 - Malha de Amostragem..... 65
4.4 - Amostragem Manual..... 69

4.5 - Sondagem Mecânica..... 72
4.6 - Análises..... 73
4.7 - Ensaios de Aplicação de Outros Meto - dos Geofísicos..... 78
4.7.1 - Eletrorresistividade..... 81
4.7.2 - Magnetometria..... 83
4.7.3 - Sísmica de Refração..... 88
4.8 - Dados Físicos de Produção..... 96

5. PESQUISA DOS DEPÓSITOS..... 107
5.1 - Radiometria..... 108
5.2 - Configuração dos Corpos Mineralizados 109
5.3 - Mineralogia das Concentrações..... 110
5.3.1 - Análises Químicas..... 127
5.3.2 - Análises Estatística Granulo- métricas..... 132
5.3.3 - Morfoscopia dos Minerais Pesa dos..... 154
5.4 - Avaliação das Reservas..... 157
5.4.1 - Porosidade..... 157
5.4.2 - Densidade..... 157
5.4.3 - Cálculo das Reservas..... 158

6. ECONOMIA MINERAL..... 169
6.1 - Ilmenita e Rutilo..... 170
6.1.1 - Generalidades..... 170
6.1.2 - Mineralogia..... 171
6.1.3 - Usos e Consumos..... 173
6.1.3.1 - Mercado Internacional.. 177
6.1.3.2 - Mercado Nacional..... 187
6.2 - Monazita..... 197
6.2.1 - Generalidades..... 197

6.2.2 - Mineralogia..... 198
6.2.3 - Usos e Consumos..... 199
6.2.3.1 - Mercado Internacional. 202
6.2.3.2 - Mercado Nacional..... 205
6.3 - Zirconita..... 209
6.3.1 - Generalidades..... 209
6.3.2 - Mineralogia..... 211
6.3.3 - Usos e Consumos..... 211
6.3.3.1 - Mercado Internacional. 212
6.3.3.2 - Mercado Nacional..... 214
7. APROVEITAMENTO DAS CONCENTRAÇÕES..... 219
7.1 - Lavra..... 220
7.2 - Beneficiamento CBTN..... 221
7.3 - Industrialização CBTN..... 223
8. CONSIDERAÇÕES GENÉTICAS..... 233
9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... 237
10. BIBLIOGRAFIA..... 243
11. ILUSTRAÇÕES FOTOGRÁFICAS..... 248

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área do projeto 13

Figura 2 - Tipos climáticos. Brasil - região leste..... 16

Figura 3 - Mapa isoietal..... 17

Figura 4 - Litoral brasileiro. Aspectos físicos gerais..... 20

Figura 5 - Mapa regional batialtimétrico..... 23

Figura 6 - Esquema de sedimentação litorânea..... 24

Figura 7 - Perfis radio-geológico. Falésia Ponta do Retiro..... 33

Figura 8 - Mapa de localização da sondagem no Grupo Barreiras..... 36

Figura 9 - Esboço geológico..... 49

Figura 10 - Programa NST (relacionamento entre os subprogramas)..... 62

Figura 11 - Malhas de amostragem..... 68

Figura 12 - Fluxograma I. Amostras representativas dos furos. Separação e análise..... 74

Figura 13 - Fluxograma II. Amostras representativas dos blocos. Separação e análise... 75

Figura 14 - Fluxograma III. Amostras representativas dos corpos. Separação e análise... 76

Figura 15 - Quarteamento pelo método do cone..... 79

Figura 16 - Separador eletro-magnético Frantz isodinâmico..... 79

Figura 17 - Mapas magnetométrico e de isoteor. Guaxindiba..... 85

Figura 18 - Mapas magnetométrico e de isoteor. Asmos..... 86

Figura 19 - Mapas magnetométrico e de isoteor .Largo..... 87
Figura 20 - Sísmica de refração. Dispositivo e programa de tiro..... 89
Figura 21 - Sísmica de refração. Distribuição dos geofones..... 90
Figura 22 - Sísmica de refração. Perfil Guaxindiba 94
Figura 23 - Sísmica de refração. Perfil Asmos..... 95
Figura 24 - Sísmica de refração. Dados comparativos com profundidades de amostragem... 97
Figura 25 - Perfil. Largo. Linha LO..... 111
Figura 26 - Perfil. Asmos. Linha A 28..... 112
Figura 27 - Perfil. Asmos. Linha A 40..... 113
Figura 28 - Histogramas. Salinas..... 133
Figura 29 - Histogramas. Caveira..... 134
Figura 30 - Histogramas. Samambaia..... 135
Figura 31 - Histogramas. Boa Esperança..... 136
Figura 32 - Histogramas. Caçador..... 137
Figura 33 - Histogramas. Atalhos..... 138
Figura 34 - Histogramas. Guriri..... 139
Figura 35 - Histogramas. Ponta do Retiro I..... 140
Figura 36 - Histogramas. Ponta do Retiro II..... 141
Figura 37 - Histogramas. Lago Doce I..... 142
Figura 38 - Histogramas. Lago Doce II..... 143
Figura 39 - Histogramas. São Francisco..... 144
Figura 40 - Histogramas. Cutinguta II..... 145
Figura 41 - Histogramas e curvas acumulativas. Guaxindiba (Fração ilmenita e retidos)... 146
Figura 42 - Histogramas e curvas acumulativas. Guaxindiba (Fração monazita e zirconita + rutilo)..... 147

Figura 43 - Histogramas e curvas acumulativas. Asmos (Fração ilmenita e retidos)..... 148
Figura 44 - Histogramas e curvas acumulativas..... 149
Figura 45 - Principais produtores mundiais de concentrados de ilmenita..... 183
Figura 46 - Produção mundial de concentrados de ilmenita..... 184
Figura 47 - Projeção da demanda para rutilo..... 186
Figura 48 - Produção de concentrados de rutilo.... 191
Figura 49 - Produção de ilmenita. Brasil..... 195
Figura 50 - Tório. Gráfico tempo-preço..... 205
Figura 51 - Produção de monazita (1961/72)..... 207
Figura 52 - Produção de zirconita. Brasil..... 216
Figura 53 - Fluxograma de produção..... 222
Figura 54 - Fluxograma linha de monazita..... 225
Figura 55 - Fluxograma linha de zirconita..... 227
Figura 56 - Fluxograma linha de ilmenita e rutilo 229
Figura 57 - Produção de ilmenita. Usina Barra de Itabapoana (CNEN-CBTN)..... 231
Figura 58 - Produção de monazita. Usina Barra de Itabapoana (CNEN-CBTN)..... 231
Figura 59 - Produção de zirconita. Usina Barra de Itabapoana (CNEN-CBTN)..... 232
Figura 60 - Produção de rutilo. Usina Barra de Itabapoana (CNEN-CBTN)..... 232

CPRM

LISTA DE TABELAS

Tabela I - Semi-amplitude e altura de maré... 21

Tabela II - Posição estratigráfica do Grupo Barreiras..... 28

Tabela III - Perfis radiométricos. Falésia Ponta do Retiro..... 34

Tabela IV - Sondagem. Guaxindiba WS - X 18.4.. 37

Tabela V - Sondagem. Manguinhos WS - M 10.1.. 38

Tabela VI - Sondagem. Caveira WS - V 16.1..... 39

Tabela VII - Sondagem. Largo WS - L 10.4..... 40

Tabela VIII - Sondagem. Largo WS - L 42.3..... 42

Tabela IX - Sondagem. Guriri WS - G 58.3..... 44

Tabela X - Sondagem. Ponta do Retiro WS-PR... 45

Tabela XI - Sondagem. Asmos WS - A 5.2..... 46

Tabela XII - Sondagem. Cutinguta II WS - U 78.2 47

Tabela XIII - Índices de estabilidade de alguns minerais..... 51

Tabela XIV - - Ordem de resistência de alguns minerais..... 52

Tabela XV - Assembléia característica dos mais comuns minerais pesados detríticos 54

Tabela XVI - Representação dos marcos indicativos dos corpos..... 58

Tabela XVII - Folha de codificação Fortran..... 63

Tabela XVIII - Separação eletromagnética Frantz.. 80

Tabela XIX - Sísmica de refração. Dados dos perfis-resultado dos cálculos..... 92

Tabela XX - Produção. Ensaios geofísicos..... 99

Tabela XXI - Produção. Radiometria..... 100

Tabela XXII - Simbologia dos mapas..... 101

Tabela XXIII - Análise mineralógica dos minerais pesados. Amostras representativas. 114
Tabela XXIV - Análise mineralógica. Fração fortemente magnética..... 119
Tabela XXV - Análise mineralógica. Fração fracamente magnética..... 121
Tabela XXVI - Análise mineralógica. Fração restante..... 123
Tabela XXVII - Análise mineralógica. Fração retidos..... 125
Tabela XXVIII - Análise quantitativa. Fração CBTN. Amostras representativas dos corpos..... 128
Tabela XXIX - Análise química. Ilmenita..... 129
Tabela XXX - Análise química. "Fração restante" (zirconita + rutilo)..... 130
Tabela XXXI - Análise estatística relativa. Granulometria..... 151
Tabela XXXII - Análise estatística relativa. Granulometria..... 152
Tabela XXXIII - Análise morfoscópica. Esfericidade 155
Tabela XXXIV - Análise morfoscópica. Arredondamento..... 156
Tabela XXXV - Densidades..... 159
Tabela XXXVI - Reservas. Minério acima de 5%..... 161
Tabela XXXVII - Reservas. Minério abaixo de 5%.... 162
Tabela XXXVIII - Reservas. Minerais Pesados acima de 5%..... 163
Tabela XXXIX - Reservas. Minerais Pesados abaixo de 5%..... 164
Tabela XL - Reservas. Retidos (minerais pesados acima de 5%)..... 165

Tabela XLI - Reservas. Ilmenita (minerais pesados acima de 5%..... 166
Tabela XLII - Reservas. Monazita (minerais pesados acima de 5%)..... 167
Tabela XLIII - Reservas Zirconita + Rutilo (minerais pesados acima de 5%)..... 168
Tabela XLIV - Minerais portadores de titânio... 172
Tabela XLV - Matéria prima mineral, especificação e preço..... 178
Tabela XLVI - Reservas mundiais de rutilo..... 179
Tabela XLVII - Produção mundial de concentrados de titânio - Ilmenita e rutilo... 180
Tabela XLVIII - Produção mundial de concentrados de ilmenita (1925 a 1970)..... 181
Tabela XLIX - Reservas mundiais de ilmenita.... 182
Tabela L - Principais países consumidores e consumo. Exportação de concentrados de ilmenita da Austrália..... 188
Tabela LI - Principais países consumidores e consumo. Exportação de concentrados de ilmenita da malásia..... 189
Tabela LII - Principais países consumidores e consumo. Exportação de concentrados de rutilo da Austrália..... 190
Tabela LIII - Importação brasileira de ilmenita, rutilo e derivados (1973)..... 193
Tabela LIV - Programação de produção TIBRÁS.. 194
Tabela LV - Tipos comerciais de rutilo..... 196
Tabela LVI - Reservas mundiais de monazita. (1968)..... 202
Tabela LVII - Reservas mundiais. Tório..... 204
Tabela LVIII - Reservas brasileiras de monazita.

Monazita detrítica em depósito praiais..... 206
Tabela LIX - Mercado para compostos de terras raras..... 208
Tabela LX - Compostos químicos obtidos pela USAM/CBTN a partir da monazita.... 210
Tabela LXI - Reservas mundiais. Zirconita..... 214
Tabela LXII - Produção mundial de zirconita..... 215
Tabela LXIII - Comércio exterior. Brasil - zirconita..... 216
Tabela LXIV - Distribuição dos setores compradores. CBTN - Zirconita..... 218
Tabela LXV - Compostos químicos obtidos pela USAM/CBTN a partir da zirconita... 228
Tabela LXVI - Reservas de Minerais Pesados dos Corpos..... 239

LISTA DE ILUSTRAÇÕES FOTOGRÁFICAS

Foto 1 - Leitos de concentrações de minerais pesados intercalados com material estéril. Jazida de Asmos..... 249

Foto 2 - Deposição em praia atual. Ponta do Retiro II..... 249

Foto 3 - Panorâmica da falésia "viva" na praia de Lagoa Doce..... 250

Foto 4 - Aspecto de lavra de Tipiti..... 250

Foto 5 - Vista de perfil do cordão litorâneo em Guaxindiba..... 251

Foto 6 - Falésia na praia de Lagoa Doce..... 252

Foto 7 - Detalhe da falésia mostrando concreções ferruginosas..... 252

Foto 8 - Praia atual confinada pela falésia..... 253

Foto 9 - Execução do perfil radiométrico na frente da falésia..... 253

Foto 10 - Levantamento cintilométrico prospectivo. 254

Foto 11 - Idem foto anterior..... 254

Foto 12 - Serviços topográficos em Asmos. Ao fundo trecho de falésia "morta"..... 255

Foto 13 - Amostragem a trado em Manguinhos..... 255

Foto 14 - Utilização de "sludge pump" em trecho de antepraia..... 256

Foto 15 - Praia atual. Amostragem a trado..... 256

Foto 16 - Operação com "sludge pump"..... 257

Foto 17 - Idem foto anterior..... 257

Foto 18 - Vista de uma picada transversal..... 258

Foto 19 - Execução do furo de sondagem WS-PR..... 258

Foto 20 - Sonda "Winkie" operando sobre plataforma. 259
Foto 21 - Sonda "Winkie" acoplada em veículo tipo "pick up"..... 259
Foto 22 - Testemunhos da sondagem no Grupo Barreiras..... 260
Foto 23 - Testemunhos do furo WS-L10.4..... 261
Foto 24 - Amostragem a trado mecânico. Ao fundo encosta de falésia..... 261
Foto 25 - Ensaio de sísmica de refração..... 262
Foto 26 - Idem foto anterior..... 262
Foto 27 - Ensaios magnetométricos em Guaxindiba.... 263
Foto 28 - Escritório do projeto na vila de Buena... 264
Foto 29 - Laboratório da CBTN em Buena..... 264
Foto 30 - Preparação das amostras no laboratório... 265
Foto 31 - Secagem das amostras nas dependências da usina..... 265
Foto 32 - Monazita (aumento aprox. 40 X)..... 266
Foto 33 - Ilmenita (aumento aprox. 40 X)..... 266
Foto 34 - Rutilo (aumento aprox. 40 X)..... 267
Foto 35 - Zirconita (aumento aprox. 100 X)..... 267
Foto 36 - Tipiti. Estação de tratamento com espirais de Humphreys..... 268
Foto 37 - Panorâmica da usina de Buena - CBTN..... 268
Foto 38 - Vista do forno da usina..... 269
Foto 39 - Estocagem das concentrações de minerais pesados..... 269
Foto 40 - Usina de beneficiamento da CBTN, em Buena 270

CPRM

RESUMO

Os trabalhos de avaliação desenvolvidos pelo Projeto Buena, convênio CNEN - CPRM, no litoral de Itabapoana, município de São João da Barra, Estado do Rio de Janeiro, visaram quantificar as reservas dos plácceres praiais de ilmenita, monazita, zirconita e rutilo.

Basicamente, as atividades constaram de amostragem sistemática a trado e "sludge pump" nos cordões arenosos, antecedida de levantamentos radiométricos prospectivos, aproveitando a presença da monazita associada. Foram estudadas, especialmente, anomalias com valores maiores que 100 cps do cintilômetro e 40 cps do gamâmetro. Em geral, estas anomalias definiram concentrações contendo mais que 5% de minerais pesados.

Os cordões de praias fósseis contêm os depósitos de maior interesse econômico da área.

Foram realizados testes de sísmica de refração e eletrorresistividade, no sentido de obter dados para definir a espessura das areias quaternárias superpostas aos sedimentos do Grupo Barreiras, com resultados satisfatórios para o primeiro método. Perfis magnetométricos executados transversalmente aos cordões arenosos indicaram contrastes entre as concentrações e o estéril.

O processamento do cálculo de reservas (medida, indicada e inferida) mostrou um total de 1,4 milhões de toneladas de minerais pesados contidos em zonas de concentrações superiores a 5% desses minerais.

CPRM

ABSTRACT

The purpose of the works developed by Projeto Buena was the evaluation of the reserves of ilmenite, monazite, zirconite and rutile in the beach sands at the shore of Itabapoana, Municipality of São João da Barra, in the State of Rio de Janeiro, Brazil.

The Projeto Buena was performed in the frame of an agreement between CPRM-CNEN/CBTN.

Because of the presence of monazite, radiometric measurements were used, as most suitable method to prospect the areas. The radiometry was followed by a systematic sampling using auger drill and sludge pump. Special attention was paid the anomalies higher than 100 cps, registered by the scintillometer, and to those higher than 40 cps, showed by the gamamater. It was found that such anomalies generally indicated concentrations with more than 5% of heavy minerals.

The economically most important deposits are related to the fossil off shore bars.

Further experimental geophysical works were performed using seismic refraction and electrorresistivity, in order to define the thickness of the quaternary sands wich overlap the sediments of the Grupo Barreiras; the refraction method was successful. In addition to this, a magnetometric prospecting was experimentally tried. The results showed some contrasts between the heavy minerals concentrations and the barren material.

The evaluation of the reserves (measured, indicated and inferred) reach a total amount of 1,4 millions ton of heavy minerals of zones of concentrations upper than 5% of these minerals.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Generalidades

As conhecidas "areias monazíticas", ocorrentes, principalmente, na faixa litorânea nordeste e leste do Brasil, são constituídas por assembléias de minerais de variada composição química e originadas de diversas fontes. Entretanto, tais minerais, possuem em comum uma grande estabilidade química e uma elevada resistência à abrasão.

Essa assembléia, comumente denominada de "minerais pesados", inclue os minerais detríticos estáveis, que podem ser separados por técnicas apropriadas de "Sink Float" em líquidos pesados como, por exemplo, o bromofórmio.

Os minerais pesados são constituídos de óxidos, silicatos, titanatos, columbatos, e menos frequentemente por fosfatos. Entre os mais comuns minerais pesados temos: zirconita*, rutilo, monazita, ilmenita, leucoxênio, magnetita, hematita, limonita, cromita e cassiterita. Acessoriamente, encontram-se turmalina, granada, estaurolita, cianita, espinélio, andalusita, zoisita, clinozoisita, epidoto, biotita e hornblenda.

De uma maneira geral, depósitos detríticos econômicos de minerais pesados são formados em zonas praiais, através de um processo de seleção executado pelo movimento de vaivém das ondas, efetuando assim, uma separação gravimétrica natural.

---

* Neste relatório usar-se-á o termo zirconita em substituição a zircão, visto ser aquele de uso consagrado pela CBTN.

Nos depósitos brasileiros de minerais pesados destacam-se, quantitativamente, a ilmenita, a zirconita, o rutilo e a monazita.

A monazita (fosfato de terras raras) pode conter até 18% de óxido de tório em sua composição. O tório foi bastante utilizado, no passado, para fabricação de camisas de lampiões a gás, antes do advento da luz elétrica. Atualmente, este elemento cresceu em importância devido a possibilidades de seu emprego em regeneradores de reatores nucleares, que se delineia como bastante promissora. Assim sendo, ele é no momento um subproduto da extração dos sais de terras raras, possuindo estes uma boa colocação no mercado mundial.

A zirconita (silicato de zircônio), utilizada na obtenção do metal zircônio, o qual possui elevada resistência à tração, alta dureza e propriedades refratárias, vem sendo empregada na obtenção de ligas metálicas, como abrasivo, anticorrosivo e também na fabricação de materiais refratários.

O rutilo (óxido de titânio) de grande procura no mercado internacional, é empregado na obtenção de titânio metálico, na fabricação de pigmentos e ainda na indústria de materiais cerâmicos. Devido à intensa produção atual, espera-se uma rápida exaustão dos jazimentos conhecidos.

A ilmenita (óxido de titânio e ferro) é outra fonte de titânio. Constitui matéria prima para a obtenção de dois tipos de dióxido de titânio comumente usados como pigmentos em várias indústrias.

Entre os grandes consumidores de dióxido de titânio destacam-se as indústrias de tintas,

de papéis, de borracha e metalúrgicas.

Até o ano dois mil, o crescimento da demanda do titânio-metálico será maior que o crescimento do titânio-pigmento, especialmente em face das exigências da indústria aeroespacial.

1.2 Histórico

Os depósitos de pláceres de minerais pesados contendo ilmenita, monazita, zirconita e rutilo, situados ao longo da faixa litorânea brasileira, são há muito conhecidos e lavrados. Apesar disso, poucos estudos sistemáticos de pesquisa foram desenvolvidos.

Os primeiros trabalhos executados nessas ocorrências, que se têm notícia, datam de 1884, quando John Gordon estudou os depósitos litorâneos de Caravelas e Prado, no Estado da Bahia.

A "Societé Miniére et Industrielle Franco - Brésilienne", em 1907, instalou em Itabapoana uma usina com separadores eletromagnéticos para tratamento das areias da região. Esta companhia enviava os concentrados de monazita para sua usina de beneficiamento químico em Clichy, França, onde depois de industrializados os produtos eram lançados no mercado europeu. Idêntico procedimento era adotado por grupos alemães, norte-americanos e ingleses, que aqui operavam.

Somente a partir da segunda metade do século XX, entidades governamentais e algumas empresas particulares efetuaram esporádicos trabalhos prospectivos e de avaliação, sem no entanto, definirem o total das reservas para toda a assembléia mineral passível de

uma extração econômica. Merecem destaque os estudos desenvolvidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, embora essas avaliações visassem, essencialmente, a quantificação das reservas de monazita associada aos outros minerais pesados.

A CNEN atendendo a uma solicitação do Departamento Econômico do BNDE elaborou um relatório estimando a reserva de ilmenita em 150 toneladas na faixa que se estende de Guaxindiba até o norte da cidade de Itabapoana*, acusando um teor médio de TiO_2 entre 52 e 54%. Este trabalho relaciona as jazidas de Samambaia e Largo como já parcialmente lavradas. Em 1966, técnicos dessa entidade efetuaram estudos nos depósitos do litoral de Itabapoana e concluíram que sob o ponto de vista do aproveitamento da monazita os teores apresentados não eram satisfatórios, apesar de terem sido desenvolvidos em trechos selecionados das concentrações. Os autores apontaram o setor de Tipiti, próximo ao rio Itabapoana, como o único com possibilidades de aproveitamento econômico.

Em fins de 1967, a CNEN considerou como reservas medidas de monazita nos litorais dos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia o total de 22.240 toneladas. Deste montante, o Estado do Rio (litoral de Itabapoana) participou com 11.770 toneladas.

1.3 Objetivos

O Projeto Buena, executado através do convênio CNEN - CPRM, foi desenvolvido no sentido de avaliar as reservas dos pláceres praiais de ilmeni-

* Conhecida localmente como Barra de Itabapoana.

ta, monazita, zirconita e rutilo, em áreas selecionadas e situadas na faixa litorânea compreendida entre a vila de Guaxindiba e a cidade de Itabapoana, município de São João da Barra, Estado do Rio de Janeiro.

A programação foi calcada em um anteprojeto expedido pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, conforme ofício CNEN/DEM 62/73 datado de 07 de fevereiro de 1973. Este anteprojeto além de estabelecer as diretrizes básicas, designou o geólogo Aladar Bernabé Molnar para acompanhar os trabalhos do projeto durante o seu desenvolvimento.

A partir das prescrições do citado anteprojeto foram entabulados entendimentos entre técnicos da CPRM e da CBTN, objetivando traçar diretrizes para o cumprimento das finalidades propostas.

Os trabalhos do projeto, além dos estudos de avaliação das reservas, constaram de investigações sobre as possibilidades de concentrações nos sedimentos do Grupo Barreiras e ensaios utilizando métodos geofísicos na determinação da espessura dos sedimentos arenosos praiais.

1.4 Agradecimentos

Os autores são gratos ao gerente da Usina de Buena (CBTN) Sr. Antônio Carlos de Andrade e sua equipe, pela prestimosa colaboração no transcorrer dos trabalhos de campo. Gratidão esta, que se estende ao pessoal de laboratório da CBTN, mais diretamente ao técnico Walter Vicentin, pela dedicação demonstrada na execução das análises mineralógicas.

2. ÁREA DE ATUAÇÃO

2.1 Localização e Acesso

A área de desenvolvimento do projeto situa-se entre as coordenadas de 21° 17' a 21° 29' de latitude sul e 40° 57' a 41° 05' de longitude oeste de "Greenwich". Compreendendo parte da zona litorânea do município de São João da Barra, Estado do Rio de Janeiro, mais precisamente o trecho entre a vila de Guaxindiba e a cidade de Itabapoana.

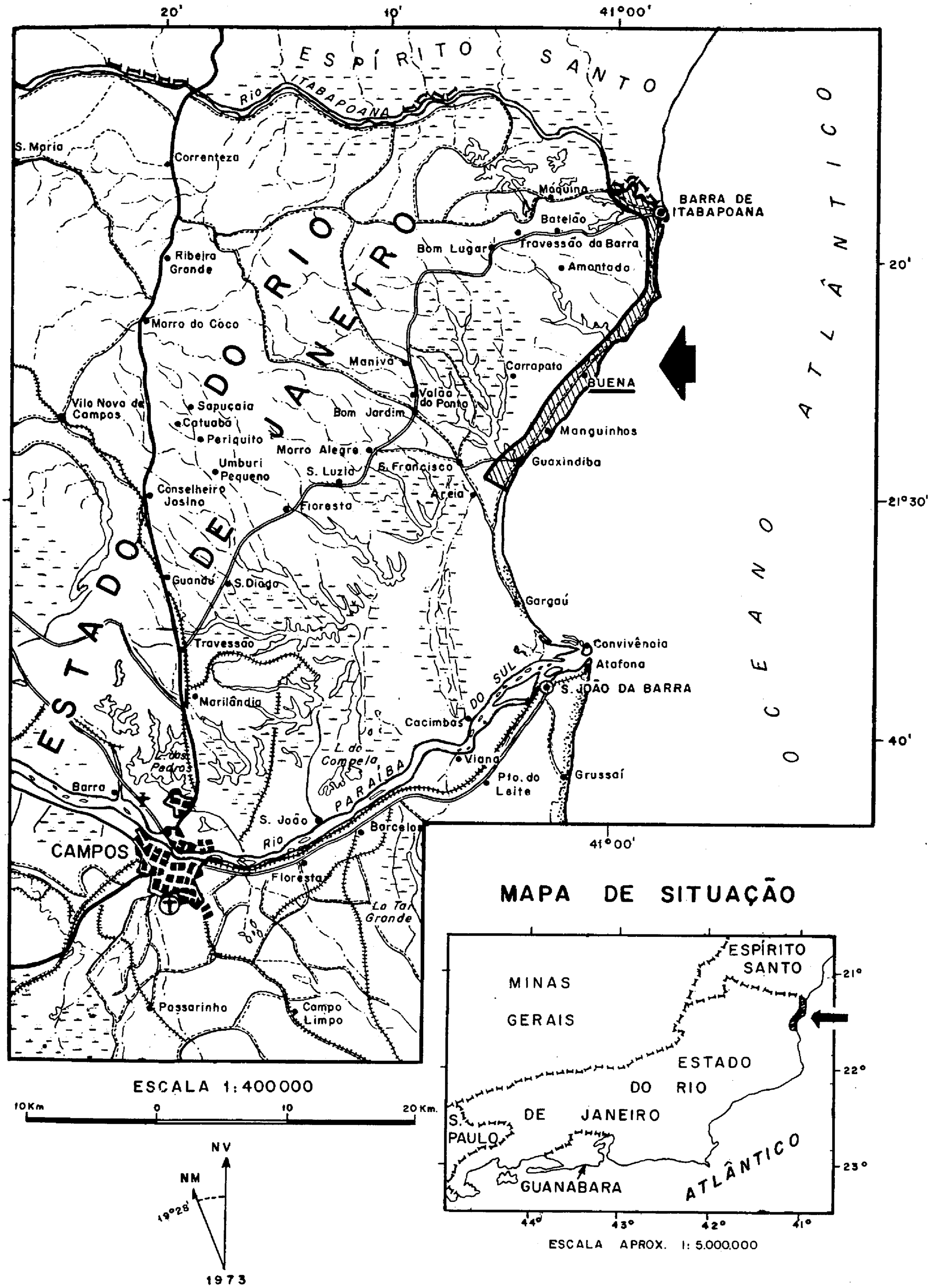
O acesso à área, por via terrestre, é feito através da rodovia federal BR-101 (pavimentada), até as proximidades de Travessão, município de Campos. A partir daí, faz-se conexão com a estrada que liga Travessão à Itabapoana (RJ-92), numa distância de cerca de 70 quilômetros de estrada carroçável. Desta, ramificam-se várias outras estradas secundárias com condições de tráfego, ligando-se assim a vários setores da região. Das estradas secundárias, a mais importante durante os trabalhos de campo, é a que interliga Itabapoana à Guaxindiba, passando por Buena. Esta estrada corta a área do projeto de norte a sul, nas proximidades dos corpos mineralizados.

O escoamento do minério é feito exclusivamente através da estrada RJ-92 que liga Itabapoana à BR-101 e daí até os principais centros industriais. No entanto, poderá ser ainda utilizado o transporte marítimo pelo porto de São João da Barra ou mesmo o transporte ferroviário, através da "Estrada de Ferro Leopoldina", que faz em Campos um movimentado entroncamento (fig. 1).

FIGURA 1

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO PROJETO

CPRM



2.2 Aspectos Sócio - Econômicos

São João da Barra é parte integrante do conjunto de municípios fluminenses. Atualmente, este município ostenta uma situação regularmente adiantada. Sua economia não depende exclusivamente, como no passado, da exploração agrícola.

A atividade econômica básica é a agrupecuária, seguindo-lhe em importância, a industrial. Dentre os produtos agrícolas cultivados, destacam-se a mandioca, a cana-de-açúcar, farinha de mandioca e bebidas em geral, especialmente aguardente.

Em outro plano econômico está a atividade extrativa ocupando tanto o setor mineral, envolvendo, destacadamente, rochas calcárias e areias monazíticas, quanto os setores animal e vegetal, concentrados na pesca e comércio de madeiras de lei e carvão.

O comércio de São João da Barra, apresenta um relativo movimento progressista. Mantém relações com várias praças circunvizinhas, porém é praticamente dependente da cidade de Campos, distante 22 km, onde quase todas as operações, principalmente bancárias, são realizadas.

São João da Barra possui um porto na Barra do Rio Paraíba, antigamente bem movimentado, e atualmente em estado de abandono, sendo somente utilizado por embarcações de pequeno porte e lanchas em serviço de cabotagem de reduzidíssimas proporções.

2.3 Aspectos Fisiográficos

A área do projeto está situada na zona fisiográfica da "Baixada dos Goitacazes", sendo esta uma vasta planície sedimentar, ao longo do litoral fluminense.

O relevo, em geral, caracteriza-se por pequenas elevações de encostas suaves. A altitude da sede do município de São João da Barra é de seis metros.

O clima é tropical, do tipo AW" (Koppen), quente e úmido, com duas máximas pluviométricas anuais além das chuvas de verão. Estas duas máximas ora se apresentam diferençadas dos totais do verão, ora com estes se confundem. Atualmente, o tipo AW" (Koppen), vem sendo denominado como clima Pseudo-Equatorial da costa oriental(fig 2). O regime pluviométrico anual oscila em torno de 1.000 mm, algumas vezes aumentado pelas precipitações provocadas pelas frentes frias polares (fig. 3).

A média térmica compensada da região é de 24°C, com 28°C na máxima e 20°C na mínima.

Como em todo litoral brasileiro, os terrenos que estão sujeitos à inundações periódicas pelas marés, os manguezais, apresentam teores elevados de sais e não podem ser considerados solos. Nos terraços marinhos arenosos, ligeiramente elevados, aparece, da praia para o interior, a sucessão rogossolo podzol hidromórfico. Nas partes baixas interiorizadas e nos vales fluviais ocorrem gleis húmicos e poucos húmicos, solos orgânicos, lateritas hidromórficas e aluviões.

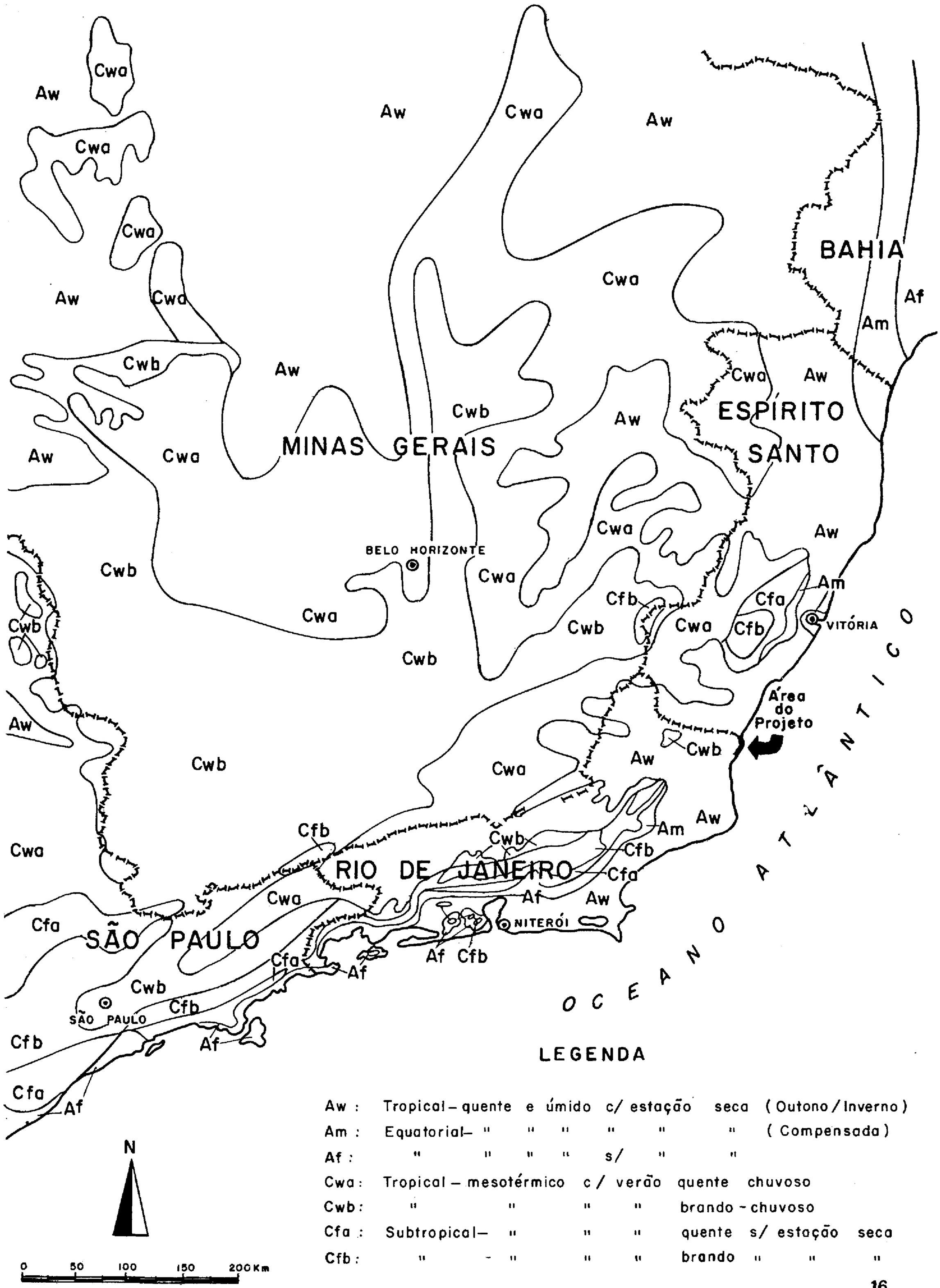
Nos terraços correspondentes ao Grupo Barreiras aparecem latossolos amarelos e alguns podzólicos vermelho-amarelados distróficos.

FIGURA 2

PROJETO BUENA

TIPOS CLIMÁTICOS

BRASIL - REGIÃO LESTE



LEGENDA

Aw :	Tropical – quente	e	úmido	c/	estação	seca	(Outono / Inverno)
Am :	Equatorial– "	"	"	"	"	"	(Compensada)
Af :	"	"	"	"	s/	"	"
Cwa :	Tropical – mesotérmico			c /	verão	quente	chuvoso
Cwb :	"	"		"	"	brando	- chuvoso
Cfa :	Subtropical– "			"	"	quente	s/ estação seca
Cfb :	" - "			"	"	brando	" " "

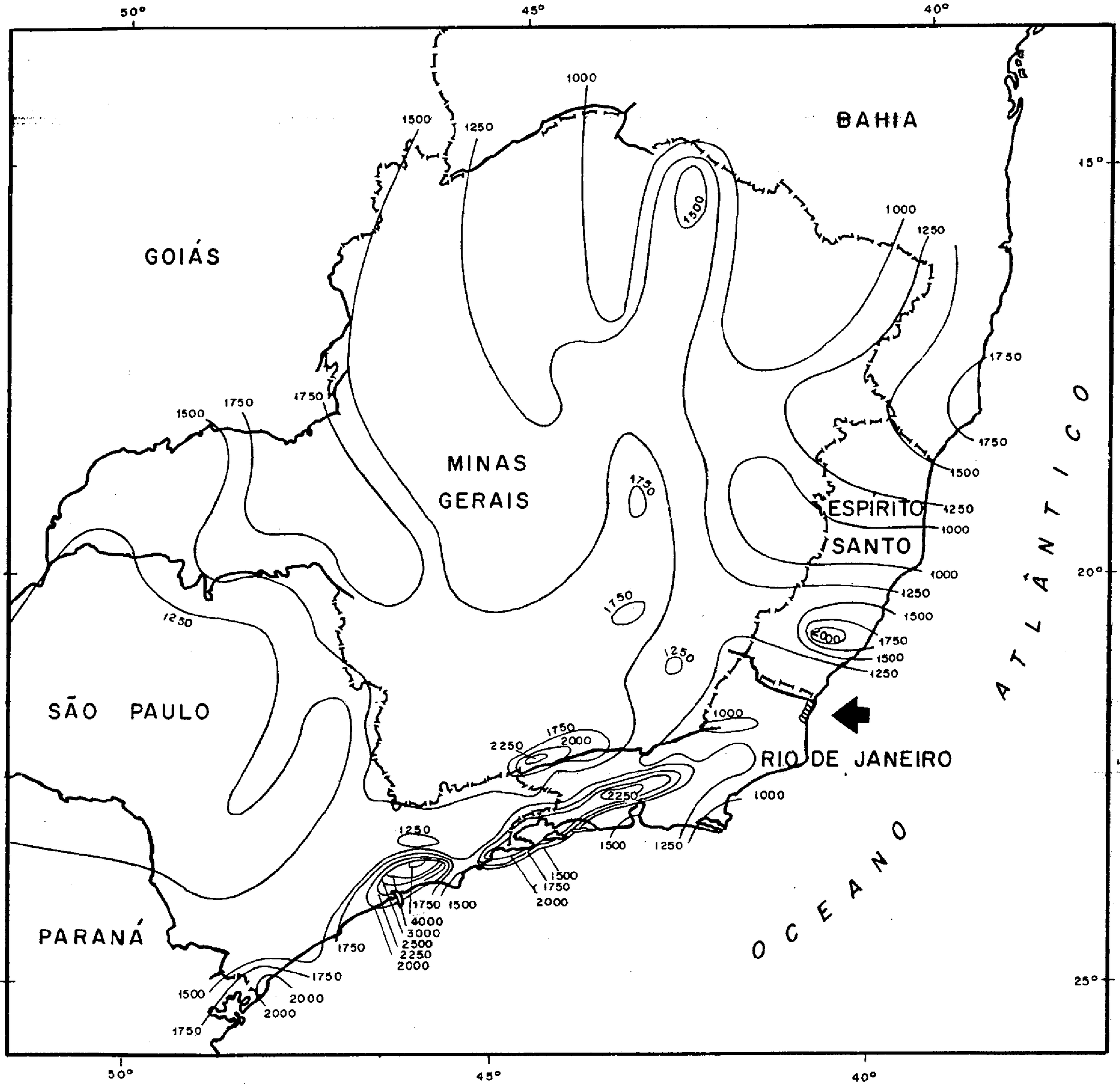
FONTE : IBGE – Atlas do Brasil, 1959

FIGURA 3

CPRM

MAPA ISOIETAL

PROJETO BUENA



NV

ESCALA.

0 50 150 250 Km

1974

LEGENDA

1750 ISOIETAS ANUAIS (mm)

ÁREA DO PROJETO

DIVISÃO INTERESTADUAL

FONTE: EDMON NIMER — R.BRAS.-GEOG., JAN./MAR.72

A vegetação é característica do litoral brasileiro, de norte a sul. Partindo-se da linha de maré mais alta, encontramos: vegetais típicos de praia, constituindo a vegetação pioneira das antedunas do tipo amarantácea. Mais para o interior, aparecem plantas psamófitas, as quais já exercem uma ação mais fixadora. São vegetais típicos como a salsa-da-praia, o picão-da-praia e gramíneas.

Nos cordões litorâneos, aparece o tipo de vegetação denominado jandu (denominação de LÖFGREN), que se apresenta formando um denso emaranhado. Conjuntamente aparecem plantas espinhentas, como as bromeliáceas e as cactáceas

A drenagem na região é representada significativamente pelo rio Itabapoana (ao norte) e o rio Paraíba (ao sul), que correm de oeste para leste.

O rio Itabapoana tem um trajeto meandroso, com vários canais secundários, formando extensas zonas alagadiças. Ocorre na região inúmeras lagoas, bem como drenagens pouco extensas resultantes da erosão regressiva, relativamente recente.

2.4 Aspectos Geomorfológicos

O litoral brasileiro, em virtude de sua grande extensão apresenta aspectos muito diversos. Estudos de detalhe mostram a existência de uma coleção enorme de paisagens. Isso indica que para a morfogênese do litoral, além dos fatos gerais, atuam circunstâncias locais, de função decisiva. Em linhas gerais o litoral brasileiro foi dividido em quatro regiões, que englobam cos-

tas com características mais ou menos idênticas. Na figura 4 observamos as regiões acima referidas.

Vários são os fatores que se interligam na modelagem da costa. Entre eles podem-se citar: as influências climáticas, as drenagens que chegam à costa, as condições apresentadas pelas formas do relevo continental, os deslocamentos do nível do mar e o estado de evolução das formas litorâneas.

A faixa de relevo submarino da plataforma continental varia em profundidades de 0 a 200m. A largura dessa plataforma é bastante irregular ao longo da costa. Em alguns trechos afasta-se do litoral por quase 300 km e em outros quase confunde-se com a linha de costa.

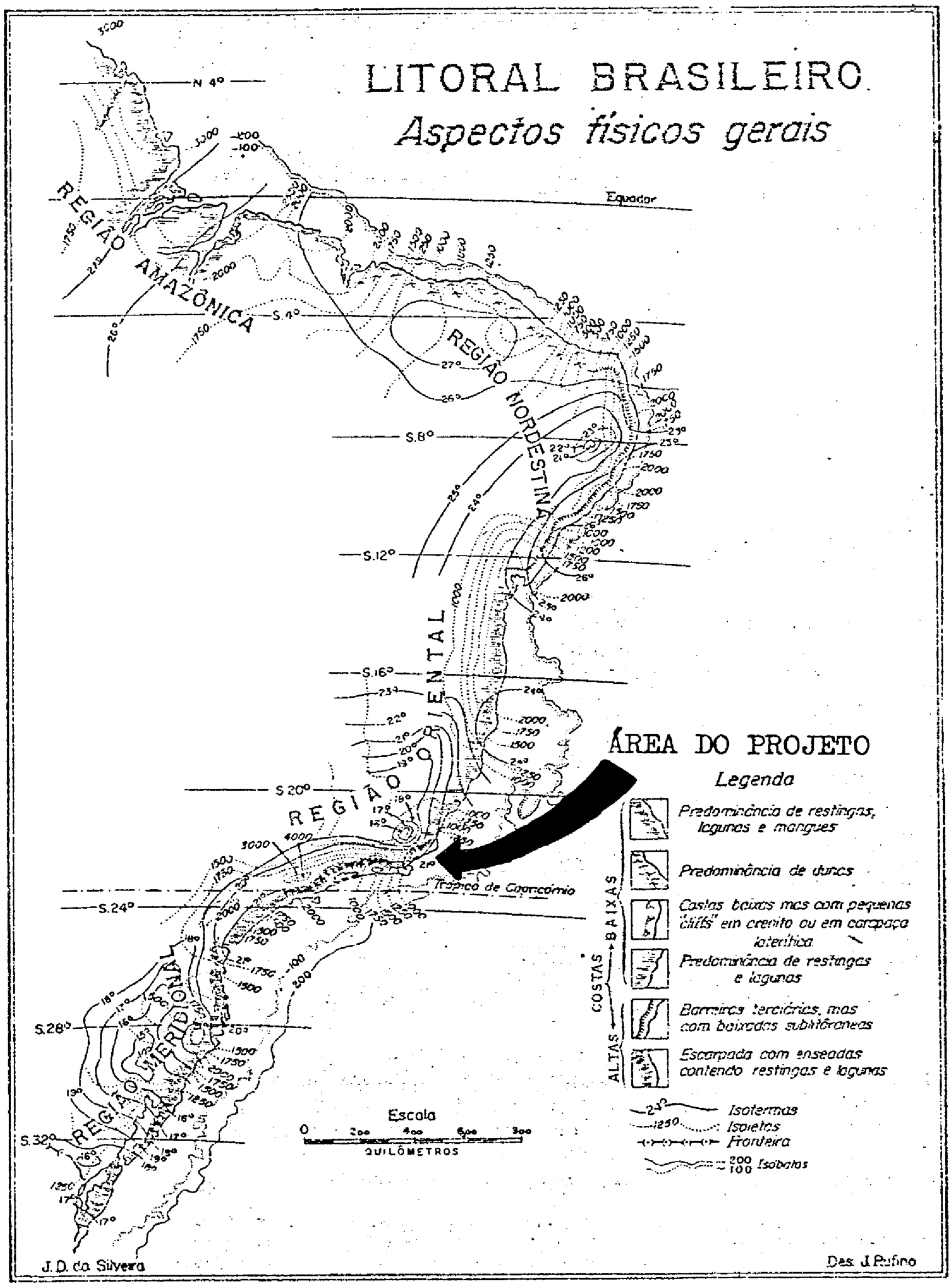
Na remodelação do litoral são as pequenas profundidades marinhas que assumem grande importância. Ao longo do nosso litoral elas se apresentam irregularmente.

Tomando-se a isóbata de 20 metros como limite de água rasa, veremos que esta ora afasta-se do litoral, ora aproxima-se. Convém salientar que a partir do Cabo Frio, a faixa compreendida pela isóbata de 20 metros alcança grande desenvolvimento.

No tocante à plataforma continental, um outro fator importante é a sua declividade, quanto mais suave maiores influências terá na remodelação do relevo litorâneo, principalmente, favorecendo a sedimentação.

A onda oceânica proveniente do Oceano Glacial Antártico, propaga-se transversalmente pelo Atlântico com velocidades atingindo a 1000 km por hora. Devido a fatores vários, esta onda, no Brasil meridional,

FIGURA 4



Fonte: Aroldo de Azevedo, 1968

propaga-se paralelamente à costa a uma velocidade de 125 km/hora, aumentando gradativamente até às costas nordestinas, onde uma onda secundária com velocidade de 62 km horários acompanha o litoral norte.

A verificação dos dados de semi-amplitude máxima e da altura de maré, (tab. I) em alguns portos da costa brasileira, mostram que tanto uma quanto a outra aumentam gradativamente para o norte e depois decrescem. Este fato demonstra a facilidade existente para a acumulação do material fluvial nas costas sul e sudeste e as dificuldades para tal acontecimento no litoral nordeste.

TABELA I

SEMI-AMPLITUDE E ALTURA DE MARÉ

POSTO	SEMI-AMPLITUDE MÁXIMA (metros)	ALTURA (metros)
Santa Cruz (RJ)	1,07	0,52
Cabo Frio	1,02	0,50
Salvador	1,59	1,08
Recife	1,55	1,12
Fortaleza	2,08	1,38
São Luis	3,90	3,06
Belém	1,85	-

Fonte: Aroldo de Azevedo, 1968

Na região litorânea amazônica não existem barreiras que dificultem a interligação do litoral com o interior. Geralmente a costa é baixa e a rede de drenagem que alcança a costa tem um pequeno gradiente.

Na região oriental o comportamento é diverso. As linhas de escarpas, do planalto atlântico oriental, afastam-se para o interior, formando entre

elas e a linha de costa, faixas de terras baixas, largas e geralmente recobertas por sedimentos recentes. Em maior ou menor escala, depósitos tidos como terciários ou terci-quaternários sob a forma de tabuleiros, aproximam-se da costa e acarretam o aparecimento de falésia.

A área do Projeto está compreendida da região oriental. Esta região se caracteriza pela presença de extensas restingas, que se apresentam ou isoladamente ou interligadas umas às outras, originando largas e extensas planícies ("beach ridge").

A formação destas restingas deve-se aos seguintes fatores:

- Pequena declividade da plataforma continental, que ocasiona pequenas profundidades. A isóbata de 20 metros, passa bastante afastada da costa (fig. 5);
- Pequena amplitude no movimento das marés, que dificilmente arrastam os sedimentos fluviais para a plataforma.
- Morfologia apropriada da linha de costa, em forma de amplas enseadas.

Todos estes fatores são altamente favoráveis à deposição dos sedimentos carreados pela drenagem. Nestas áreas a grande sedimentação provoca o recuo do mar, aumentando paulatinamente as planícies costeiras. A figura 6 mostra, esquematicamente, os vários níveis de sedimentação litorânea.

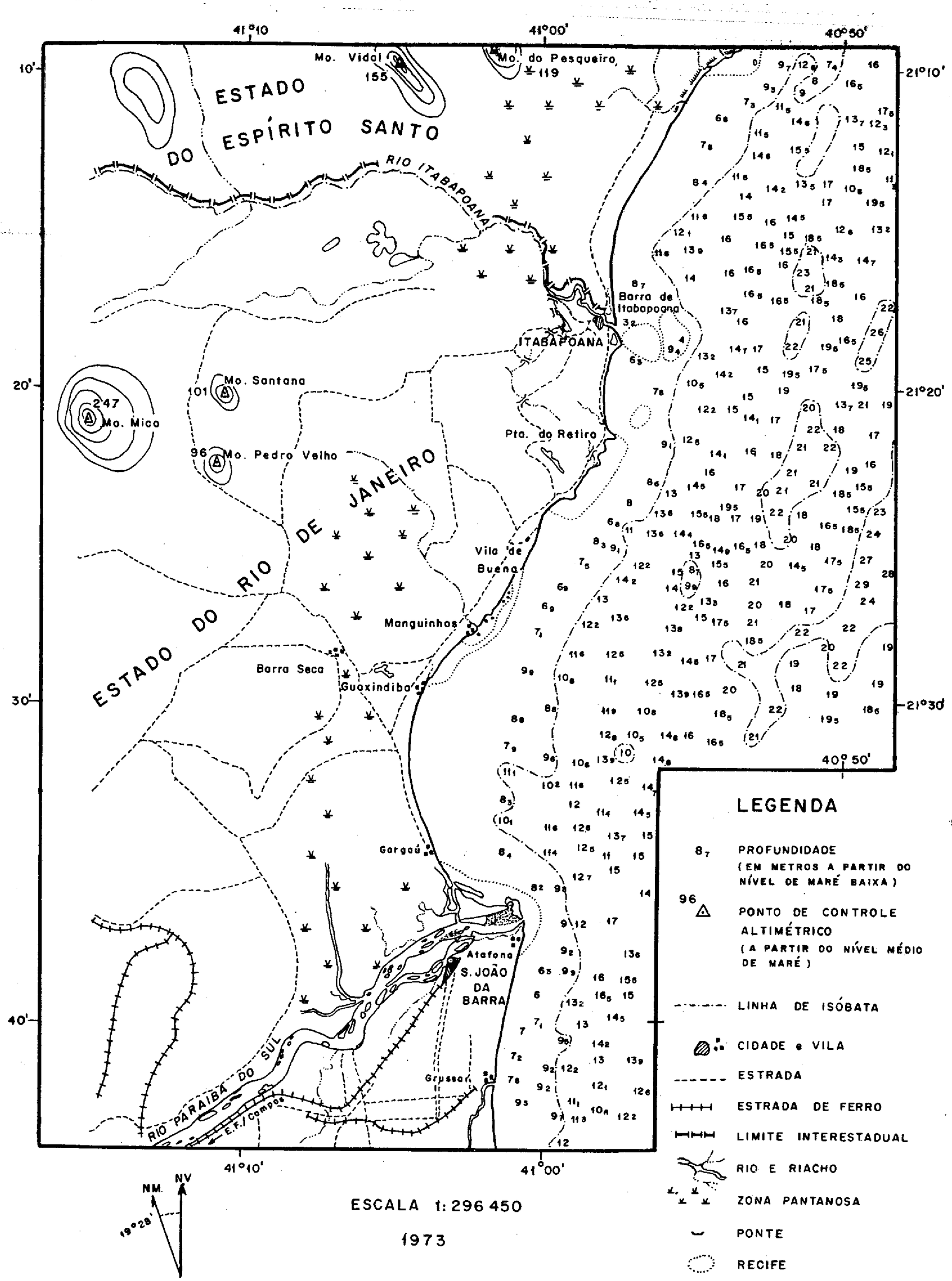
FIGURA 5

MAPA REGIONAL BATIALTIMÉTRICO

PROJETO BUENA

CPRM

AG. SALVADOR



BASE: MAPA BRASIL-COSTA LESTE Nº 1400 (MARINHA DO BRASIL / HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO)

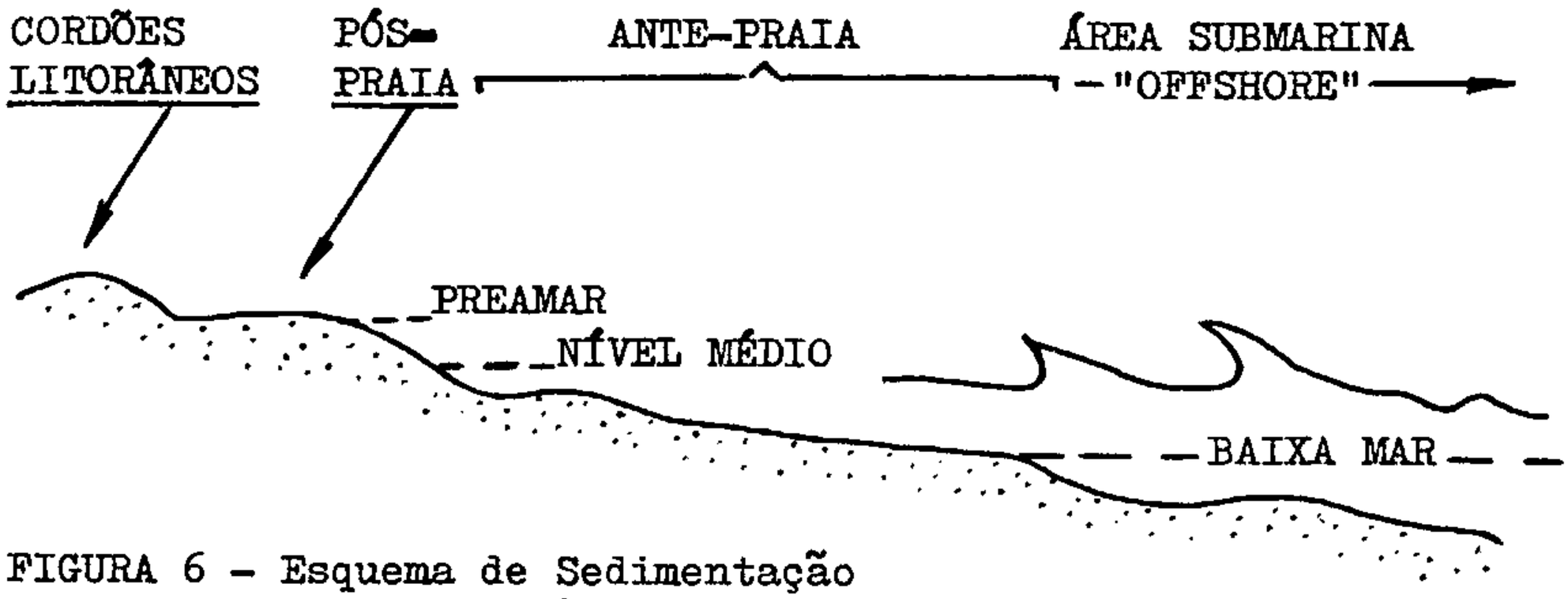


FIGURA 6 - Esquema de Sedimentação Litorânea

Falésias mortas ou fósseis são testemunhas da sedimentação elevada e do recuo do mar. Na área pesquisada, somente no trecho Ponta do Retiro e praia de Lagoa Doce podem ser vistos paredões formados pelos sedimentos do Grupo Barreiras, em contato direto com o mar. São as únicas falésias vivas ou atuais na área do projeto. E, quando na maré baixa, observa-se o processo de sedimentação ao pé dessas falésias.

Convém ressaltar, que as formações cristalinas não afetam as formas litorâneas atuais da área estudada.

3. GEOLOGIA REGIONAL E LOCAL

3.1 GRUPO BARREIRAS

3.1.1 Estratigrafia do Grupo Barreiras

Os sedimentos clásticos continentais, que afloram numa faixa litorânea desde o norte do Estado do Rio de Janeiro até o Pará, há muito que constitu em um problema estratigráfico.

Branner, em 1902, já nomeava de "Barreiras" às camadas argilosas variegadas aflorantes nas falésias ao longo da costa. O continuado emprego do termo tomou um significado estratigráfico sem que, se precisasse uma definição e uma localidade - tipo.

Oliveira e Leonardos (1943) citaram "série Barreiras". W. Kegel (1957), E. Oliveira e Andrade Ramos (1956) empregaram "formação Barreiras". Outros autores, precavidamente, preferiram optar por "Terciário Superior Individo" (Andrade, 1955) ou "Formações Cenozóicas Indiferenciadas" (Matoso e Robertson, 1959).

Somente em 1964, foi que Bigarella e Andrade sistematizaram, pela primeira vez,o problema "Barreiras". Estudando vários perfis desse tipo litológico nos arredores do Recife, estes autores, conseguiram individualizar duas formações: uma inferior, que denominaram Formação Guararapes e outra superior a que chamaram Riacho Morno, separadas uma da outra disconformemente. O conjunto foi designado de Grupo Barreiras.

Tal divisão foi posta em dúvida devido a dificuldades na distinção das duas formações, parecendo a outros autores, que a formação Riacho Morno seria apenas uma capa de intemperismo da Formação Guarara -

pes.

Através de estudos desenvolvidos pela SUDENE - ASMIC, em 1967 no vale do Jaguaribe, foram distinguidas, embora com dificuldades interpretativas, duas formações: Formação Barreiras e Formação Faceira. Para ambas não foi indicada uma localidade - tipo, nem tampouco posição estratigráfica.

Em vários estados, destacadamente o Rio Grande do Norte, foram descritos tipos litológicos identificáveis com o Barreiras, sendo insuficientes os estudos sistemáticos e detalhados para fins de correlação. Dentre as variações litológicas estudadas, figuram a Série Serra do Martins (Moraes, 1924). Infrabarreiras (Kegel, 1967), Formação Mossoró (Lins e Andrade, 1960) e Formação Solânea (Assis, 1967).

Estudos mais recentes de Campos e Silva, Mabesoone & Beurlen (1972) concluíram que, estratigraficamente, o Grupo Barreiras nos estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, se subdivide em três formações: Formação Serra do Martins, Formação Guararapes e Formação Macaíba.

A tabela II mostra a posição estratigráfica das unidades do Grupo Barreiras e suas prováveis idades, com bases em dados paleoclimáticos.

A Formação Serra do Martins, basal do Grupo Barreiras, tem sua seção-tipo na serra do mesmo nome situada no Estado do Rio Grande do Norte. Compõe-se de uma sequência arenosa a argilo-arenosa, geralmente com cores claras e espessura de até 50 metros.

A Formação Guararapes, engloba a Formação Guararapes e a Formação Riacho Morno de Bigarel-

TABELA II

POSIÇÃO ESTRATIGRÁFICA DO GRUPO BARREIRAS

PERÍODO	ÉPOCA \ UNIDADE		LITOESTRATIGRÁFICA	EDAFOESTRATIGRÁFICA
QUATERNÁRIO	HOLOCENO		areias brancas (?)	
			discordância	
	PLEISTOCENO	GRUPO BARREIRAS	FORMAÇÃO MACAÍBA	INTEMPERISMO POTENGI
			discordância	
TERCIÁRIO (CONTINENTAL)	PLIO-PLEISTOCENO		FORMAÇÃO GUARARAPES	INTEMPERISMO RIACHO MORNO
			discordância	
	OLIGO-MIOCENO		FORMAÇÃO SERRA DO MARTINS	INTEMPERISMO LATERÍTICO
			discordância	
TERC. (MARINHO) CRETÁCEO PRÉ-CAMBRIANO	SEDIMENTOS MARINHOS DO TERCIÁRIO			INTEMPERISMO CAULÍNICO
	SEDIMENTOS CRETÁCEOS			
	EMBASAMENTO CRISTALINO			

Fonte: Mabesoone, Campos e Silva & Beurlen, 1972 (modificado)

la & Andrade. Sua seção-tipo está nos morros Guararapes, em Recife. É constituída de sedimentos argilosos a síltico, areias arcosianas e arenitos vermelhos grosseiros. Após o período de deposição, os sedimentos dessa formação sofreram um processo de intemperismo com lixiviação e infiltração de óxidos de ferro formando uma capa endurecida denominada Riacho Morno. A Formação Guararapes é a melhor identificável no campo e constitui a maior parte das falésias nordestinas. Sua espessura está em torno de 40 metros.

A Formação Macaíba é constituída por areias brancas e areias argilosas de coloração clara. Assenta-se discordantemente sobre a Formação Guararapes e é bastante homogênea. Sua seção-tipo encontra-se na estrada Natal-Macaíba no Rio Grande do Norte e, possui uma espessura máxima de aproximadamente 20 metros.

Campos e Silva et alii, datar-ram as formações do Grupo Barreiras como abrangendo do Oligoceno Superior ao Pleistoceno Inferior. Esses autores citaram também a existência de areias brancas e de outras cores sotopostas à Formação Macaíba, que se acumularam desde o Pleistoceno Superior até o Holoceno.

Existem camadas do Grupo Barreiras no Pará repousando sobre a Formação Pirabas (calcários fossilíferos reconhecidamente do Mioceno), sugerindo uma idade do Mioceno Superior ao Pleistoceno.

No litoral sul da Bahia, o Grupo Barreiras mostra leitos argilosos idênticos às formações de Campos & Silva et alii (op. cit.), com idades de pliocênicas a pleistocênicas.

As observações estruturais,

texturais e mineralógicas dos sedimentos do Grupo Barreiras efetuadas por diversos autores, levam a crer, que a deposição dos sedimentos do referido grupo se deu sob regimes paleoclimáticos rigorosos, com enormes precipitações na área fonte concentradas em curtos períodos.

Notável influência desempenharam as oscilações climáticas, compreendendo clima tropical chuvoso a semi-árido, no caráter textural e estrutural destas formações envolvendo intensas lixiviações e oxidações.

O ambiente deposicional do Grupo Barreiras, segundo Ab'Saber (1968), parece ter sido de antigas planícies costeiras, hoje soerguidas, que se estendiam continuamente por todo litoral leste e nordeste. Os sedimentos que compõem este grupo foram destacados de rochas componentes do "interlands", através de processos de desintegração em clima semi-árido. O carreamento deste material para as zonas litorâneas, teria sido através de corrida de lama e/ou de areias. Estudos sedimentológicos desenvolvidos por Campos e Silva et alii (op. cit.) mostraram, que um tal transporte não se verificou na deposição das Formações Serra do Martins e Macaíba e, que mesmo a Formação Guararapes mostra uma grande quantidade de sedimentos fluviais. Isto faz provar, que o clima durante a deposição daquelas duas formações era, possivelmente, um clima bastante úmido e não seco, como se pensava. Caracteristicamente, toda a seqüência do Grupo Barreiras contem sedimentos feldspáticos, geralmente caulinizados. Concentrações de óxidos de ferro ocorrem associadas a leitos lixiviados deste material, fornecendo cores de várias matizes. A Formação Serra do Martins apresenta uma extensa silicificação, que somada aos caracteres descritos acima indica uma

fase siderolítica com transporte de material laterizado, em períodos relativamente estáveis, propiciando a formação de capas lateríticas, concluindo com uma fase de redeposição resistásica. As causas que provocaram este transporte e redeposição podem ser atribuídas a rupturas de equilíbrio, intercaladas às fases de estabilidade climática e tectônica. Estas quebras de equilíbrio foram provocadas, principalmente, por movimentação tectônica e/ou mudanças no clima. Ambos os eventos trouxeram consequências de mudanças geomórficas.

A imaturidade dos sedimentos da Formação Serra do Martins indica a proximidade da ocorrência à área de origem destes sedimentos. Com o afastamento das ocorrências desta formação da área fonte e conseqüentemente aproximação do litoral, os sedimentos se mostram com um maior grau de maturidade.

Mabesoone et alii (op. cit.), afirmam que os solos fornecedores de material para a Formação Serra do Martins foram derivados de rochas cristalinas e, que os solos provedores dos sedimentos para a Formação Guararapes foram as capas lateríticas, atualmente ainda presentes acima da Formação Serra do Martins, além de rochas cristalinas aflorantes na época.

Os sedimentos da Formação Macaíba foram produzidos às expensas do intemperismo Riacho Morno da Formação Guararapes e, também, de material trazido diretamente de rochas cristalinas.

3.1.2 Grupo Barreiras na Área do Projeto

Os sedimentos identificados

como pertencentes ao Grupo Barreiras formam, ao longo da parte norte da área estudada, extensas linhas de falésias de direção aproximadamente norte-sul, com desníveis ultrapassando, às vezes, a seis metros.

Algumas dessas escarpas se apresentam como "falésias mortas", recuadas até 500 metros da linha de praia atual. Em um trecho, que ultrapassa mil metros de extensão, elas se situam na linha de preamar, estando, por isto expostas ao contínuo trabalho das ondas, ao mesmo tempo em que confinam as areias praiais situadas entre elas e a linha de maré-baixa. Esta situação é um testemunho vivo do condicionamento ocorrido no passado, quando se desenvolveram os processos de formação das concentrações minerais atualmente contidas nos cordões litorâneos.

Considerando-se a semelhante paragênese mineral, conseguida através de idênticas circunstâncias de retrabalhamento e deposição, pode-se asseverar, que tanto os depósitos em formação como os dos cordões litorâneos pertencem a um mesmo litótopo.

Afastando-se, em direção ao continente, os sedimentos do Barreiras formam morros arredondados, não ultrapassando a cota de 20 metros. Mais para ocidente, fora dos limites da área do projeto, o Barreiras raramente se expõem além de 50 metros de altitude.

Visando definir o comportamento dos sedimentos do Grupo Barreiras como fontes potenciais de concentrações em minerais pesados foram executados perfis radiométricos, aproveitando a associação da monazita com os outros minerais pesados, nas frentes de falésia situadas a norte da Ponta do Retiro. Estes perfis foram complementados com uma breve descrição litológica (fig. 7 e tab.III).

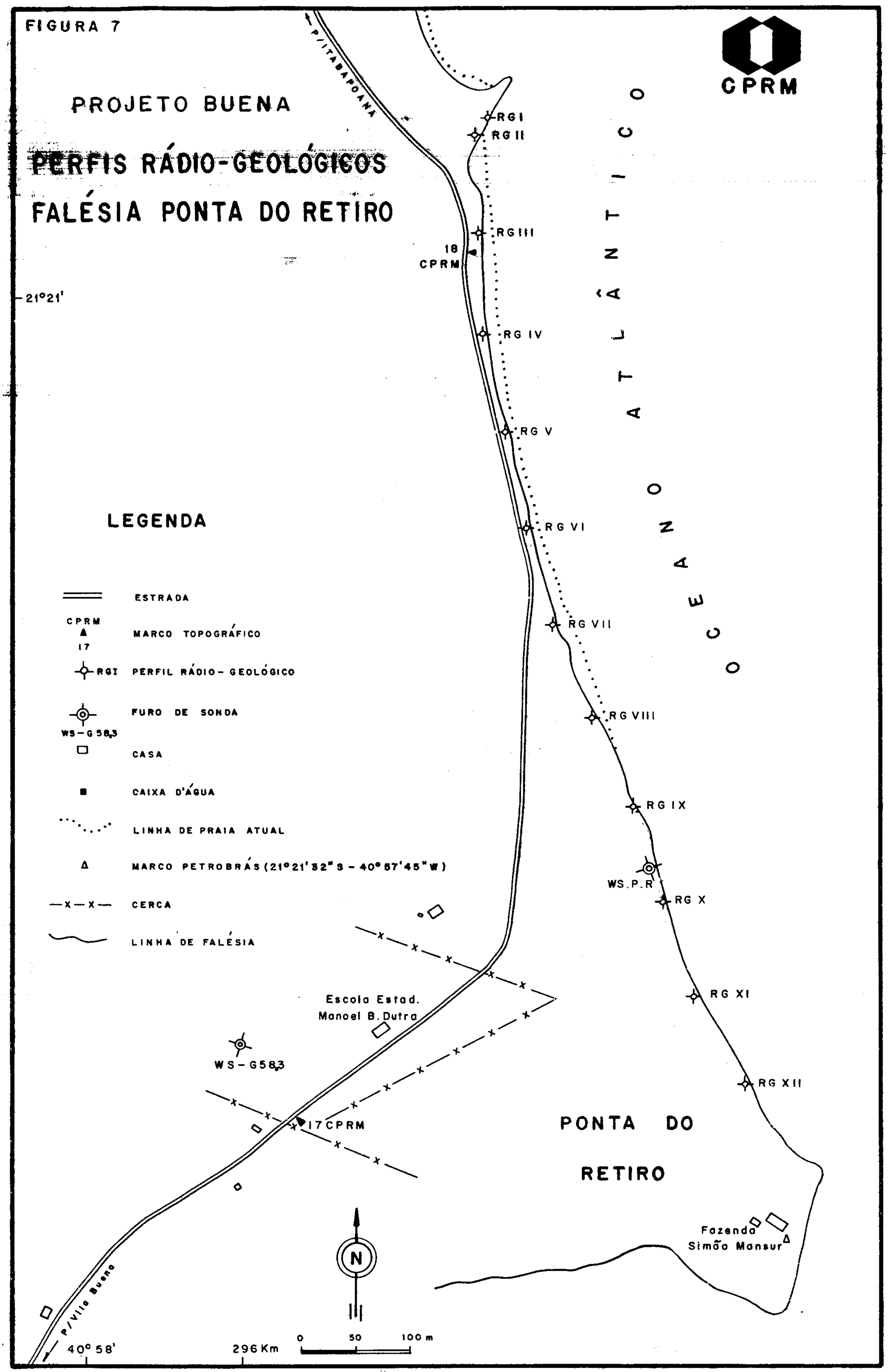


FIGURA 7
CPRM
PROJETO BUENA
PERFIS RÁDIO-GEOLÓGICOS
FALÉSIA PONTA DO RETIRO
P/ITABAPOANA
RG I
RG II
RG III
18 CPRM
RG IV
RG V
RG VI
RG VII
RG VIII
RG IX
WS.P.R
RG X
RG XI
RG XII
OCEANO ATLÂNTICO
21°21'
LEGENDA
ESTRADA
CPRM 17 MARCO TOPOGRÁFICO
RGI PERFIL RÁDIO-GEOLÓGICO
WS-G 58,3 FURO DE SONDA
CASA
CAIXA D'ÁGUA
LINHA DE PRAIA ATUAL
MARCO PETROBRÁS (21°21'32" S - 40°57'45" W)
CERCA
LINHA DE FALÉSIA
Escola Estad. Manoel B. Dutra
WS-G58,3
17 CPRM
PONTA DO RETIRO
Fazenda Simão Mansur
N
P/Vila Buena
40° 58'
296 Km
0 50 100 m

TABELA III

PROJETO BUENA

PERFIS RADIOMÉTRICOS

FALÉSIA PONTA DO RETIRO

PERFIL	NÍVEL	ESPESSURA (m)	RADIOMETRIA (cps)		LITOLOGIA
			CINTILÔMETRO	GAMÂMETRO	
RG I	1	1,40	110	39	SOLO ARGILO — ARENOSO ACINZENTADO
	2	0,30	110	25	NÍVEL CONGLOMERÁTICO
	3	1,00	95	24	ARGILA AMARELADA
	4	2,40	90	23	ARGILA AVERMELHADA C/ LATERITOS
	5	1,30	100	22	ARGILA VERMELHA
RG II	1	1,20	100	27	SOLO ARGILO — ARENOSO ACINZENTADO
	2	0,35	85	24	NÍVEL CONGLOMERÁTICO
	3	1,90	90	24	ARGILA AVERMELHADA
	4	0,70	75	35	ARGILA C/ CONCREÇÕES LATERÍTICAS
	5	1,40	75	50	ARGILA AVERMELHADA
RG III	1	0,80	160	32	SOLO ARGILOSO ACINZENTADO
	2	1,00	200	34	MATERIAL SILTOSO C/ NÓDULOS CAULINIZADOS
RG IV	1	0,40	160	34	SOLO ARGILOSO ESCURO
	2	0,60	245	30	ARGILA ACINZENTADA
RG V	1	0,60	170	36	SOLO CINZA ESCURO
	2	1,00	145	33	ARGILA ARENOSA AMARELADA
RG VI	1	0.80	160	35	SOLO ARGILOSO CINZA ESCURO
	2	0.90	110	27	ARGILA CINZA AMARELADA
RG VII	1	1,10	125	30	SOLO ARGILOSO CINZENTO
	2	1,50	130	29	ARGILA AMARELADA C/ALGUM CAULIM
RG VIII	1	1,40	115	28	SOLO ARGILOSO CINZENTO
	2	4,00	125	29	AREIA ARGILOSA ESBRANQUIÇADA
RG IX	1	2,10	450	52	SOLO ARENO — ARGILOSO
	2	1,40	1500	210	ARGILA ARENOSA AMARELO OCRE
	3	3,10	700	90	ARGILA ARENOSA CONTENDO SEIXOS
RG X	1	3,00	350	48	SOLO ARGILO — ARENOSO
	2	2,00	850	140	ARGILA ARENOSA C/PRESENÇA DE ÓXIDO DE FERRO
RG XI	1	2,30	170	31	SOLO ARGILOSO CINZA ESCURO
	2	0,40	210	38	ARGILA AMARELA ESCURA
	3	1,50	160	50	ARGILA C/ NÓDULOS AVERMELHADOS
RG XII	1	4,00	430	80	AREIA ESBRANQUIÇADA
	2	0,40	290	50	NÍVEL CONGLOMERÁTICO
	3	1,30	110	36	ARGILA ARENOSA AMARELADA
	4	0,60	170	23	ARGILA C/NÓDULOS CAULINIZADOS. PRESENÇA DE MATERIAL LATERÍTICO

Os valores radiométricos mais significativos foram regis - trados na execução dos perfis RG IX e RG X, onde medições cintilométricas de superfície haviam acusado, anteriormente, a extremidade Norte do corpo Guriri. A situação da área adjacente a estes dois perfis faz supor ter sido esta uma zona depressiva armazenadora de sedimentos lacustres, que através de um processo de inundação intercalaram-se com sedimentos arenosos marinhos. Com o posterior soerguimento da faixa litorânea aconteceu um novo acúmulo de material continental arenoso, mal selecionado e com baixo índice de arredondamento evidenciando que, a área fonte destes sedimentos não estava muito distante da zona de deposição.

A execução de um furo de sondagem (WS-PR) nesta área, veio apoiar a hipótese enunciada. Foram recolhidas amostras de calha de material arenoso intercalado com sedimentos argilosos no intervalo de 8,70 a 11,70 metros, contendo concentrações acima de 10% de minerais pesados. A 15 metros de profundidade foram recolhidos testemunhos de sondagem denunciando a presença de uma capa laterítica típica do Grupo Barreiras, que aflora nas adjacências, conforme demonstram as descrições dos perfis RGI, RGII e RGXII.

A investigação através de trabalhos de sondagem nos sedimentos do Grupo Barreiras (fig. 8 e tabelas IV a XII) acusaram concentrações de minerais pesados na faixa de transição dos sedimentos arenosos para o material essencialmente argiloso. Deve-se ressaltar que as análises foram executadas em amostras de calha e, assim sendo, esses números devem ser encarados como relativos, devido a concentrações ocasionadas durante a retirada da

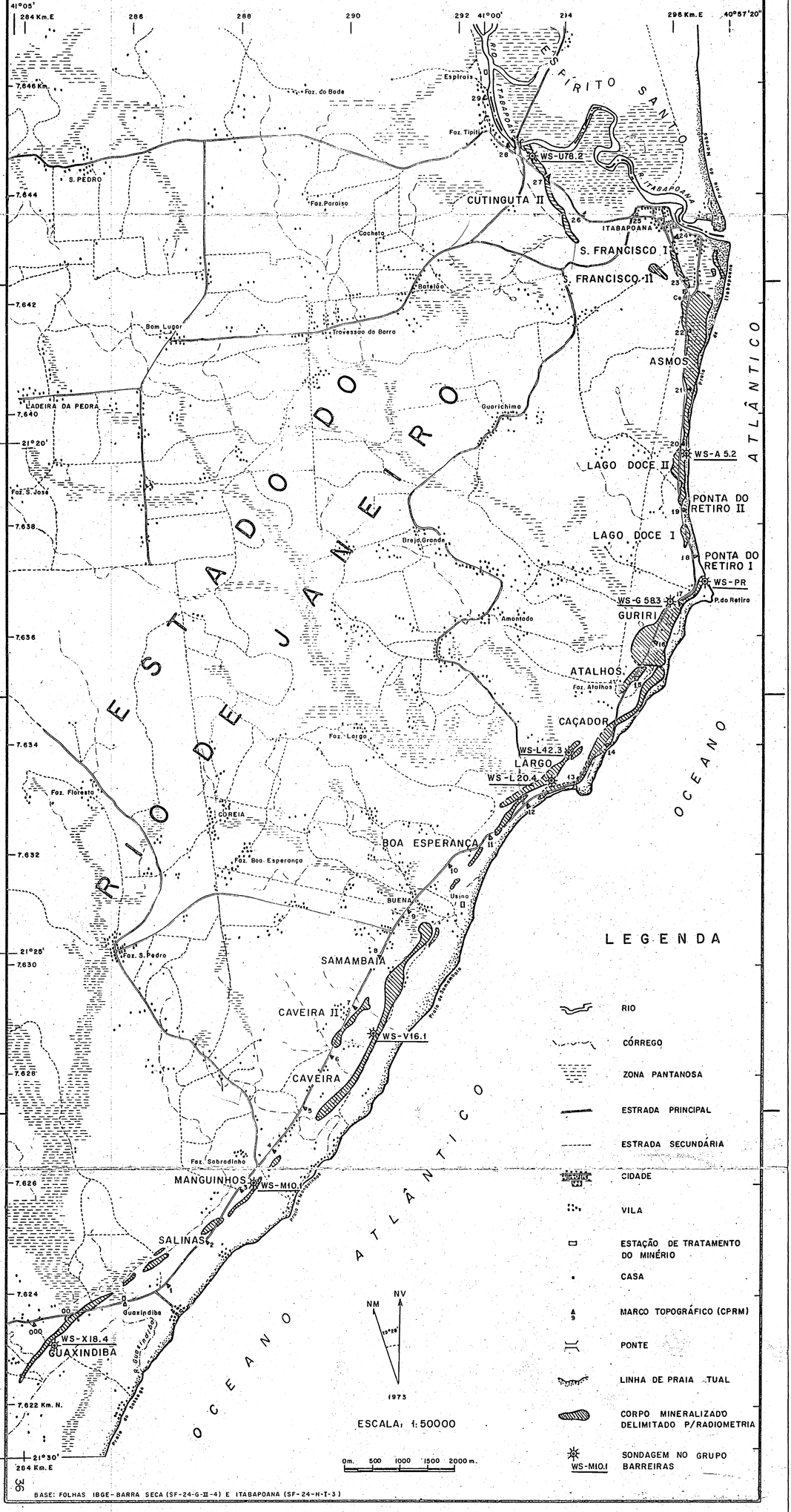
FIGURA 8

CPRM
AG-SALVADOR

CNEN
CBTN

PROJETO BUENA

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA SONDAGEM NO GRUPO BARREIRAS



BASE: FOLHAS IBGE-BARRA SECA (SF-24-G-II-4) E ITABAPOANA (SF-24-H-I-3)

TABELA IV

PROJETO BUENA

SONDAGEM

GUAXINDIBA

WS - X 18.4

PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO	ANÁLISE MINERALÓGICA (%)					OBS
		M. PESADOS	ILMENITA	MONAZITA	ZIRCONITA + RUTILO	RETIDOS #20	
0,00-7,00	Areia de granulação média contendo minerais pesados.	1,6					
7,00-8,10	Horizonte superior marcado por um nível conglomerático, associado a argila esbranquiçada. Em toda camada predomina argila cinza - esbranquiçada intercalada com níveis arenosos contendo minerais pesados.						**
8,10-9,40	Nível de composição predominantemente argilosa de coloração lilás, com intercalações arenosas. Cores variegadas devido a impregnações irregulares de óxidos de ferro.	0,5					*
9,40-11,00	Argila caulinizada de coloração esbranquiçada, bastante plástica e coerente						
11,00-12,00	Nível constituído por arenito argiloso de granulação grosseira. Grãos de quartzo sub-arredondados cimentados por matriz argilo-ferruginosa avermelhada. Amostragem de calha pela desintegração do arenito por lavagens.	0,6					*
12,00-17,40	Predominância de material arenoso de granulação grosseira, mal selecionado. O intervalo, entre 13,70 a 15,70, mostrou arenito argiloso cimentado com material ferruginoso.	0,9					*

* ANÁLISE EFETUADA EM AMOSTRA DE CALHA

** PASSAGEM GRADATIVA P/OS SEDIMENTOS DO GRUPO BARREIRAS (INTERCALAÇÕES)

CPRM

TABELA V

PROJETO BUENA

SONDAGEM

MANGUINHOS

WS - M 10.1

PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO	ANÁLISE MINERALÓGICA (%)					OBS
		M. PESADOS	ILMENITA	MONAZITA	ZIRCONITA + RUTILO	RETIDOS #20	
0,00-3,50	Areia contendo minerais pesados.	1,6					
3,50-4,60	Material siltoso de coloração avermelhada com presença de seixos quartzosos, intercalações de níveis arenosos cimentado por óxido de ferro.	1,8					*
4,60-5,60	A argila, aos 4,70 m, torna-se bastante arenosa com aparecimento de minerais pesados.	21,5	11,7	0,3	5,5	4,0	*
5,60-6,90	Areia levemente argilosa com altas concentrações em minerais pesados.	32,3	16,7	2,0	6,9	6,7	*
6,90-7,90	Areia passando gradualmente a argila caulinizada arenosa. Grande participação de minerais pesados na amostra de calha.	47,1	26,9	3,1	10,0	7,1	*
7,90-8,80	Argila arenosa de coloração amarelada.	29,2	14,3	0,5	7,2	7,2	*
8,80-10,70	Nível argilo-arenoso com cores passando de amarelo esverdeado a amarelo avermelhado. Presença de minerais pesados.	27,2	12,6	0,4	7,1	7,1	*
10,70-11,80	Areia de granulação grosseira com altos teores em minerais pesados.	61,2	32,9	0,3	23,6	4,4	**
11,80-13,40	Aos 12,50 metros a areia intercala com níveis de material caulinizado de coloração branca amarelada.	50,7	27,1	1,4	16,8	5,4	*

* ANÁLISE EFETUADA EM AMOSTRA DE CALHA

** PASSAGEM GRADATIVA P/OS SEDIMENTOS DO GRUPO BARREIRAS (INTERCALAÇÕES)

CPRM

TABELA VI

PROJETO BUENA

SONDAGEM

CAVEIRA

WS - V 16.1

PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO	ANÁLISE MINERALÓGICA (%)					OBS
		M. PESADOS	ILMENITA	MONAZITA	ZIRCONITA + RUTILO	RETIDOS #20	
0,00-3,00	Cordão arenoso contendo minerais pesados.	1,8					
3,00-5,40	Argila arenosa de coloração cinza-esbranquiçada variando para tonalidades avermelhadas, conforme a maior ou menor concentração em óxidos de ferro. Em profundidade, o material passa a se constituir totalmente de sedimentos argilosos.	2,8					*
5,40-6,90	Nível apresentando argila cinza, misturada a areia de granulação fina com teores em minerais pesados.	3,3					*
6,90-8,50	Nível areno-argiloso de coloração cinza-avermelhada contendo óxidos de ferro.	1,4					** *
8,50-14,40	Arenito de granulação grosseira, mal selecionado, apresentando minerais pesados. Este material gradua, em profundidade, para sedimentos argilo-arenosos de coloração avermelhada.	2,0					*

* ANÁLISE EFETUADA EM AMOSTRA DE CALHA

* PASSAGEM GRADATIVA P/OS SEDIMENTOS DO GRUPO BARREIRAS (INTERCALAÇÕES)

CPRM

TABELA VII

PROJETO BUENA

SONDAGEM

LARGO

WS - L 10.4

PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO	ANÁLISE MINERALÓGICA (%) M. PESADOS	ILMENITA	MONAZITA	ZIRCONITA + RUTILO	RETIDOS #20	OBS
0,00-1,20	Cordão litorâneo arenoso contendo minerais pesados.	12,2	6,9	0,7	2,2	2,4	
1,20-3,10	Areia de granulação fina com pequena quantidade de minerais pesados. Observou-se a presença de muscovita associada.	2,1					*
3,10-4,10	Início da testemunhagem marcado pela presença de seixos de arenito cimentados por óxidos de ferro. Nível conglomerático com matriz argilosa esbranquiçada. Passa gradualmente para areia de granulação fina.	7,3					*
4,10-5,10	Sedimento variando de granulometria dentro dos parâmetros silte-argila, cores rosadas. Apresenta fragmentos de conchas associadas.						
5,10-5,60	Sedimentos siltosos. Em amostra de calha apareceu areia de granulação média contendo alguma argila associada.	0,4					*
5,60-5,70	Argila esbranquiçada com fragmentos de conchas marinhas se apresentando associada a níveis arenosos.						
5,70-6,60	Material siltoso com conchas calcárias até a profundidade de 6,10 m. A granulometria do material torna-se mais fina e melhor selecionada nos níveis mais basais. Presença de intercalações arenosas.	4,4					*

CONTINUA

* ANÁLISE EFETUADA EM AMOSTRA DE CALHA

** PASSAGEM GRADATIVA P/OS SEDIMENTOS DO GRUPO BARREIRAS (INTERCALAÇÕES)

CPRM

TABELA VII

PROJETO BUENA

SONDAGEM

LARGO

WS - L 10.4

CONTINUAÇÃO

PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO	ANÁLISE MINERALÓGICA (%) M. PESADOS	ILMENITA	MONAZITA	ZIRCONITA + RUTILO	RETIDOS #20	OBS
6,60-7,60	Material siltoso passando a arenoso.	3,0					**
7,60-8,60	Siltito branco apresentando manchas ferruginosas, responsáveis pelo aparecimento de dendritos de coloração avermelhada. Presença de níveis arenosos intercalados	4,3					*
8,60-9,60	Siltito arenoso vermelho passando a tonalidades mais claras. Intercalações de níveis arenosos.	5,8					*
9,60-10,60	Siltito arenoso esbranquiçado variando para tonalidades arroxeadas. Associação de fragmentos de conchas.	4,5					*
10,60-13,0	Aumento gradual da quantidade de material arenoso. Nos níveis mais basais aparece arenito associado a sedimentos siltosos.	3,2					*

* ANÁLISE EFETUADA EM AMOSTRA DE CALHA

** PASSAGEM GRADATIVA P/OS SEDIMENTOS DO GRUPO BARREIRAS (INTERCALAÇÕES)

CPRM

TABELA VIII

PROJETO BUENA

SONDAGEM
LARGO
WS - L 42.3

PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO	ANÁLISE MINERALÓGICA (%)					OBS
		M. PESADOS	ILMENITA	MONAZITA	ZIRCONITA + RUTILO	RETIDOS #20	
0,00-5,50	Areia, pertencente a cordão litorâneo, com altos teores em minerais pesados	29,3	16,6	0,8	8,7	3,2	
5,50-7,50	Areia siltosa esbranquiçada, friável e pouco porosa, sem outras estruturas visíveis na testemunhagem. Em amostra de calha, aparece areia contendo minerais pesados, principalmente ilmenita.	12,8	7,2	0,4	4,0	1,2	*
7,50-8,60	Areia branca gradativamente passando a avermelhada com a presença de óxidos de ferro. Observa-se um aumento porosidade. Em amostra de calha foi recolhida areia argilosa de granulação média.	12,7	6,9	0,5	3,4	1,9	** *
8,60-9,60	Areia argilosa, passando a areia associada a material caulínico.	3,9					*
9,60-10,50	Areia grosseira esbranquiçada passando gradualmente para areia argilosa vermelha apresentando, esporadicamente, cores de alterações amareladas. Em amostra de calha aparece areia muito fina contendo minerais pesados e argila.	7,3					*
	CONTINUA						

* ANÁLISE EFETUADA EM AMOSTRA DE CALHA

** PASSAGEM GRADATIVA P/OS SEDIMENTOS DO GRUPO BARREIRAS (INTERCALAÇÕES)

CPRM

TABELA VIII

PROJETO BUENA

SONDAGEM

LARGO

WS - L 42.3

PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO	ANÁLISE MINERALÓGICA (%) M. PESADOS	ILMENITA	MONAZITA	ZIRCONITA + RUTILO	RETIDOS #20	OBS
10,50-11,50	CONTINUAÇÃO Areia muito argilosa, vermelho carmim, com pontuações amareladas. Acusou concentrações de minerais pesados em amostra de calha.	8,3					*
11,50-12,70	Areia siltosa esbranquiçada apresentando alto grau de porosidade. Notam-se côres de alterações amareladas e vermelhas. Na calha apareceu areia fina com minerais pesados.	4,2					*
12,70-14,00	Areia siltosa amarelada, friável.	3,0					*
14,00-15,80	Areia siltosa graduando para siltito vermelho amarelado, untuoso ao tato, acusando baixos índices de permeabilidades e porosidade.	4,7					*
15,80-16,50	Areia muiro grosseira com manchas de óxidos de ferro.	3,3					*

* ANÁLISE EFETUADA EM AMOSTRA DE CALHA

** PASSAGEM GRADATIVA P/OS SEDIMENTOS DO GRUPO BARREIRAS (INTERCALAÇÕES)

CPRM

TABELA IX

PROJETO BUENA

SONDAGEM

GURIRI

WS - G 58.3

PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO	ANÁLISE MINERALÓGICA (%)					OBS
		M. PESADOS	ILMENITA	MONAZITA	ZIRCONITA + RUTILO	RETIDOS #20	
0,00-3,00	Areia, algo argilosa, contendo minerais pesados.	0,8					
3,00-8,10	Argila arenosa de coloração castanho-avermelhada, intercalada com níveis arenosos contendo teores em minerais pesados. Granulação fina a média presença de níveis conglomeráticos lateríticos.	2,2					*
8,10-9,00	Nível predominantemente argiloso cinza-esbranquiçado, graduando a cinza-avermelhado em profundidade. Aparecem minerais pesados em níveis de areia intercalados em material argiloso.	2,7					*
9,00-11,50	Argila caulinizada de coloração cinza avermelhada. Níveis arenosos em intercalações.	7,0	3,8	0,7	0,3	2,2	** *
11,50-14,20	Argila avermelhada com manchas de óxidos de ferro. Presença de níveis arenosos intercalados.	13,6	9,7	0,4	1,2	2,3	*

* ANÁLISE EFETUADA EM AMOSTRA DE CALHA

** PASSAGEM GRADATIVA P/OS SEDIMENTOS DO GRUPO BARREIRAS (INTERCALAÇOES)

CPRM

TABELA X

PROJETO BUENA

SONDAGEM

PONTA DO RETIRO

WS - PR

PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO	ANÁLISE MINERALÓGICA (%)					OBS
		M. PESADOS	ILMENITA	MONAZITA	ZIRCONITA + RUTILO	RETIDOS #20	
0,00-3,40	Areia argilosa de coloração acinzentada.	10,9	6,3	0,1	3,8	0,7	*
3,40-4,50	Argila arenosa com poucas intercalações de níveis arenosos.	1,1					*
4,50-5,60	Arenito argiloso, cinzento claro. Granulação mal selecionada.	1,4					*
5,60-8,70	Argila caulinizada de coloração branca acinzentada, com intercalações de níveis arenosos.	1,3					*
8,70-10,20	Arenito de granulação média de coloração cinza esbranquiçada, contendo material caulínico associado. Níveis de areia, com minerais pesados, intercalados em sedimentos argilosos até a profundidade de 9,30 metros.	11,6	7,0	0,4	2,1	2,1	** *
10,20-14,80	Sedimentos siltosos de coloração acinzentada.	1,0					*
14,80-20,80	Material laterítico cimentando grãos de quartzo sub-arredondados.	1,5					*

* ANÁLISE EFETUADA EM AMOSTRA DE CALHA

** PASSAGEM GRADATIVA P/OS SEDIMENTOS DO GRUPO BARREIRAS (INTERCALAÇÕES)

CPRM

TABELA XI

PROJETO BUENA

SONDAGEM

ASMOS

WS - A 5.2

PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO	ANÁLISE MINERALÓGICA (%)					OBS
		M. PESADOS	ILMENITA	MONAZITA	ZIRCONITA + RUTILO	RETIDOS #20	
0,00-5,00	Areia friável contendo minerais pesados.	± 1					
5,00-5,70	Argila arenosa de coloração branca a cinza, com aumento da profundidade uma maior participação de óxidos de ferro emprestou tons avermelhados aos sedimentos argilosos						**
5,70-6,00	Argila arenosa avermelhada, em mistura com lentes arenosas contendo minerais pesados.	3,1					*
6,00-9,20	Nível de composição predominantemente argilosa, cinza-amarelado, intermesclado com areia contendo minerais pesados.	1,1					*
9,20-15,20	Areia de granulação média a grossa com coloração amarelada. Presença de minerais pesados.	1,6					*

* ANÁLISE EFETUADA EM AMOSTRA DE CALHA

** PASSAGEM GRADATIVA P/OS SEDIMENTOS DO GRUPO BARREIRAS (INTERCALAÇÕES)

CPRM

TABELA XII

PROJETO BUENA

SONDAGEM

CUTINGUTA II

WS - U 78.2

PROFUNDIDADE (m)	DESCRIÇÃO	ANÁLISE MINERALÓGICA (%)					OBS
		M. PESADOS	ILMENITA	MONAZITA	ZIRCONITA + RUTILO	RETIDOS #20	
0,00-4,50	Areia pertencente a cordão litorâneo contendo minerais pesados.	4,9					
4,50-5,70	Areia média a grosseira com seixos de material laterítico, coloração amarelada. Grãos de quartzo subarredondados.	0,8					*
5,70-9,30	Argila arenosa cinza-amarelada com níveis de areia contendo minerais pesados.	2,6					* **
9,30-13,00	Nível predominantemente argiloso de cores violáceas. Intercalações arenosas mostrando minerais pesados. Em profundidade, o material torna-se mais arenoso com cores amareladas.	1,8					*
13,00-16,40	Material argiloso com presença de areia de granulação média a grosseira, contendo minerais pesados.	1,6					*

* ANÁLISE EFETUADA EM AMOSTRA DE CALHA

** PASSAGEM GRADATIVA P/OS SEDIMENTOS DO GRUPO BARREIRAS (INTERCALAÇÕES)

CPRM

amostragem.

As características dos sedi - mentos do Grupo Barreiras, observados na área, se identificam aproximadamente com as descrições da Formação Guararapes citadas por diversos autores.

A figura 9 representa o esboço geológico regional, com base nas folhas IBGE de números SF-24-G-II-4 e SF-24-H-I-3 e fotografias aéreas em escala 1:20000.

3.2 DEPOSIÇÕES EM AMBIENTES PRAIAIS

3.2.1 Revisão de Conceitos

As areias litorâneas que resultam do trabalho de acumulações marinhas pelo movimento sistemático das ondas na zona de rebentação, são conhecidas como barras marinhas "off-shore bars". Estes cordões se situam paralelamente a frente deposicional e, este termo inclue tanto as massas emergentes como as submersas(Johnson, 1919).

Para haver este tipo de deposição são necessários, pelo menos, a atuação dos seguintes fatores: suficiente intensidade e grandeza da ação das ondas; adequado grau de declividade da faixa litorânea; e disponibilidade quantitativa de material arenoso. Satisfeitos estes parâmetros, pode haver formação e desenvolvimento destes corpos arenosos.

A evolução do conceito, através de diversos estudos similares, mostrou a tendência de vários autores restringirem a denominação "barra" ao se re

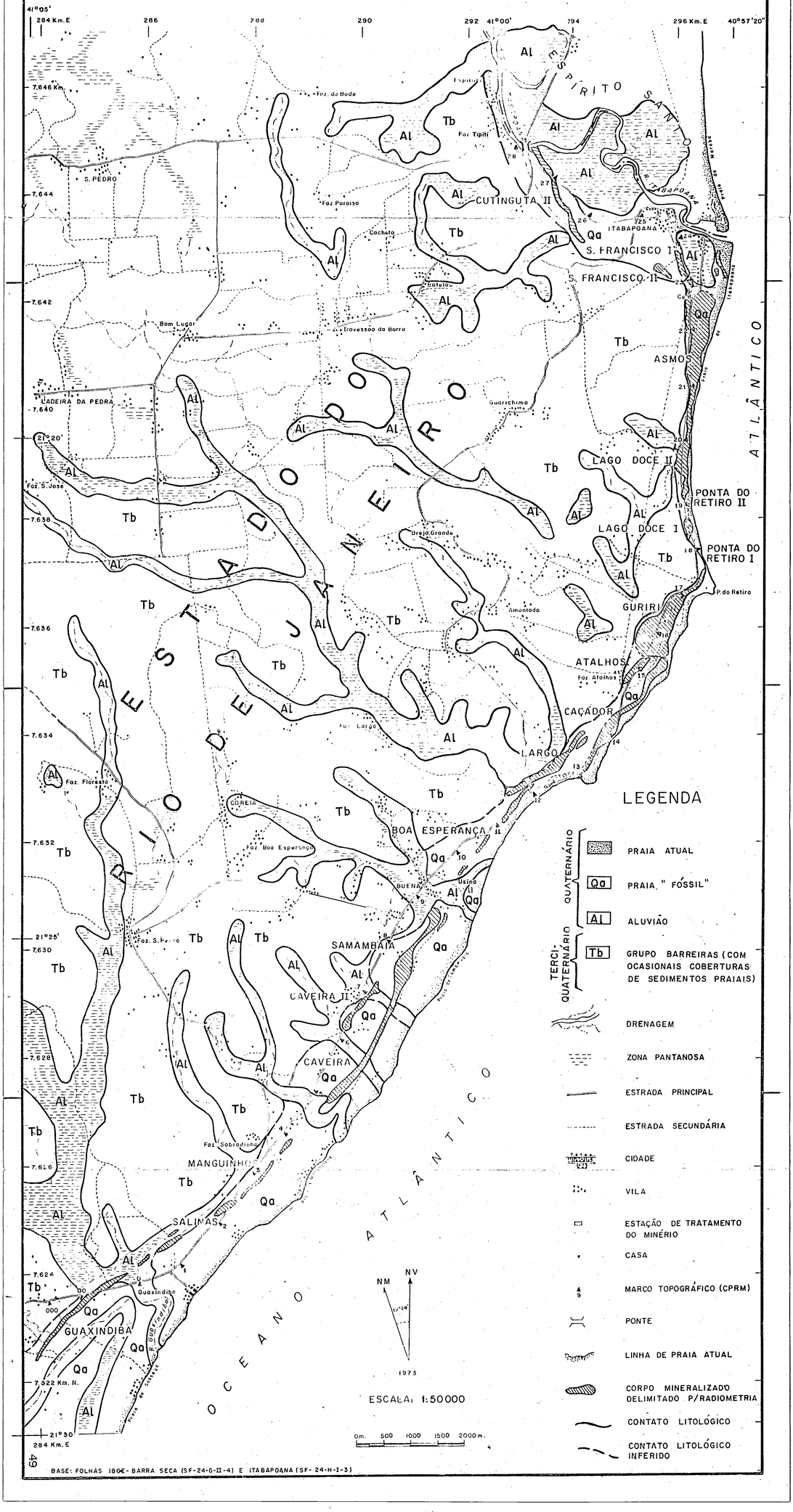
FIGURA 9

CPRM
AG-SALVADOR

CNEN
CBTN

PROJETO BUENA

ESBOÇO GEOLÓGICO



BASE: FOLHAS IBGE- BARRA SECA (SF-24-G-II-4) E ITABAPOANA (SF-24-H-I-3)

ferirem apenas aos cordões submersos. Os cordões emersos passaram a ser identificados como "restingas" (Lamego, 1945) ou simplesmente "barreiras". Foram incluídas, sob estas denominações, as acumulações arenosas litorâneas regressivas, semelhante as ocorrentes na área do projeto.

Com o intuito de padronização da terminologia adotada neste relatório, restringiu-se a denominação de "cordão litorâneo" ou "restinga" para os corpos emersos devido ao termo "barreira" ser confundível com o aplicado para identificar os sedimentos do Grupo Barreiras, também presentes na área.

Os depósitos detríticos situados em cordões litorâneos ou em praias atuais resultam da interação de vários agentes, que atuam sobre as rochas da superfície terrestre.

Na formação desses depósitos a propriedade de persistência do mineral tem fundamental importância e está diretamente relacionada à estabilidade química. Os minerais que possuem baixa estabilidade só são encontrados nos níveis sedimentares mais recentes, por sofrerem a ação de soluções que os remobilizam dos estratos mais antigos.

Tomando-se a granada como unidade temos, segundo G. Baker (1962), a ordem de persistência mostrada na tabela XIII.

TABELA XIII

ÍNDICE DE ESTABILIDADE

DE ALGUNS MINERAIS

MINERAL	ÍNDICE DE ESTABILIDADE
Granada	1
Hiperstênio	1
Estaurolita	3
Hornblenda	5
Cianita	7
Silimanita	40
Monazita	40
Turmalina	80
Zirconita	100

Todos os minerais são diferentemente afetados pela abrasão durante o transporte. A resistência dos minerais é dependente da sua dureza, clivagem e tenacidade. Os minerais que possuem clivagem perfeita, são eliminados pela abrasão seletiva, permanecendo as espécies mais duras.

Testes efetuados por F. Friese (1931), em determinado número de minerais, deram como resultados valores, que foram denominados de "índices de resistência à abrasão" ("Transportwiderstand").

A tabela XIV mostra os valores destes índices para alguns minerais e sua dureza na escala de Mohs, para comparação. A hematita cristalina foi considerada, por Friese, como sendo de valor 100.

TABELA XIV

ORDEM DE RESISTÊNCIA DE ALGUNS MINERAIS

Mineral Pesado	Mineral Leve	Resistência à Abrasão	Dureza (Mohs)
Monazita		105 a 130	5 - 5,5
	Ortoclásio	150	6
Diopsídio		160	5 - 6
Apatita		260	4 - 7
Epidoto		320	6 - 7
Ilmenita		325	5 - 6
Magnetita		380	5,5-6,5
	Cordierita	480	7-7,5
Pirita		500	6-6,5
Turmalina		690 - 950	7-7,5

O intemperismo, tanto físico quanto químico, atua sôbre as rochas desagregando-as. Após o intemperismo os minerais são transportados por correntes, iniciando-se, assim, a seleção dos minerais. Nesta etapa a seleção é condicionada principalmente aos parâmetros físicos dos minerais.

Os minerais denominados pesados-pesados ("Heavy-Heavy Minerals") com peso específico acima de 6,8, são os primeiros a serem depositados. De um modo geral eles ocorrem em sedimentos próximos à fonte, em um raio médio de 15 quilômetros.

Os de densidade entre 4,2 a

5,3,denominados de minerais leves-pesados ("Light-Heavy Minerals"), são encontrados à consideráveis distâncias da fonte.

Durante o transporte uma seleção é acentuadamente efetuada pela abrasão, notadamente pelo choque entre os grãos.

Os minerais detríticos são lançados ao mar pelos rios e novamente são selecionados pelas ondas, havendo então a formação de depósitos de minerais pesados praiais.

Os depósitos desse tipo são constituídos por "assembléias" de minerais, que podem ser originadas de uma mesma rocha ou de rochas de diferentes composição química.

A tabela XV (G.Baker, 1962), fornece uma idéia das várias fontes de minerais pesados e suas respectivas assembléias. O estudo dessas assembléias pode fornecer dados sôbre a possível rocha fonte e sua posição geográfica em relação ao depósito.

As características morfoscópicas dos grãos pesados têm importância no estudo dos muitos fenômenos sofridos, desde a desagregação da rocha matriz até a formação do depósito.

O estudo dos grãos, seu arredondamento, tamanho e forma, fornecem dados para determinação do agente transportador, extensão e duração do transporte. Estas considerações estão descritas no ítem 6.3.2 - Mineralogia dos Depósitos.

TABELA XV

ASSEMBLÉIAS CARACTERÍSTICAS DOS MAIS COMUNS MINERAIS PESADOS DETRÍTICOS

-BAKER (1962)-

ROCHA FONTE	ASSEMBLÉIA DE MINERAIS PESADOS
Rochas Ígneas Ácidas	Apatita, biotita, hornblenda, magnetita, monazita, esfeno turmalina, zirconita.
Rochas Ígneas Básicas	Anatásio, augita, brookita, cromita, hiperstênio, ilmenita, leucoxênio, magnetita, olivina, rutilo, espinélio, zirconita.
Pegmatitos	Fluorita, granada, monazita, topázio, turmalina e zirconita
Rochas Metamórficas de Baixo Grau	Biotita, clorita, leucoxênio, turmalina.
Rochas Metamórficas de Alto Grau	Andalusita, biotita, clinozoisita, epidoto, granada, hornblenda, cianita, magnetita, silimanita, estaurolita, zoisita
Veios Metalíferos	Cassiterita, pirita e volframita
Sedimentos Retrabalhados	Granada, leucoxênio, rutilo, turmalina, zirconita.
Sedimentos contendo Minerais Precipitados Autigeneticamente.	Dolomita, turmalina, anatásio, fluorita, rutilo, brookita, pirita, zirconita
Precipitados Químicos	Hematita, limonita, pirita

3.2.2 Depósitos Praiais na Área do Projeto

As deposições arenosas contidas na faixa litorânea estão identificadas como cordões litorâneos, excetuando àquelas confinadas em praia atual, ainda sob a ação do trabalho das ondas.

A maioria desses cordões se destaca topograficamente atingindo uma cota média de quatro metros. Convém ressaltar que muito desses corpos já foram atingidos por serviços de lavra, resultando em uma descaracterização geomórfica. Distintivamente, a maioria deles está adjacente a áreas pantanosas situadas nas extremidades ou margeando-os.

O ítem 5.3 trata, especificamente, da mineralogia das concentrações contidas nos citados cordões e nos depósitos de praia atual.

4. METODOLOGIA EMPREGADA

4.1 Topografia

Os serviços topográficos constaram de levantamentos planimétricos em escala 1:5000, com utilização de teodolito RK-Kern, sendo demarcados pontos de controle altimétrico em 31 marcos de cimento numerados de 000 a 29, acompanhados das letras CPRM. Estes marcos foram estrategicamente situados em intervalos aproximados de um quilômetro na margem direita da estrada (com exceção do marco 21 colocado na margem esquerda), que liga a vila de Guaxindiba à cidade de Itabapoana. O marco zero foi substituído pela extremidade nordeste da ponte, no local onde a estrada atravessa o rio Guaxindiba.

No ponto inicial da malha de amostragem de cada corpo, exatamente no ponto zero de cada eixo, foram dispostos marcos de cimento com controle altimétrico, assinalados com a letra representativa do corpo, seguida do número zero e as siglas CPRM/CBTN (tabela XVI).

Estes trabalhos resultou na confecção de dez mapas de localização dos corpos mineralizados, numerados de L 1 a L 10, medindo originalmente 95cm de comprimento por 59 de largura em escala 1:5000, com posterior redução para escala 1:10000, por conveniência de apresentação em relatório.

Na amarração dos eixos dos levantamentos de detalhe nas áreas dos corpos mineralizados, foi utilizado também um nível automático NAK 1. Nas linhas transversais aos eixos foram empregadas alidades auto-redutoras RK1, como auxiliares.

Todos estes mapas estão indica

TABELA XVI

CPRM

REPRESENTAÇÃO DOS MARCOS INDICATIVOS DOS CORPOS

CORPO MINERALIZADO	MARCO DE REFERÊNCIA	COTA ALTIMÉTRICA
GUAXINDIBA	X O	7,8
SALINAS	Z O	4,4
MANGUINHOS	M O	6,3
CAVEIRA	V O	9,4
SAMAMBAIA	S O	8,1
BOA ESPERANÇA	B O	10,1
LARGO	L O	7,0
CAÇADOR	C O	4,9
ATALHOS	H O	9,5
GURIRI	G O	3,2
PONTA DO RETIRO I	PR O	≃ nível do mar
PONTA DO RETIRO II	R O	≃ nivel do mar
LAGO DOCE I	D O	9,3
LAGO DOCE II	LD O	3,1
ASMOS	A O	5,7
SÃO FRANCISCO I	F O	5,9
SÃO FRANCISCO II	F_{II} O	5,9
CUTINGUTA II	U O	4,4

dos em um mapa-índice, em escala 1:50000, como base nas folhas IBGE Barra Seca (SF-24-G-II-4) e Itabapoana (SF-24-H - I-3).

4.2 Radiometria

Nos serviços radiométricos executados nas áreas que incluem concentrações de minerais pesados, foram empregados cintilômetros tipo SPP2-NF e gamâmetros modelo GMT-3T para detetar e medir radiações gama.

Ambos são aparelhos portáteis com circuito transistorizados de funcionamento contínuo à pilhas, marca SAPHYMO - SRAT fabricados pela Siége et Services Commerciaux, Paris.

O levantamento cintilométrico foi executado tomando-se como base uma linha locada longitudinalmente na suposta parte central das concentrações mineralizadas, com leituras espaçadas de 200 metros a partir dos marcos zeros ao longo do eixo e linhas transversais perpendiculares passando por estes pontos com intervalos de leituras de 25 metros. O número de leituras para cada lado das linhas transversais variou de acordo com a largura da faixa mineralizada, e tiveram continuidade até que os cintilômetros acussassem valores considerados como correspondentes a material com baixas concentrações em minerais pesados.

Seguiram-se os levantamentos radiométricos detalhados, com utilização de gamâmetro, nas áreas definidas como anômalas pelos cintilômetros. Foram locadas linhas-eixos com intervalos de leituras de 25 metros e transversais espaçadas nesta medida ao longo do eixo, com pontos de leituras de 10 em 10 metros.

As interpretações dos dados resultantes desses levantamentos resultaram na confecção de mapas cintilométricos em escala 1:2500, além de mapas de gama total e gama residual em escala 1:1000. Estes mapas foram reduzidos, posteriormente, para escalas 1:5000 e 1:2000, respectivamente.

Nos mapas cintilométricos foram traçadas linhas de isorradioatividade de valores de leituras, que variaram segundo os intervalos: 150, 300,600, 1200, etc ou 100, 200, 400, 800, etc., subordinadas a uma distribuição log-normal dos valores de leituras em "cps".

A partir dos dados de campo, obtidos na aplicação de gamâmetros em áreas selecionadas pela cintilometria, foi processado um programa de computador, resultando na confecção dos mencionados mapas de gama total e gama residual.

A utilização de computador objetivou alcançar uma racionalização nesse tratamento, considerando a grande massa de dados a serem processados para uma interpretação completa.

Foi utilizado o programa NST -Numerical Surface Technique, desenvolvido pelos centros de pesquisa da IBM para emprego no cálculo e representação de superfícies definidas por polinômios através do método dos mínimos quadrados. Este programa foi preparado para o computador 1130 e o respectivo "plotter", fornecendo-se as coordenadas X e Y de cada ponto de leitura e a intensidade da grandeza, isto é:o valor da leitura em "cps".

O programa completo é constituído de vários sub-programas que inicia com o Load Data Randon (LODAR), que fixa na memória do computador os dados

básicos referentes a cada estação e conclui contornando curvas isoanômalas representativas da geometria da superfície, através do sub-programa Contouring (CONTR).

A figura 10 mostra a relação entre os diferentes subprogramas que compõe o NST.

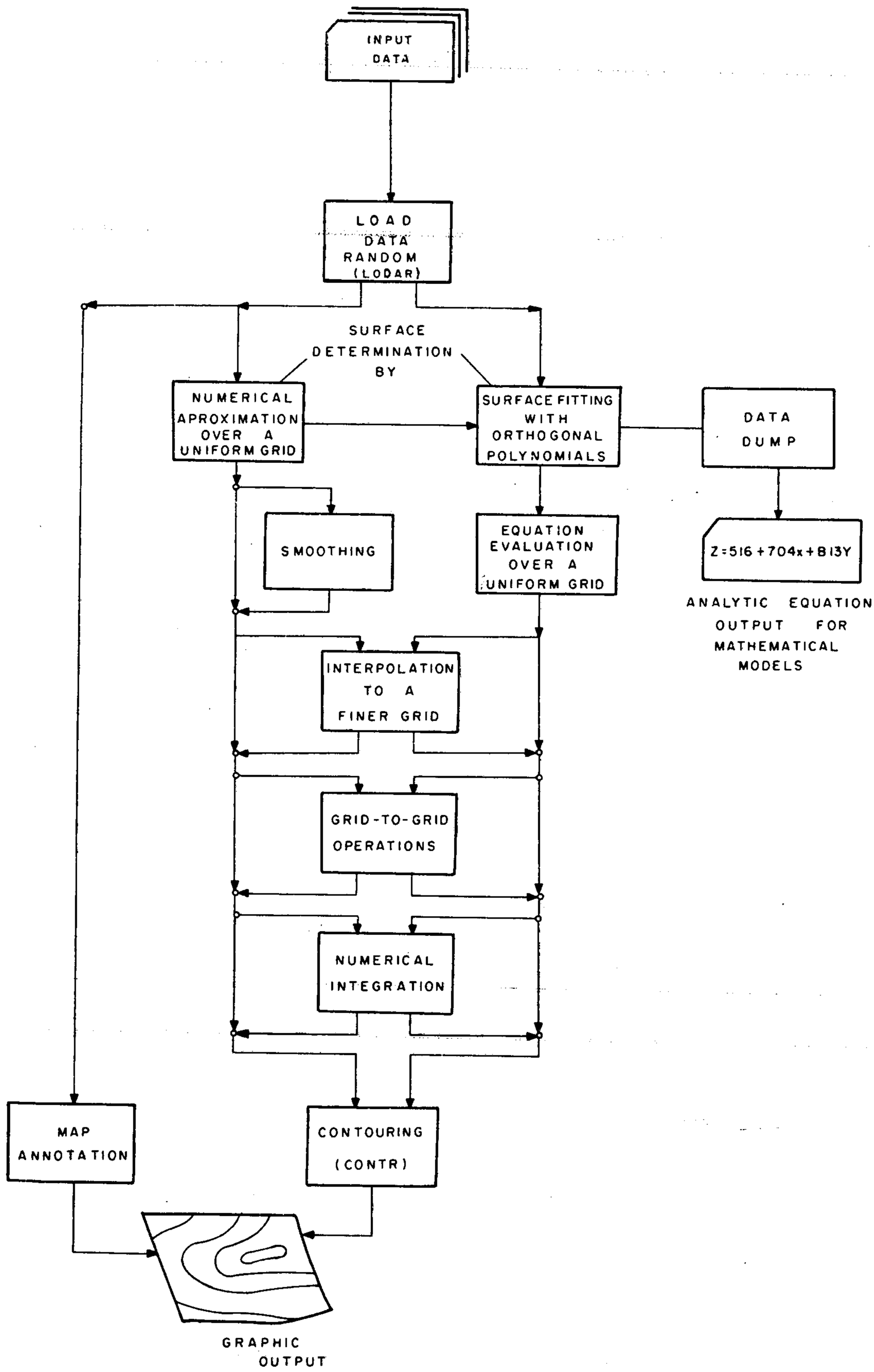
Os dados de leitura foram lançados no computador mantendo as posições das estações medidas no campo. O computador arquivou os valores na memória para estas situações e calculou por interpolação valores para posições específicas em uma rede regular (GRID),cujos parâmetros de distância foram fornecidos pelo programador. Em seguida, o computador calculou a geometria da superfície destes valores, pelo método dos mínimos quadrados, e contornou esta superfície originando o mapa gama total.Posteriormente, ele avaliou os valores regionais ("background") através do subprograma SMOTH e representou-o também por uma superfície, arquivando os seus valores nas posições respectivas no mesmo GRID. Concluindo, o computador somou algebricamente os valores gerados neste último subprograma com os obtidos anteriormente para o gama total, gerando novos números, que contornados formaram o mapa residual. Então, o valor residual para cada ponto do GRID é igual a diferença entre o valor gama total e o valor regional de um mesmo ponto.

A tabela XVII mostra uma cópia, como exemplo, da Folha de Codificação Fortran devidamente preenchida para a interpretação do corpo Largo, sendo distinguidos os seguintes programas:

LODAR - Transfere os dados contidos no cartão perfurado, referentes aos campos ou grupos de valo-

FIGURA 10 PROGRAMA NST

(RELACIONAMENTO ENTRE OS SUBPROGRAMAS)



FONTE: MANUAL DA IBM - 1130 CX-11X e 1130CX-38 X

TABELA XVII

FOLHA DE CODIFICAÇÃO FORTRAN

NOME DO PROGRAMADOR	JOB	PROGRAMA	Nº	Nº CARTÕES	DATA	PÁG.
A. C. MOTTA / CPRM	LARGO	NST			/ /	1 de 2

Nº DE COMANDO	CONT.	COMANDO FORTRAN	IDENTIFICAÇÃO
//		XEQ LØDAR 1	
		03051 0F1520F2530F	
		01 02	
¬¬			
//		XEQ NUPRX N	
GAMA		01 02 03 0 0	
GAMB		01 02 03 0 0	
		000 775 000 270 10 09	
		000 875 000 210 10 10	
//		XEQ SMØTH 1	
GAMA		SMØA 2	
GAMB		SMØB 2	
//		XEQ SRFIT 1	
		1 3	
		000 775 000 270 1 2 3	
		000 875 000 210 1 2 3	
//		XEQ EQØRT N	
TREA			
TREB			
		000 775 000 270 10 3	

res relacionados para as áreas determinadas do disco próprio, objetivando arquivar os dados:

NUPRX - Considera os valores das estações (leituras), ainda que espaçadas irregularmente, definindo uma superfície representativa e criando valores intermediários nas margens de uma rede estabelecida pelo programador (fixado pelo GRID);

SMOTH - Suaviza os valores da superfície, já calculada, através da aplicação de um "grau de suavização" escolhido pelo programador. Além disso, elimina as irregularidades (ruídos) não desejados, mas existentes na superfície calculada;

SRFIT - Ajusta, através de cálculos de polinômios, os valores para a estação de distribuição regular ou não;

EQORT - Calcula os valores matemáticos das superfícies representativas da intensidade total, através de uma equação definida nos bordos da rede estabelecida;

GRDOP - Subtrai os valores calculados no programa anterior dos valores gerados em SMOTH, resultando no mesmo valor residual.

CONTR - Contorna os valores obtidos nas margens da rede considerada.

O fato de que o computador processa somente 1000 estações em cada programação, obrigou a se efetuar divisões nas grandes áreas. Para corrigir os naturais desencontros na união das linhas isogâmicas,

foram repetidas, no trecho seguinte, cinco linhas de valores do trecho anterior.

Os mapas de gama total, salvo umas poucas inadaptações, se ajustaram perfeitamente nas ligações dos diversos intervalos. Os mapas residuais, em geral, não apresentaram uma superposição perfeita. Isto tem explicação no próprio processamento do computador, para o cálculo do valor regional. Para alcançar este resultado, em relação a um determinado ponto, o computador fez uso de uma série de valores de outros pontos em torno. Se, como no caso em pauta, este ponto estiver próximo a margem, não existirão, em determinadas direções, valores a serem considerados. Isto ocasionou, nestes trechos, algumas divergências nos resultados dos valores regionais e conseqüentemente nas curvas interpretativas residuais de uma extremidade comparativamente com a extremidade adjacente, dentro de uma mesma área.

Todo o processamento foi executado pela firma IMPLANTA - Processamento de Dados Ltda, em Salvador e uma descrição pormenorizada do programa utilizado pode ser encontrada na publicação "IBM: 1130 - Numerical Surface Techniques and Contour Map Plotting, version 2, Operator's Manual 1130 CX-11X, 1130 CX-38X".

4.3 Malha de Amostragem

O desenvolvimento da pesquisa nas áreas dos corpos mineralizados indicados pela radiometria mostrou a necessidade do estabelecimento de diferentes disposições das malhas de amostragem, em concordância

e determinação com a CBTN e por razões técnico-funcionais, variando basicamente em três tipos principais: (1) malhas retangulares (50x10m e 50x20m), isto é: com espaçamentos longitudinais maiores que os transversais segundo a situação da mineralização; (2) malha quadrada centrada (50x50m) e (3) malha quadrada (50x50m).

O primeiro tipo foi utilizado nas mineralizações de praia atual e seu emprego encontra justificativa no rígido estreitamento dessas concentrações, situadas entre as falésias formadas pelos sedimentos do Grupo Barreiras e a linha de praia de maré baixa. Os outros dois tipos foram aplicados considerando-se que os corpos mineralizados situados nas zonas de praias pretéritas foram lavrados em variadas escalas, alguns por repetidas vêzes, provocando em muitos trechos uma dispersão artificial das concentrações dos minerais pesados, nem sempre perfeitamente delimitada pela interpretação dos dados radiométricos.

Em cada ponto de amostragem foram recolhidas duas amostras: uma acima e outra abaixo do nível freático. Em oito corpos foram amostrados apenas a parte superior a este nível. Conforme prescrição da CBTN, a complementação desse trabalho, bem como uma amostragem por níveis em linhas selecionadas, farão parte da programação de um próximo projeto a ser executado.

Na delimitação das áreas de influência para o cálculo das reservas foram empregados os seguintes critérios:

(1) RESERVA MEDIDA - a área de influência de cada ponto amostrado foi obtida pelo traçado de linhas perpendiculares ao meio das retas que unem os pon-

amostrados, circundantes, mais próximos do furo considerado. A área total foi delimitada pela união dos furos externos contíguos da malha de amostragem, tomando-se estes furos externos como vértices;

(2) RESERVA INDICADA - as áreas de influência foram conseguidas pelo traçado complementar às áreas medidas dos pontos externos da malha de amostragem;

(3) RESERVA INFERIDA - as áreas de influência foram delimitadas pela linha externa da área da reserva indicada e uma reta paralela a esta, situada externamente a igual distância da metade do intervalo entre as linhas medida e indicada. Em outros casos as áreas foram dermarcadas por uma linha tangenciando os vértices do traçado das áreas de influência indicadas.

A figura 11 mostra os padrões das malhas de amostragem utilizados, assinalando os traçados demarcativos das áreas de influência dos furos exemplificados.

Os resultados das análises químicas das amostras recolhidas foram plotados em obediência às malhas estabelecidas, em escala 1:1000. com ulterior redução para escala 1:2000. A partir desses dados foram traçados as linhas de isoteores, classificadas em relação aos seguintes intervalos:

MINERAIS PESADOS - abaixo de 5%; entre (5 e 10) %; entre (10 e 20)%; entre (20 e 40)% e acima de 40%.

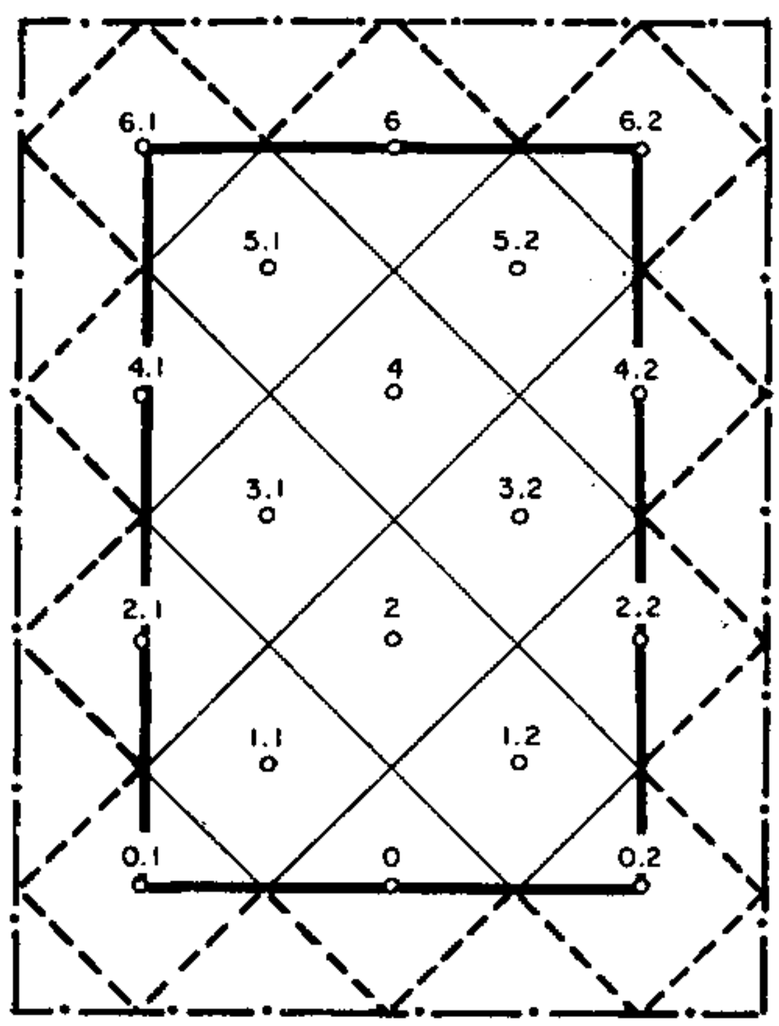
ILMENITA E ZIRCONITA + RUTILO - abaixo de 2%; en -

FIGURA 11

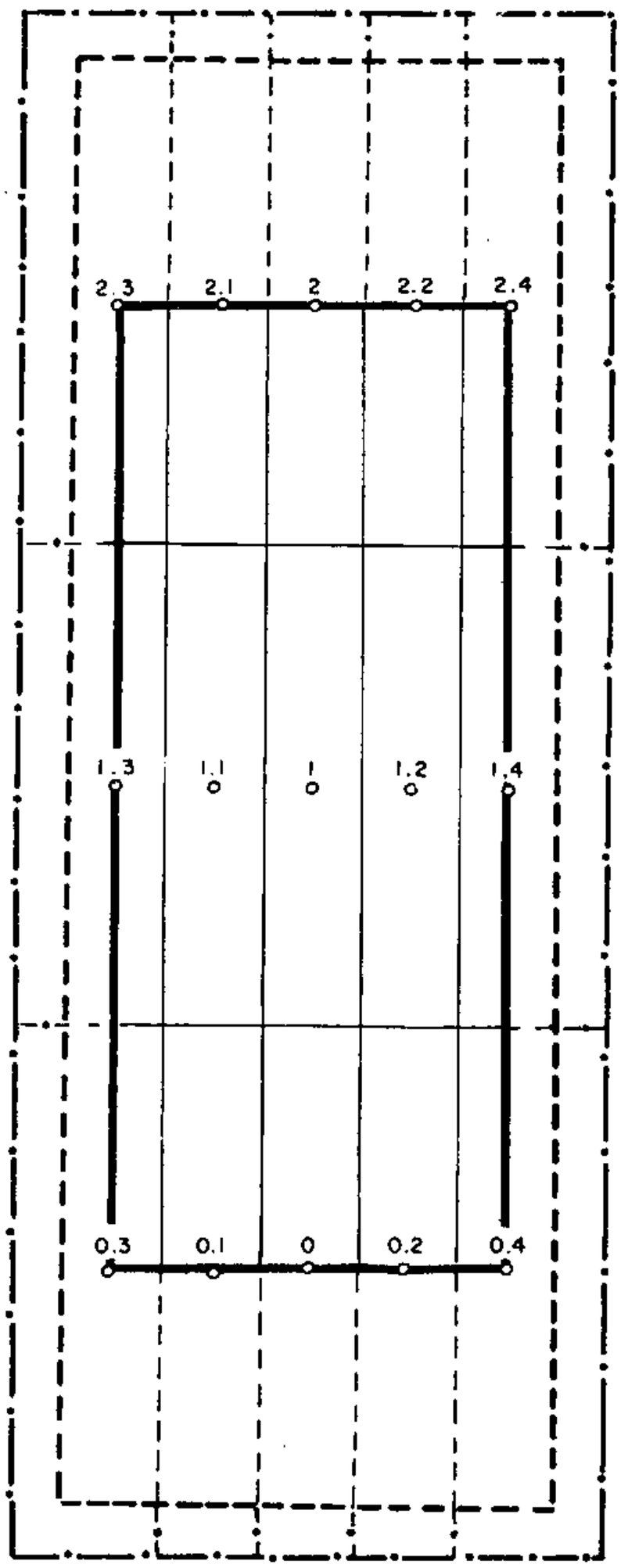
CPRM

PROJETO BUENA

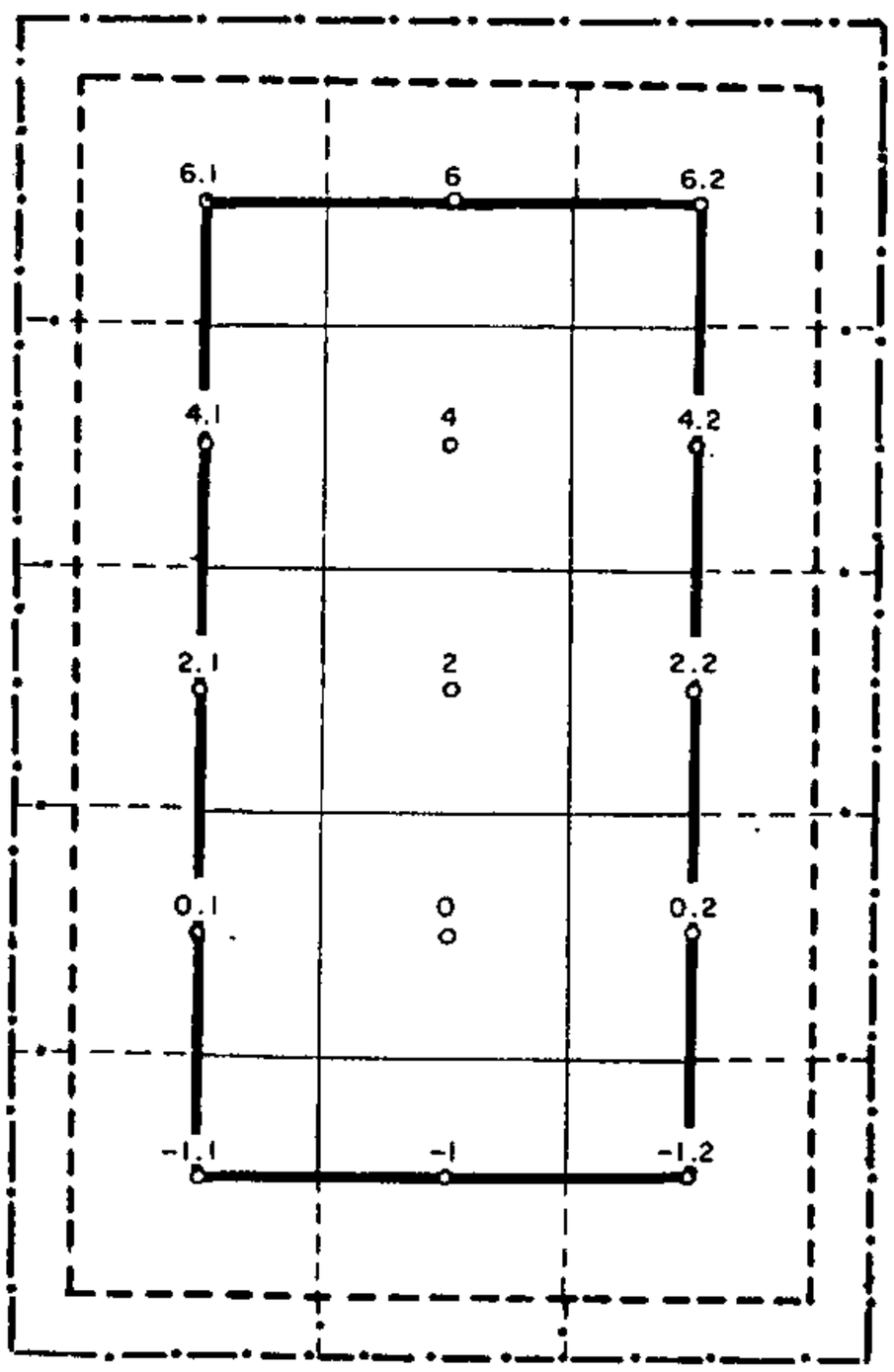
MALHAS DE AMOSTRAGEM



QUADRADA CENTRADA



RETANGULAR



QUADRADA

LEGENDA

- ○ AMOSTRAGEM EXECUTADA
- ▭ ÁREA DE INFLUÊNCIA MEDIDA
- ▭ " " " INDICADA
- ▭ " " " INFERIDA

tre (2 e 5)%; entre (5 e 10)%; entre (10 e 20)%; entre (20 e 40)% e acima de 40%.

MONAZITA - abaixo de 0,2 %; entre (0,2 e 0,5)%; entre (0,5 e 1,0)%; entre (1,0 e 2,0)% e acima de 2,0 %.

O traçado dos mapas de isoteor foi interpretado considerando, além dos resultados analíticos da amostragem, os levantamentos radiométricos respectivos. No caso das linhas de isoteores das frações, estas foram também fundamentadas no delineamento dos isoteores do total de minerais pesados da área correspondente.

Os corpos foram divididos em blocos delimitados, em geral, em intervalos de 350 metros, transversalmente segundo a direção do eixo da malha de amostragem.

4.4 Amostragem Manual

A coleta do material arenoso foi executada, basicamente, através de sondagem manual com utilização de trados de concha de 2 1/2 e de 4" de diâmetro. O primeiro com uma concha medindo 15 centímetros de comprimento e o outro 23, tendo ambas uma rosca 3/4" no fim da seção para efeito de acoplamento com uma braçadeira ou uma vara de extensão. Foi utilizado um comprimento padrão uniforme de 1,5 m para as extensões, com exceção para a primeira, que por vezes foi de 3 metros. Todas as extensões possuem roscas machos e foram adaptadas luvas em suas extremidades para que comprimentos adicionais pudessem ser acrescentados para furos profundos.

Estas varas foram confecciona das com tubos de ferro galvanizados, que receberam furos em intervalos de 50 cm para que através deles fossem introduzidas barras de ferro fornecendo assim o apoio necessário à rotação para a penetração do trado com a utilização de força corporal humana.

O material coletado foi recolhido integralmente em sacos de lona apropriados para a quantidade amostrada, repetindo-se a operação da introdução do trado com o máximo cuidado para evitar desmoronamento das paredes do furo.

Evitou-se, ao máximo, o recurso de se introduzir água no furo e a utilização do trépano como removedor de impedimento, para que estes procedimentos não comprometessem a exatidão da amostragem.

Os trados acima descritos foram utilizados no pacote de areia seca a úmida, considerando-se o nível freático como limite vertical de amostragem com este equipamento. Abaixo deste nível foram utilizados amostradores tipo "sludge pump" antecedidos da introdução de revestimentos apropriados. Estes revestimentos, com roscas macho e fêmea para conexão nas extremidades e diâmetro externo de 1 13/16" (EX), foram introduzidos nos furos executados pelos trados de concha e forçados para baixo com aplicação de força corporal e rotação até alcançarem os sedimentos embebidos em água. Uma plataforma de madeira medindo (50 x 15)cm, suportada por braçadeiras com parafusos e presa na parte superior do revestimento, sustentou os tradeiros facilitando a furação. Esta pequena plataforma serviu também para acrescentar o peso dos homens ao do revestimento, proporcionando uma pressão constante necessári

a à penetração da coluna.

O material que passou a ocupar o interior do revestimento foi removido através do uso de "sludge pump". Este equipamento consiste de tubos de aço de diâmetro externo padronizado de 17/16" (XRT), possuindo um "nariz" removível na terminação inferior, constituído de uma sapata contendo em seu interior uma válvula de esfera, necessária ao aprisionamento do material amostrado. O seu princípio de funcionamento é baseado em que, quando o equipamento é movido para baixo a válvula retentora sobe permitindo a passagem dos sedimentos para o tubo, consecutivamente no movimento ascensional a esfera desce obstruindo a passagem e retendo, conseqüentemente, o material no interior da tubulação.

O equipamento foi operado manualmente através de movimentos verticais percutivos e rotação, com a precaução de manter a tubulação em posição ereta e não aproximando-a menos que 5 centímetros da extremidade inferior do revestimento. No interior deste foi mantido um alto nível d'água com a finalidade de formar uma pressão hidrostática positiva, que impediu uma contaminação da amostra através da elevação de material adjacente à extremidade da tubulação.

Para a conexão dos revestimentos e extensões dos trados foram utilizadas chaves tipo inglesa, auxiliadas pelas próprias barras que serviram de apoio para o movimento de rotação dos trados.

Foram empregados baldes com água nos quais foram lavadas as "sludge pumps" para livrá-las de grãos, que constantemente aderiam às paredes das tubulações e à sapata. Este material, após a decantação,

foi incorporado às respectivas amostras.

4.5 Sondagem Mecânica

Na execução dos trabalhos de sondagem nos sedimentos argilosos sotopostos aos cordões arenosos e como auxiliares na amostragem das areias quaternárias, foi empregada uma sonda rotativa Winkie, modelo GW-15, fabricada pela J.K. Smith & Sons Diamond Products Ltd., Canadá.

O equipamento é acionado por um motor a gasolina de 10 HP refrigerado a ar, fornecendo uma rotação máxima de coluna de perfuração de 2800 RPM, com capacidade de furação em BX de 45 a 60 metros e hastes constituídas por uma liga de magnésio-zircônio (MAG-ZIRC JKS). O conjunto foi adaptado na carroceria de um veículo tipo "pick-up", com tração nas quatro rodas, para facilidade de deslocamento.

Para amostrar ou atravessar o pacote arenoso foram utilizados amostradores tipo concha com 4" de diâmetro externo e trados helicoidais de 2 5/8", adaptados a unidade de redução, até atingir os sedimentos essencialmente argilosos. A partir deste nível a perfuração teve continuidade com o emprego de material da série BX com coroas diamantadas, fornecendo testemunhos com diâmetro de 1 5/8", complementados com amostras de calha dos níveis constituídos por areias inconsolidadas, que ocasionalmente apareceram intercalados nos sedimentos argilosos.

4.6 Análises

As análises quantitativas dos totais de minerais pesados e das frações de ilmenita, monazita e zirconita + rutilo da amostragem executada, estiveram a cargo da CBTN, que através da Divisão de Controle de Qualidade estabeleceu os fluxogramas e as técnicas a serem seguidas (fig. 12, 13 e 14).

Para o cumprimento desta parte da programação foi aprimorado o laboratório de controle de qualidade da usina de Barra de Itabapoana, localizado na vila de Buena, sob a orientação da CBTN.

As amostras coletadas nos serviços de campo desenvolvidos pela CPRM, foram embaladas em sacos apropriados e enviados integralmente para a CBTN, a qual processou o quarteamento nas dependências da usina, antes da entrada no laboratório.

Logo após a coleta no campo, estas amostras foram organizadas em tabelas padrões, contendo o número da amostra pela ordem de execução, o número do furo segundo a malha de amostragem, a profundidade do nível freático e colunas para serem preenchidas com os resultados analíticos. Para o laboratório seguiram duas vias, sendo uma delas devolvida ao projeto com os respectivos percentuais das análises executadas e a outra arquivada na CBTN.

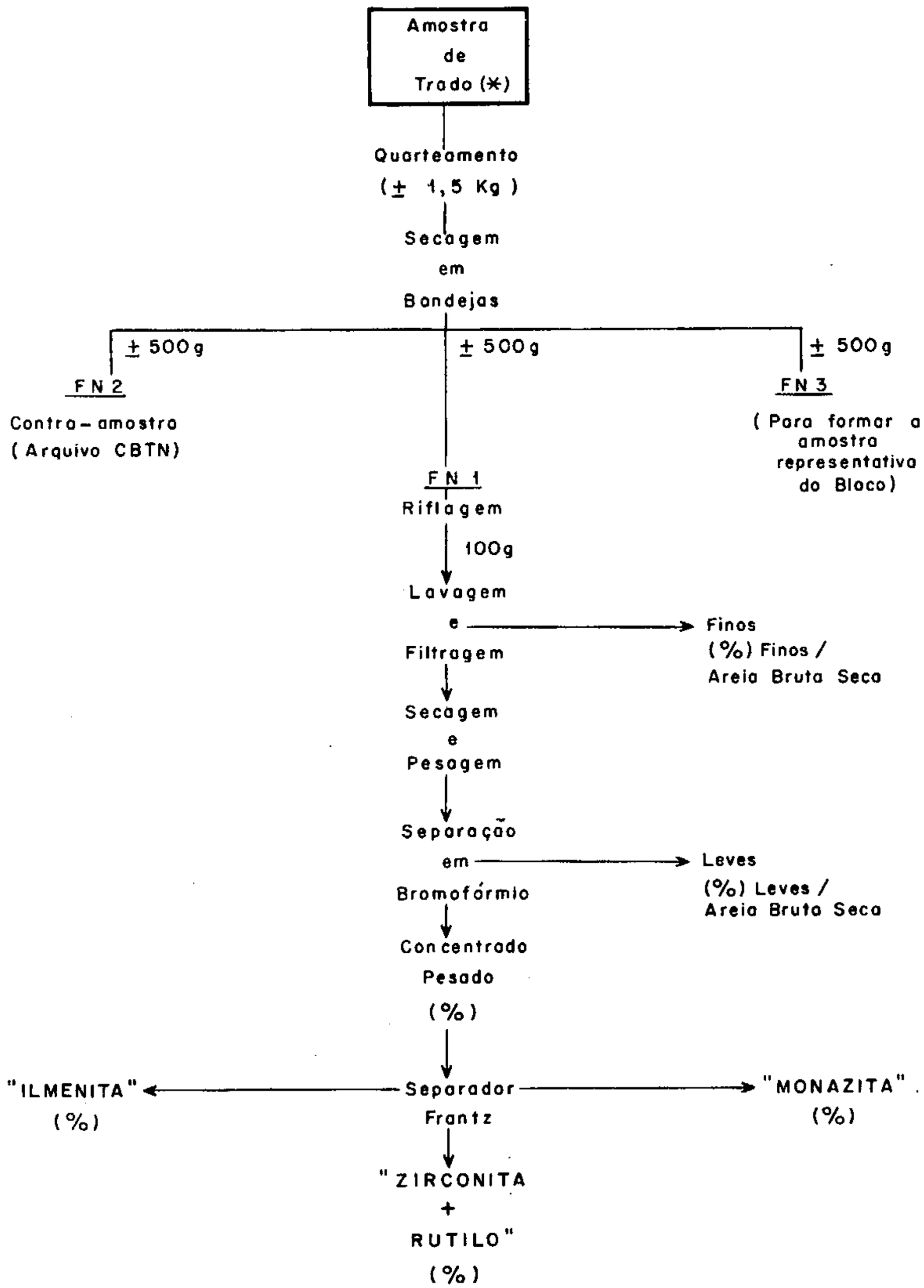
O quarteamento foi efetuado seguindo o clássico método do cone (fig. 15), que consiste em misturar e dispor o material amostrado em formato de cone sobre uma lona, dividi-lo em quatro partes iguais com o auxílio de uma prancheta e considerar dois quartos opos -

FIGURA 12

CPRM

FLUXOGRAMA I

AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DOS FUROS
SEPARAÇÃO E ANÁLISE
LABORATÓRIO CBTN



(*) e/ou "Sludge pump"

FIGURA 13

CPRM

FLUXOGRAMA II

AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DOS BLOCOS*

SEPARAÇÃO E ANÁLISE

LABORATÓRIO CBTN

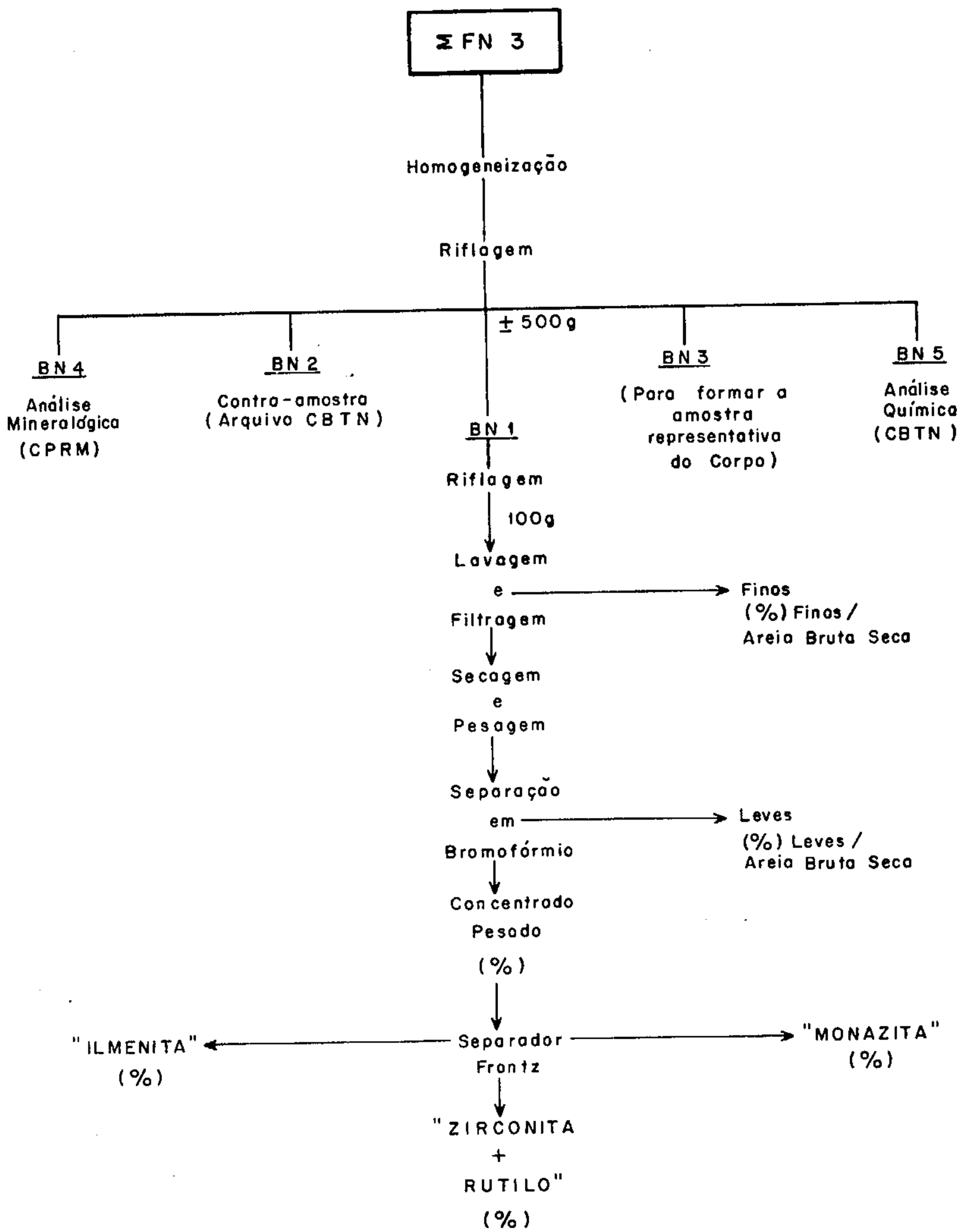


FIGURA 14

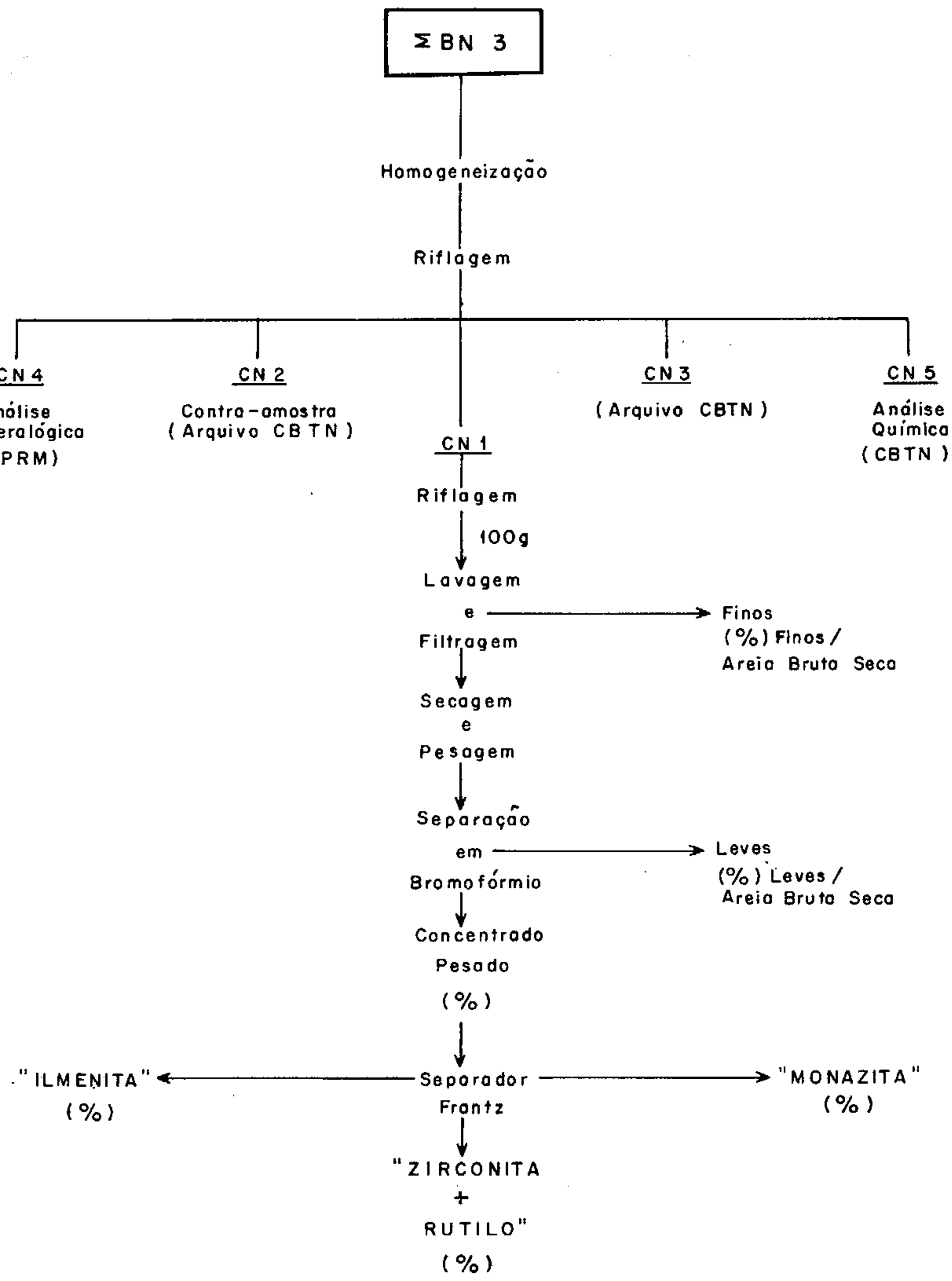
FLUXOGRAMA III

CPRM

AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DOS CORPOS

SEPARAÇÃO E ANÁLISE

LABORATÓRIO CBTN



tos. Esta operação foi repetida até a obtenção de aproximadamente 1,5 kg da amostra.

Em seguida, o material quarteado foi depositado em bandejas plásticas medindo(30 x45) cm para efeito de secagem preliminar ao sol, após o que, foi acondicionado em sacos plásticos e remetidos para o laboratório.

A separação eletrostática da zirconita e do rutilo para determinação de seus teores,conforme prescrição da CBTN, será executada posteriormente. Esta separação poderá ser realizada com a utilização das frações de cada amostra, separadamente, ou somente nas amostras representativas dos blocos.

Após a chegada no laboratório, o material foi levado a uma estufa, com termostato regulável, para a efetivação de uma secagem mais rigorosa. Em seguida, este material foi desmembrado em três amostras com o emprego de um riflador com este número de cubas. Estas amostras, pesando aproximadamente 500 g cada uma, foram acondicionadas e rotuladas com as designações: FNI, FN2 e FN3. A primeira destinada a determinação quantitativa dos minerais pesados, a segunda ao arquivo da CBTN como contra-amostra e a terceira para servir de amostra representativa do furo, constituindo-se em uma alíquota, que reunida as amostras representativas dos demais furos constituíram os blocos.

Cada amostra FN1 foi riflada até a obtenção de 100 g sendo, em prosseguimento, submetida a lavagem, filtragem e novamente secada e pesada para avaliação do total de finos eliminado.

Na operação de pesagem foi utilizada uma balança decigrâmica, com sensibilidade de 10 mg e carga máxima de 1 kg. Na secagem foi empregada uma estufa com termostato regulável atingindo até 200°C.

Seqüenciando, a amostra foi submetida a passagem em bromofórmio para determinação, também através de pesagem, do teor total de minerais pesados pela eliminação dos leves.

Com a evolução das determinações analíticas, foi considerada necessária pelo analista, uma passagem dos concentrados pesados em peneira de 50 mesh para retenção de uma fração composta, em sua maior parte, por conchas marinhas não possíveis de serem separadas em bromofórmio. Este material foi pesado e acrescentado nos resultados analíticos em uma coluna denominada RETIDOS.

Em seguida, sempre que o teor de minerais pesados leves foi menor que 95 % do total da amostra, esta foi levada ao separador eletro-magnético Frantz (fig. 16), para separação das frações e suas avaliações através de pesagem. Nas demais amostras foram determinadas apenas os totais de pesados.

No separador Frantz, a inclinação vertical da régua na direção de saída foi de 8° e a inclinação lateral contra o campo magnético foi de 4°. As intensidades de corrente elétrica utilizadas das diversas frações são mostradas na tabela XVIII.

4.7 Ensaios de Aplicação de Outros Métodos Geofísicos

Dentro da programação origi-

FIGURA 15

CPRM

QUARTEAMENTO PELO MÉTODO DO CONE

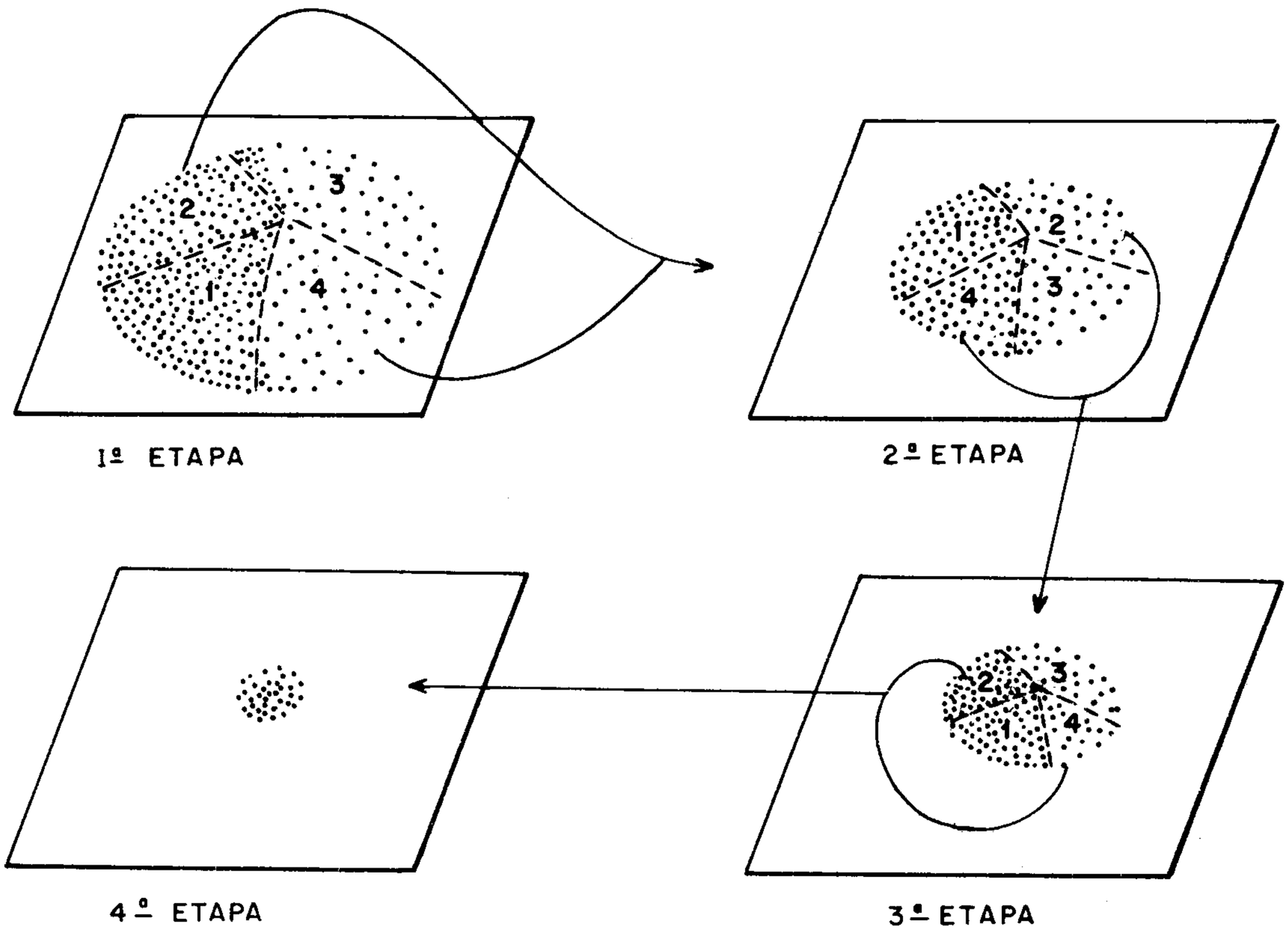
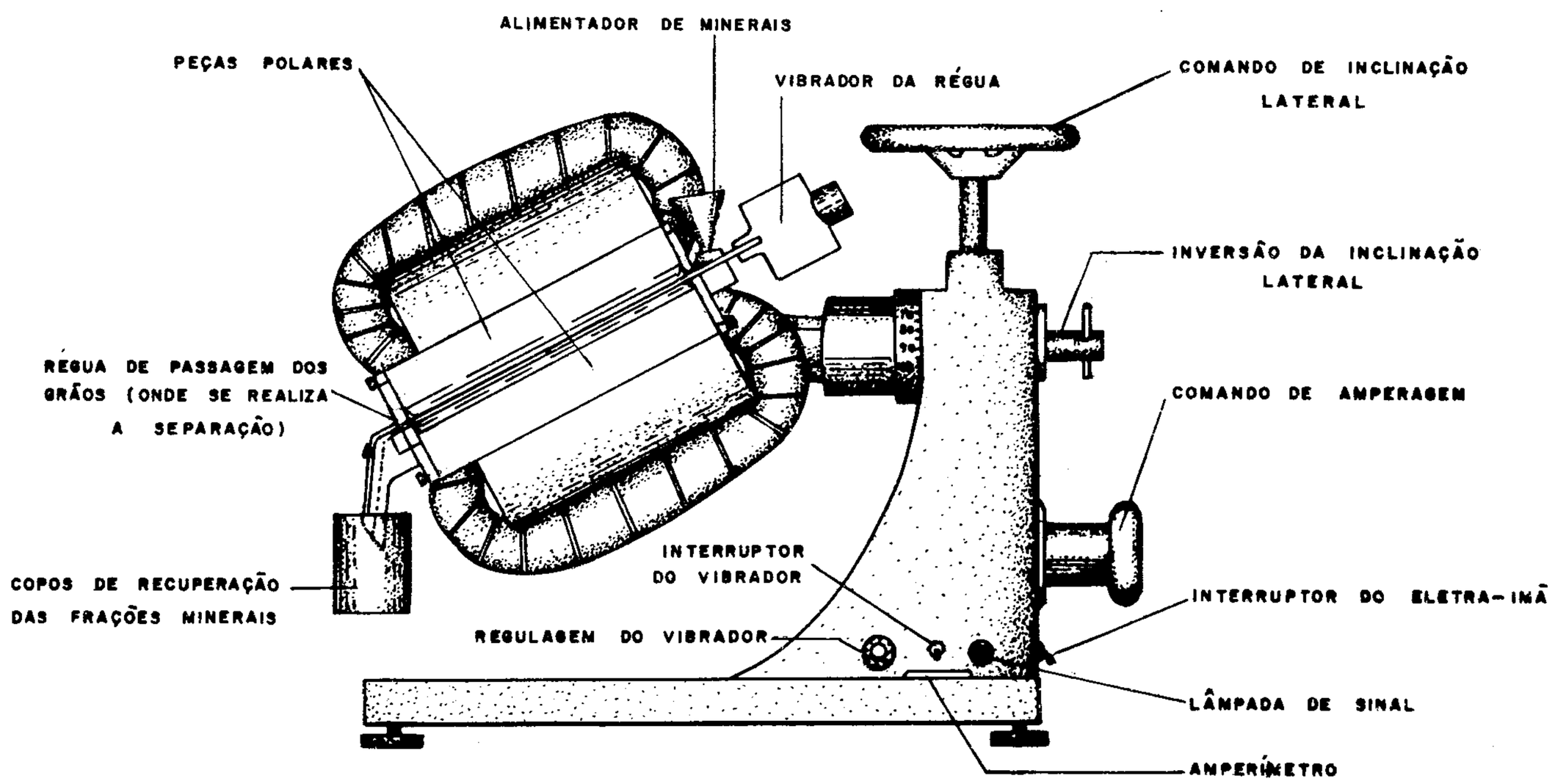


FIGURA 16

SEPARADOR ELETRO-MAGNÉTICO FRANTZ ISODINÂMICO



OBS: O EIXO QUE PERMITE O CONTROLE DO MERGULHO LONGITUDINAL ESTÁ ESCONDIDO PELAS PEÇAS POLARES.

FONTE: PARFENOFF, 1970 – "LES MINERAUX EN GRAINS – MÉTHODES D'ETUDE ET DETERMINATION"

CPRM

TABELA XVIII

SEPARAÇÃO ELETROMAGNÉTICA FRANTZ

LABORATÓRIO CBTN

FRAÇÃO	AMPERAGEM	MINERAIS
Ferromagnética	0,1A – grãos atraídos por campos magnéticos fracos	Magnetita
Fortemente paramagnética	$0,1 < I \leq 0,3$ A Grãos atraídos pelo campo magnético gerado pela faixa de corrente acima	Ilmenita Xenotima
Fracamente paramagnética	Grãos não atraídos com 0,3 A, mas atraídos com 0,5A $0,3A < I \leq 0,5A$	Monazita (Zirconita magnética, etc.)
Não paramagnética (restos)	Até 0,5A: não atraídos ($I > 0,5A$)	Rutilo Zirconita Sílica livre

Fonte: Instrução Nº 1 – Div. de Controle de Qualidade (CBTN – DI – DEPROD).

nal, que estabeleceu o emprego experimental do método de eletrorresistividade visando obter dados para determinação da espessura dos cordões arenosos, foram incluídos testes de sísmica de refração no sentido de conseguir um maior número de elementos para responder a esta questão. Alguns ensaios magnetométricos foram executados na procura de dados que auxiliassem na definição do comportamento das mineralizações.

4.7.1 Eletrorresistividade

A aplicação dos ensaios de eletrorresistividade foi executada em áreas selecionadas dentre aquelas cujos parâmetros já tivessem sido definidos pelos serviços de amostragem. Obedecendo a este critério foram escolhidas as áreas de Largo, Asmos, Guaxindiba e Guriri.

O equipamento utilizado foi uma unidade de IP, modelo da Geotronics, com transmissor T-2600 e receptor R-401/s, que determina a resistividade do material atravessado, podendo ainda fornecer, através de cálculos, o fator de condução metálica e o efeito percentual de freqüência.

Foram testados diferentes arranjos em linhas transversais aos cordões arenosos das áreas selecionadas, tendo sido o dispositivo Schlumberger o primeiro empregado, objetivando a determinação da espessura dos corpos arenosos. Complementando, foi aplicado o dispositivo Schlumberger Modificado de Mapeamento Elétrico ("Gradient Mapping Method"), com a finalidade de conseguir

elementos para localizar, em profundidade, horizontes onde houvessem maiores concentrações de minerais pesados.

O método de eletrorresistividade, mesmo com a aplicação de diversos arranjos e alguns artifícios, não se mostrou aplicável na área do projeto. A principal dificuldade encontrada foi a não passagem de corrente elétrica através dos corpos arenosos, devida ao fato de serem estes de composição essencialmente quartzosa, friável e ainda por não se apresentarem cobertos por um solo desenvolvido, ainda que incipiente.

Mesmo com as tentativas de utilização de diferentes freqüências na unidade transmissora de diversos espaçamentos entre os elétrodos, além de, previamente, umedecer os elétrodos de corrente com soluções salgadas e às vêzes com argila embebida em água, as leituras, quase sempre, não puderam ser realizadas. Ocorreu, em diversas tentativas, que a corrente era transmitida mas não era possível conseguir uma estabilização do receptor e, conseqüentemente, efetuar as leituras.

Os melhores resultados, ainda que não suficientes para uma interpretação, foram conseguidos na extremidade norte do corpo Guriri, onde havia a presença de um solo areno-argiloso sobre um pacote em que a argila também se fazia presente em mistura com o material quartzoso, tornando-o menos friável.

Esta última tentativa veio comprovar, que o trânsito da corrente elétrica foi prejudicado principalmente pela constituição essencialmente friável dos cordões arenosos que compõem estas áreas.

Uma dificuldade adicional à

passagem da corrente elétrica necessária ao experimento, foi a presença de zonas pantanosas adjacentes aos cordões pesquisados.

Os entraves operacionais, assim, tornam impraticável a utilização deste método na área do projeto, para a finalidade proposta.

4.7.2 Magnetometria

Para os trabalhos de medições de campo foi utilizado um magnetômetro de proton, modelo G-806 fabricado pela Geometrics, que mede a intensidade total do campo geomagnético, com precisão fornecida pelo fabricante de ± 1 "gamma". As medidas foram corrigidas para a variação diurna, obtendo-se as leituras finais. As folhas referentes a estas leituras encontram-se anexadas a este relatório.

Os testes foram realizados nas áreas de Largo, Asmos e Guaxindiba, selecionadas para esta finalidade, sendo que em todas foram empregados espaçamentos de 25 metros entre as linhas e intervalos de leituras transversais de 10 metros. Foram utilizadas também, em Guaxindiba, algumas medições de (5 em 5) metros.

As medidas de intensidade total (Z), corrigidas, foram plotadas em planta e traçadas as linhas de contorno em intervalos de 1 "gamma", sendo assim, construídos os mapas de isoanomalias mostrados adiante.

Em todas as áreas interpretadas foi observado o fato de que, geralmente, às altas con-

centrações de minerais pesados corresponderam mínimos magnetométricos relativos. Contrariamente, às baixas concentrações equivaleram a máximos magnetométricos. Tal correspondência pode ser melhor notada nas áreas de Largo e Guaxindiba através da comparação de mapas magnetométricos com os de isoteor de minerais pesados (fig. 17, 18 e 19).

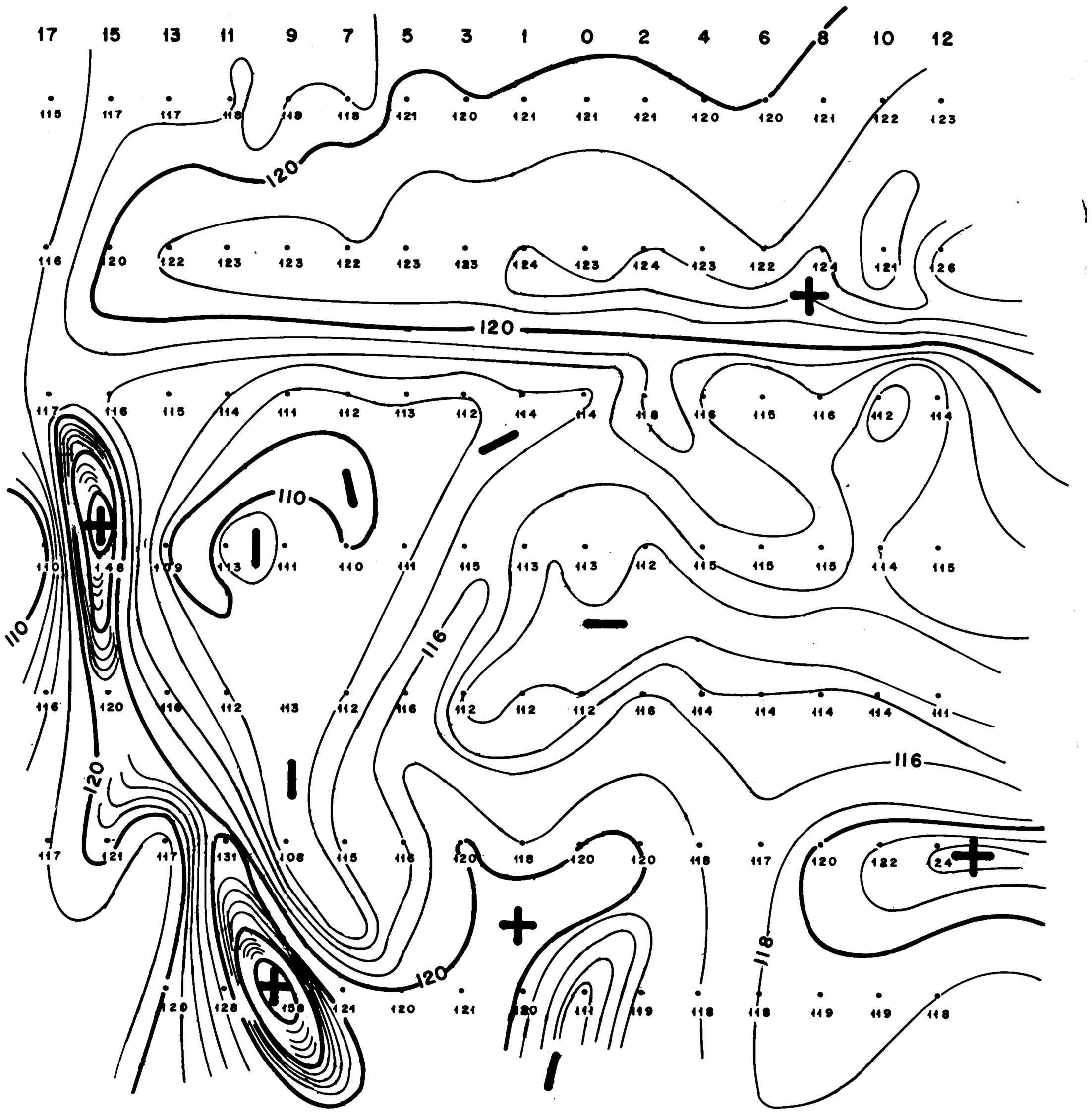
As anomalias encontradas foram pequenas, fornecendo uma diferença dos mínimos para os máximos magnetométricos em torno de 10 "gammas". Entretanto considerando que a precisão do instrumento é da ordem de $\pm$ 1 "gamma" e que todos os cuidados operacionais foram tomados, especialmente na aplicação das correções diurnas, pode-se dizer que tais anomalias, embora pequenas, tem significado na interpretação do comportamento das mineralizações.

As superposições entre os mínimos magnetométricos e os máximos dos teores de minerais pesados podem ser atribuídas, essencialmente, a constante presença de minerais ferrosos nessas concentrações. Nas áreas consideradas, a magnetita tem uma participação de apenas 0,2% do total de minerais pesados, mas a quantidade de ilmenita aliada a outros óxidos de ferro com propriedades paramagnéticas, emprestam ao conjunto o comportamento de um pequeno corpo magnético, resultando então as curvas características da intensidade total no hemisfério Sul Magnético.

Não está afastada a possibilidade de algumas dessas anomalias serem decorrentes da presença de concentrações ferruginosas nos sedimentos do Grupo Barreiras sotopostos aos cordões pesquisados.

(A)

ASMOS



CNEN
CBTN

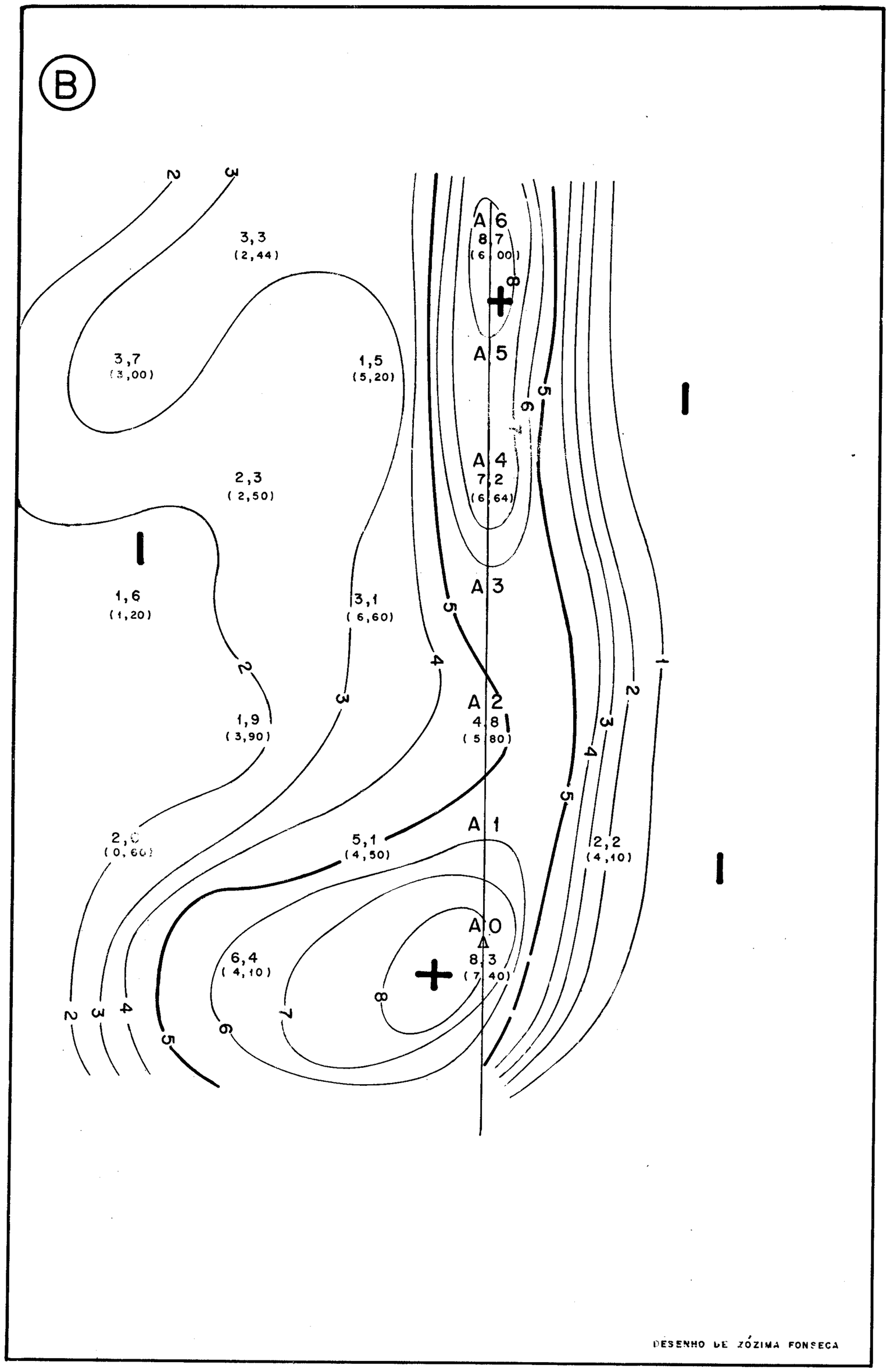
PROJETO BUENA

ASMOS

(A) MAPA MAGNETOMÉTRICO
CAMPO TOTAL

(B) MAPA DE ISOTEOR
MINERAIS PESADOS
(TEOR MÉDIO)

FIGURA 18



LEGENDA

MAPA (A)

118 — LEITURA MAGNETOMÉTRICA (INTENSIDADE TOTAL: ACRESCENTAR + 24.000 *GAMMAS*)

110 — LINHA DE ISOANOMALIA (INTERVALO DE CONTORNO DE 2 *GAMMAS*)

15 — REFERÊNCIA P/ CADERNETA

\+ — MÁXIMO MAGNETOMÉTRICO RELATIVO

— — MÍNIMO MAGNETOMÉTRICO RELATIVO

MAPA (B)

5,1 — TEOR EM MINERAIS PESADOS

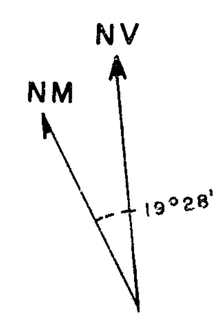
(4,50) — PROFUNDIDADE DO FURO

A 03 — EIXO DE REFERÊNCIA

10 — LINHA DE ISOTEOR

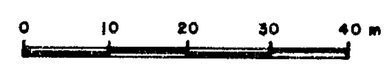
\+ — MÁXIMO DE CONCENTRAÇÃO RELATIVO

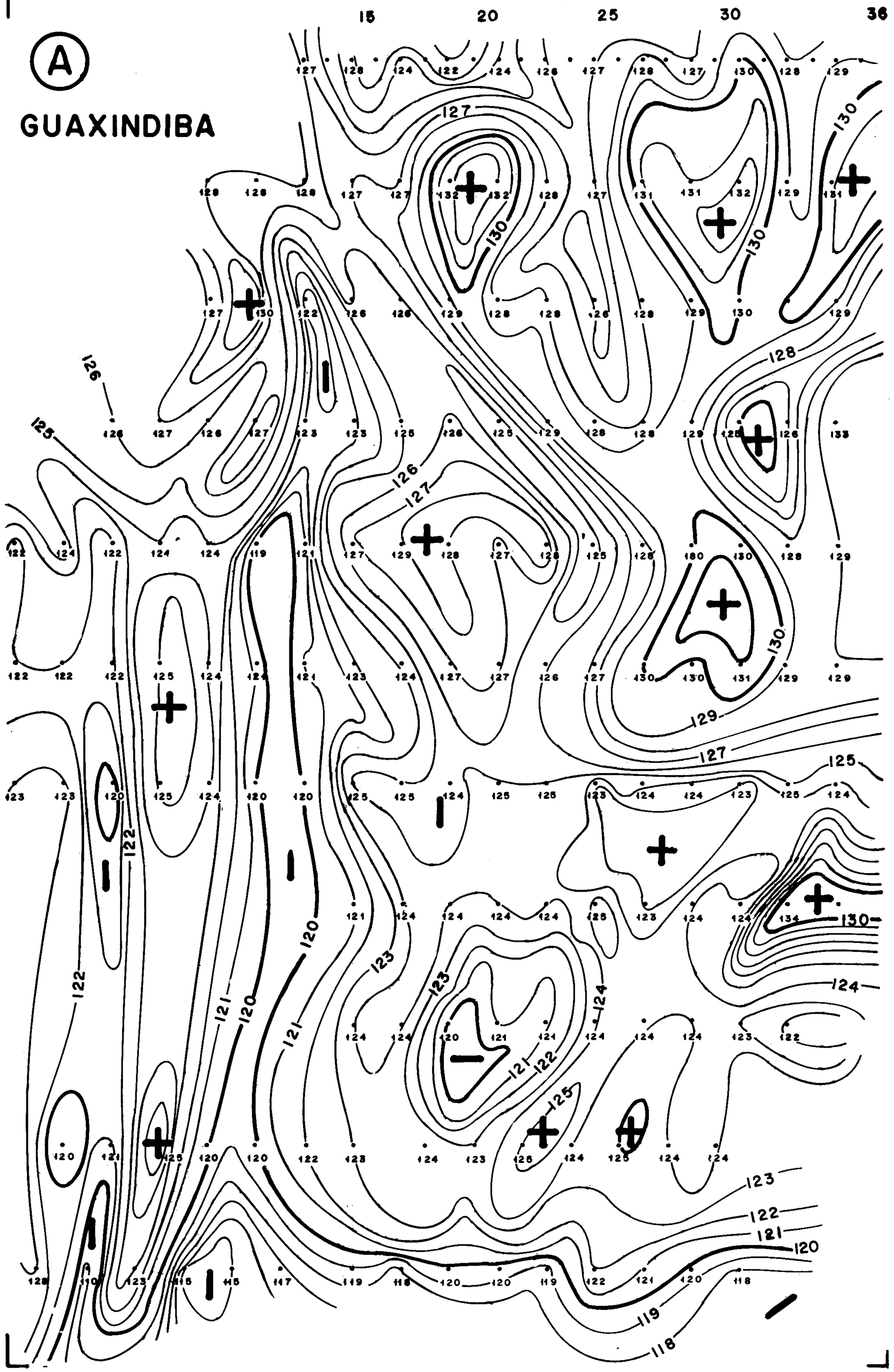
— — MÍNIMO DE CONCENTRAÇÃO RELATIVO



1973

ESCALA




A
GUAXINDIBA
15
20
25
30
36

CNEN
CBTN

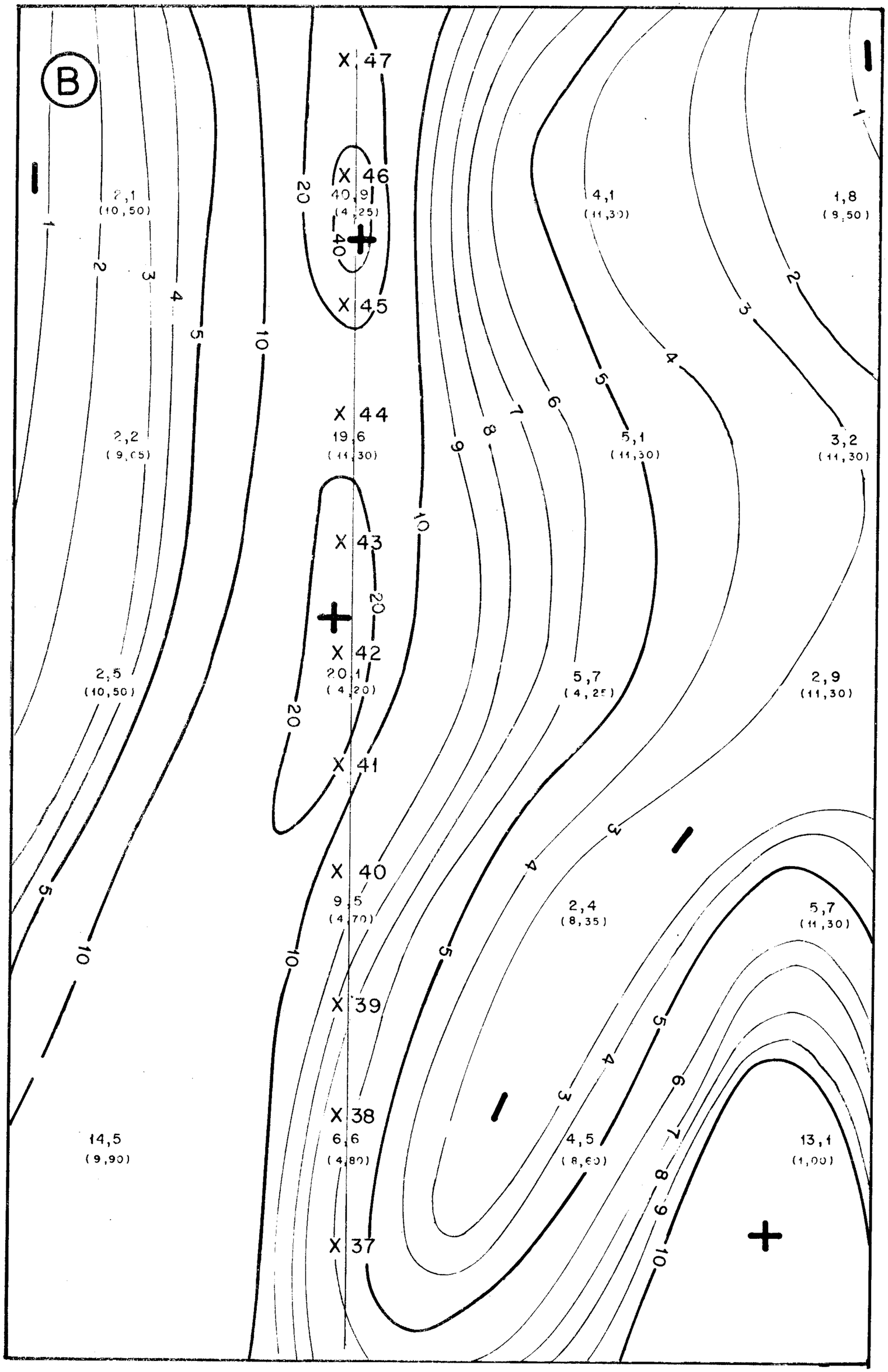
PROJETO BUENA

GUAXINDIBA

(A) MAPA MAGNETOMÉTRICO
CAMPO TOTAL

(B) MAPA DE ISOTEOR
MINERAIS PESADOS
(TEOR MÉDIO)

FIGURA 17



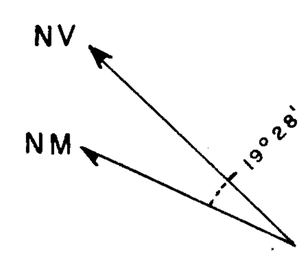
LEGENDA

MAPA (A)

123	LEITURA MAGNETOMÉTRICA (INTENSIDADE TOTAL: ACRESCENTAR 24.000 *GAMMAS*)
140	LINHA DE ISOANOMALIA (INTERVALO DE CONTORNO DE 1 *GAMMA*)
25	REFERÊNCIA P/. CADERNETA
+	MÁXIMO MAGNETOMÉTRICO RELATIVO
−	MÍNIMO MAGNETOMÉTRICO RELATIVO

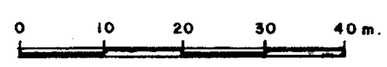
MAPA (B)

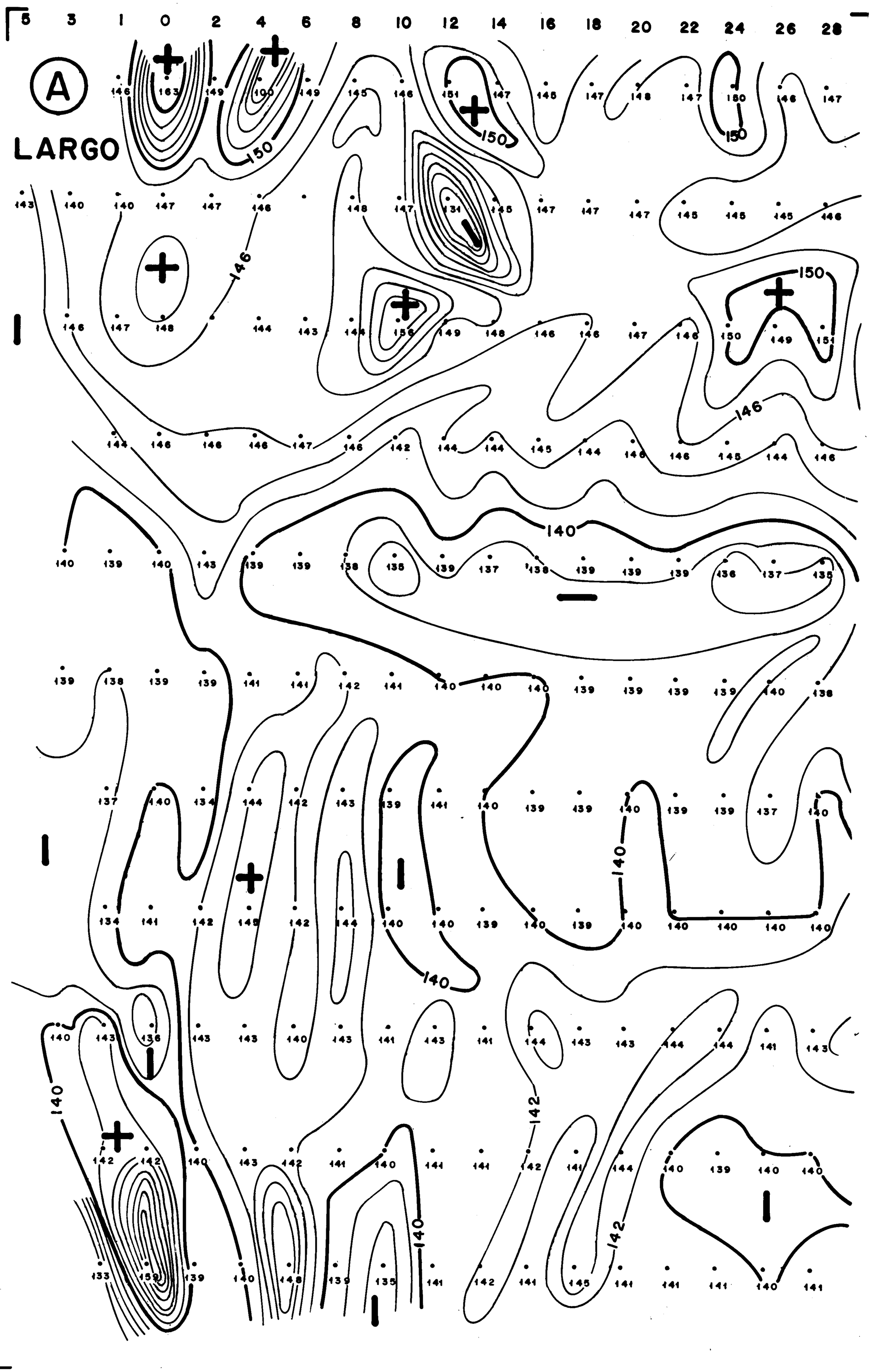
5,7	TEOR EM MINERAIS PESADOS
(4,25)	PROFUNDIDADE DO FURO
X 43	EIXO DE REFERÊNCIA
10	LINHA DE ISOTEOR
+	MÁXIMO DE CONCENTRAÇÃO RELATIVO
−	MÍNIMO DE CONCENTRAÇÃO RELATIVO



1973

ESCALA




5 3 1 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28
A
LARGO
150
146
140
142

CNEN
CBTN

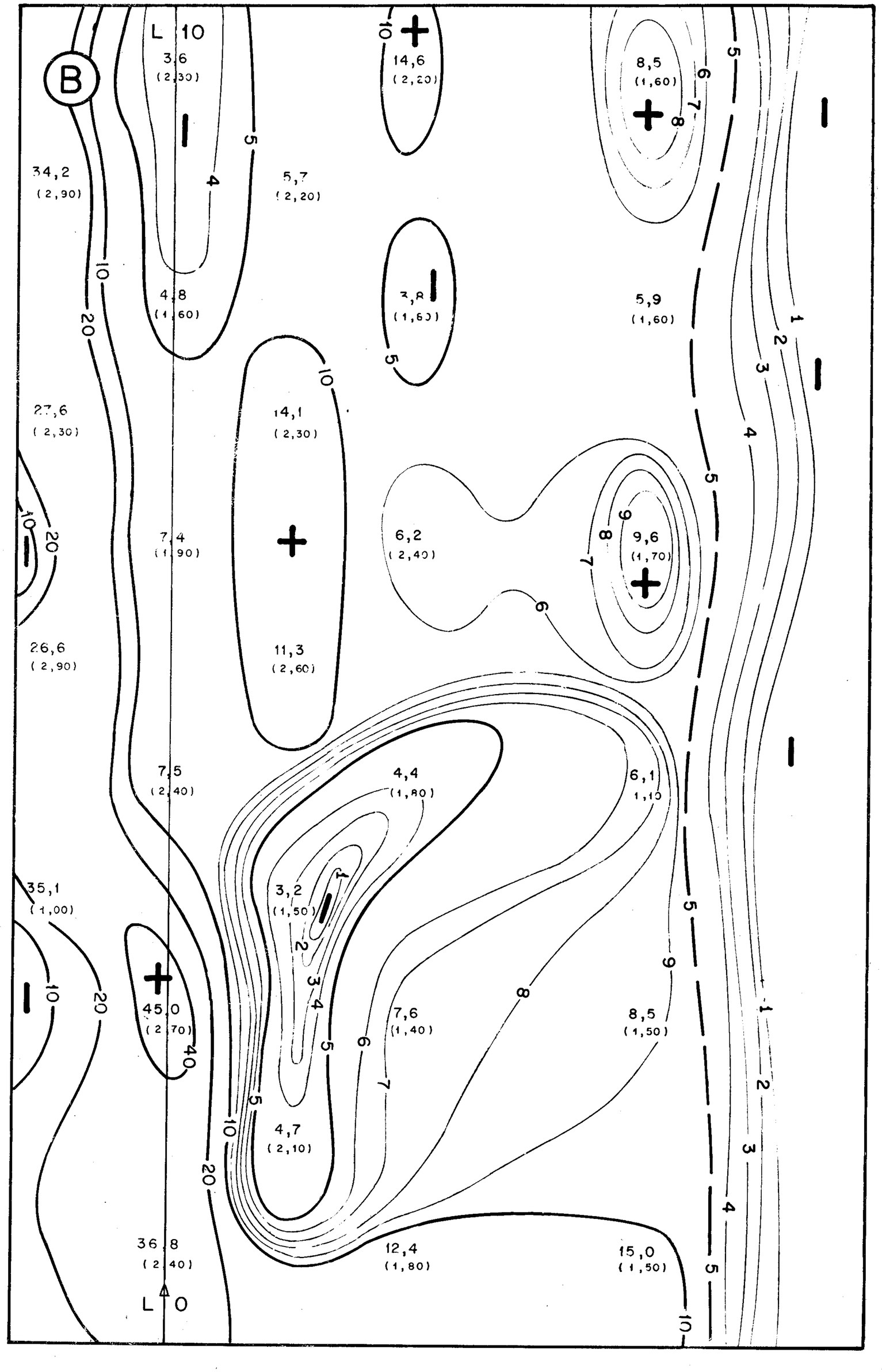
PROJETO BUENA

LARGO

(A) MAPA MAGNETOMÉTRICO
CAMPO TOTAL

(B) MAPA DE ISOTEOR
MINERAIS PESADOS
(ACIMA DO N. FREÁTICO)

FIGURA 19



LEGENDA

MAPA (A)

131 — LEITURA MAGNETOMÉTRICA (INTENSIDADE TOTAL: ACRESCENTAR 24.000 *GAMMAS*)

140 — LINHA DE ISOANOMALIA (INTERVALO DE CONTORNO DE 1 *GAMMA*)

25 — REFERÊNCIA P/ CADERNETA

\+ — MÁXIMO MAGNETOMÉTRICO RELATIVO

− — MÍNIMO MAGNETOMÉTRICO RELATIVO

MAPA (B)

7,4 — TEOR EM MINERAIS PESADOS

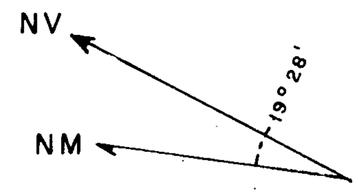
(1,90) — PROFUNDIDADE DO FURO

L 10 — EIXO DE REFERÊNCIA

10 — LINHA DE ISOTEOR

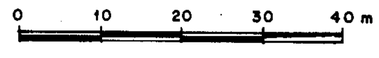
\+ — MÁXIMO DE CONCENTRAÇÃO RELATIVO

− — MÍNIMO DE CONCENTRAÇÃO RELATIVO



1973

ESCALA



As interpretações demonstraram que, pelo menos nas áreas testadas, os setores ricos em minerais pesados estão quase sempre coincidentes com os baixos magnetométricos relativos.

4.7.3 Sísmica de Refração

Na execução dos perfis testes foi aplicado um instrumento de refração sísmica modelo RS-4, fabricado pela DRESSER - South Western Industrial Eletronics, dispondo de 12 canais.

Para cada disposição dos geofones ("spreads") processou-se um tiro em cada extremidade e outros adjacentes a esta situação. (fig. 20).

Para os cálculos das profundidades foram utilizados somente os tiros nas extremidades de cada dispositivo, uma vez que em todas as seções, as distâncias críticas não excederam à metade dos comprimentos dos dispositivos. Os tiros afastados foram empregados apenas para comprovar a existência de um único refrator de alta velocidade, além de servirem de elementos de controle deste refrator para os tiros mais próximos.

Em todos os dispositivos utilizados procedeu-se à execução de tiros reversos.

Foram levantadas as linhas do corpo Asmos e do corpo Guaxindiba, dispostas transversalmente em relação aos maiores comprimentos das mineralizações e medindo respectivamente 50, 75 e 200 metros (fig. 21).

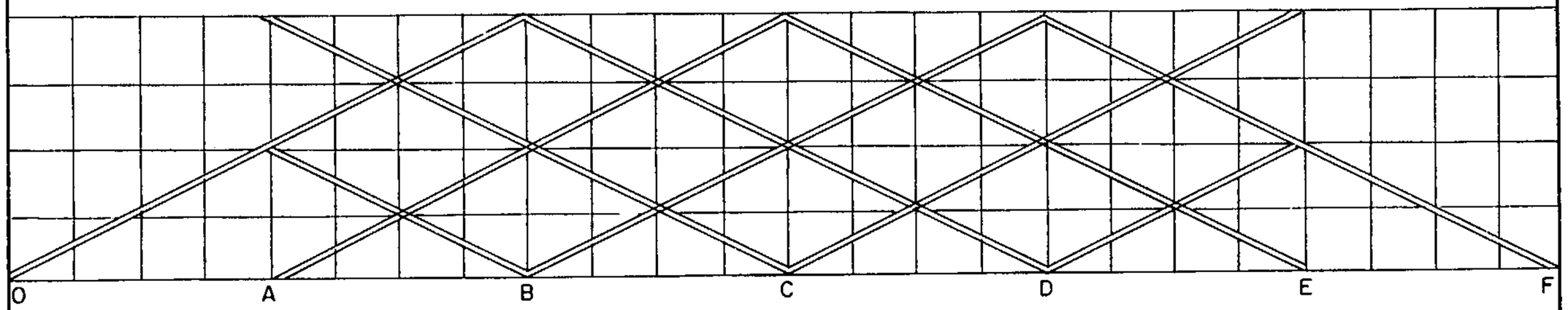
Os tiros foram efetuados próximos à superfície, ficando os bastões de dinamite ou frações destes, depositadas em furos de duas polegadas de diâmetro,

FIGURA 20

PROJETO BUENA

SÍSMICA DE REFRAÇÃO

DISPOSITIVO E PROGRAMA DE TIRO



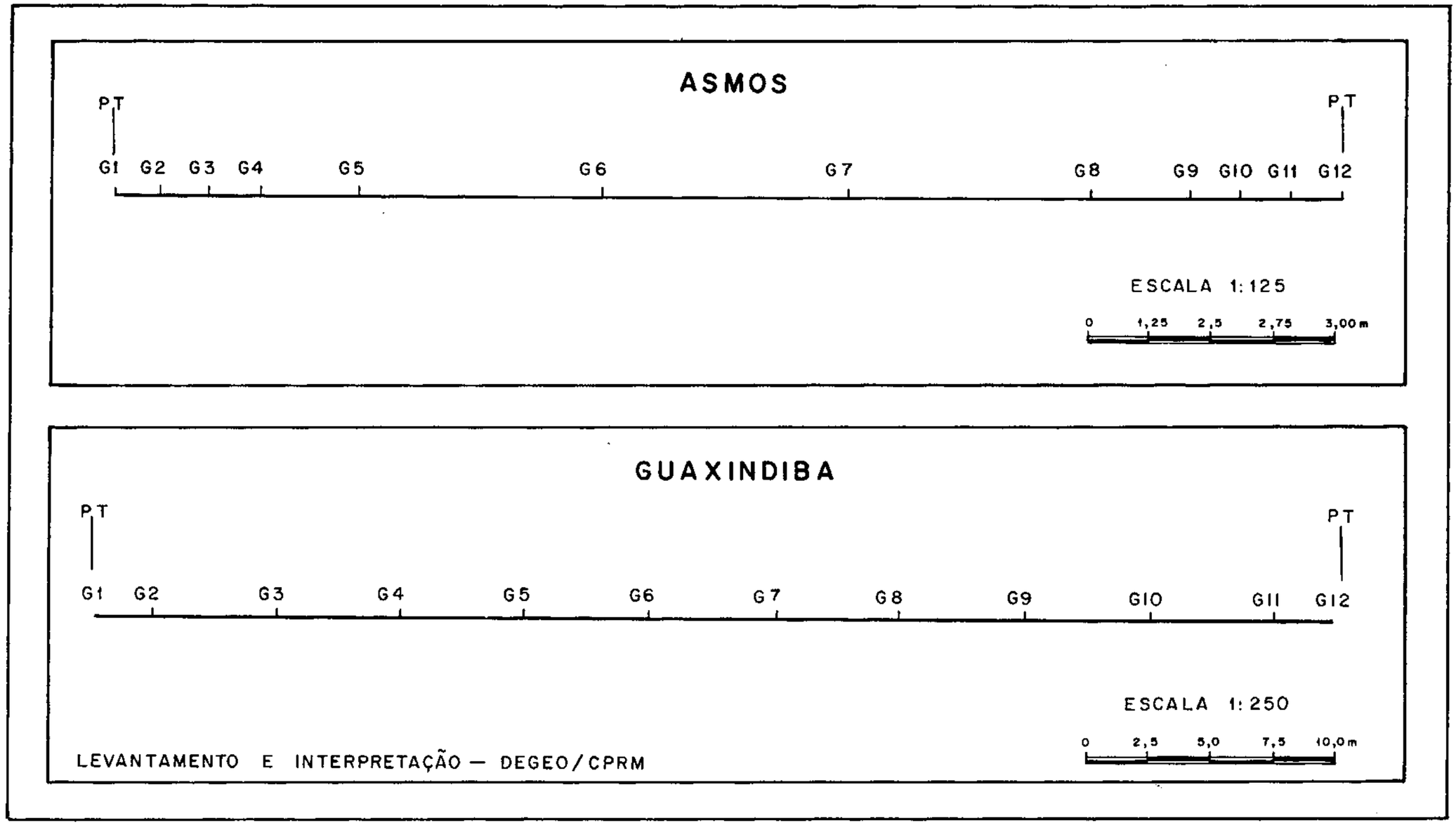
"SPREAD" 1	"SPREAD" 2	"SPREAD" 3	"SPREAD" 4
PONTO DE TIRO	PONTO DE TIRO	PONTO DE TIRO	PONTO DE TIRO
O	A	B	C
A	B	C	D
B	C	D	E
C	D	E	F

DEGEO / CPRM

CPRM

FIGURA 21

PROJETO BUENA
SÍSMICA DE REFRAÇÃO
DISTRIBUIÇÃO DOS GEOFONES



CPRM

LEGENDA

G1 , G2 .... GEOFONES PT PONTO DE TIRO

a uma profundidade aproximada de duas vêzes o comprimento do bastão utilizado.

Para os dispositivos de 25 metros, foram empregados 1/4 de um bastão de 200 gramas para os tiros próximos e 1/2 bastão para os tiros afastados. No caso dos dispositivos de 50 metros foram utilizadas cargas dobradas.

Em razão das áreas não apresentarem grandes desníveis topográficos e por não se dispor de dados detalhados de altimetria, não foram efetuadas correções topográficas. Foram determinadas, apenas, as profundidades abaixo dos pontos de tiro (tab. XIX).

A espessura da camada acima do lençol freático foi calculada pela seguinte equação:

$$Zo = \frac{Ti_1}{2} \frac{V_1 V_o}{\sqrt{V_1^2 - V_o^2}}$$

Sendo: Zo = Espessura da primeira zona

T_1 = "Intercept Time" da primeira camada (obtido através do gráfico de perfil)

V_o = Velocidade na camada superior

V_1 = Velocidade na camada saturada (abaixo do nível freático)

A espessura da camada saturada foi fornecida pela equação:

$$Z_1 = Ti_2 - \frac{2Z_o \quad V_2^2 - V_o^2}{V_o V_2} \frac{V_1 V_2}{2\sqrt{V_1^2 - V_o^2}}$$

Onde: Z_1 = Espessura da camada saturada (abaixo

TABELA XIX

PROJETO BUENA

SÍSMICA DE REFRAÇÃO

DADOS DOS PERFIS — RESULTADO DOS CÁLCULOS

LINHA	PONTO	V_0 (m/s)	V_1 (m/s)	V_2 (m/s)	Ti_1 (s)	Ti_2 (s)	Z_0 (m)	Z (m)
ASMOS A 2	A	214	388	1.250	,007	,023	0,898	3,904
	B	142	300	1.660	,005	,030	0,403	4,116
	B	110	322	1.100	,007	,030	0,410	4,213
	C	100	320	1.390	,009	,033	0,474	4,346
ASMOS A 5	A	90	333	1.250	,008	,023	0,374	2,915
	B	125	340	1.785	,006	,029	0,403	4,311
	B	100	333	1.562	,008	,033	0,419	4,617
	C	71	392	1.923	,013	,036	0,469	5,032
	C	150	386	1.923	,006	,029	0,488	4,923
	D	139	437	1.388	,013	,027	0,953	4,028
GUAXINDIBA X 44	A	89	385	1.470	,021	,037	0,961	4,043
	B	166	500	1.612	,016	,035	1,408	6,175
	B	139	800	1.612	,015	,027	1,059	6,507
	C	76	404	1.923	,012	,027	0,464	3,520
	C	250	428	1.470	,004	,020	0,616	4,004
	D	156	533	1.724	,012	,024	0,979	4,202
	D	178	587	1.612	,011	,025	1,027	5,290
	E	208	371	1.785	,006	,021	0,754	3,371

do nível freático)

Ti_2 = "Intercept Time" para a camada saturada.

V_2 = Velocidade do refrator inferior.

A espessura total foi obtida pela soma das duas camadas: $Z = Z_o + Z_1$

Através da análise dos perfis tempo-distância conclui-se, que nas áreas estudadas ocorrem três camadas bem definidas com comportamento horizontal ou apresentando mergulhos suaves (fig. 22 e 23).

1. CAMADA SUPERIOR - Constituída de areias friáveis, às vêzes coberta com solo incipiente, material de seco a úmido e localizado acima do nível freático. Apresentando velocidades extremamente baixas, entre (70 e 250) m/s.

2. CAMADA SATURADA - Formada de material arenoso com água, com velocidades que variaram entre (300 e 440) m/s no corpo Asmos e entre (370 e 590)m/s no corpo Guaxindiba.

3. CAMADA DO TOPO DO GRUPO BARREIRAS - Constituída por sedimentos essencialmente argilosos, por vêzes cobertos por leito de material laterítico. No corpo Asmos esta camada foi perfeitamente identificada, mostrando velocidades que oscilaram entre (1.250 e 1.920)m/s. No corpo Guaxindiba uma camada de comportamento idêntico com velocidades entre(1470 e 1920)m/s foi detectada a profundidades menores do que as indicadas pela amostragem, impedindo a determinação da espessura total do corpo.

Esta camada, de natureza con -

CPRM
AGÊNCIA SALVADOR

CNEN

CBTN

PROJETO BUENA

SÍSMICA DE REFRAÇÃO

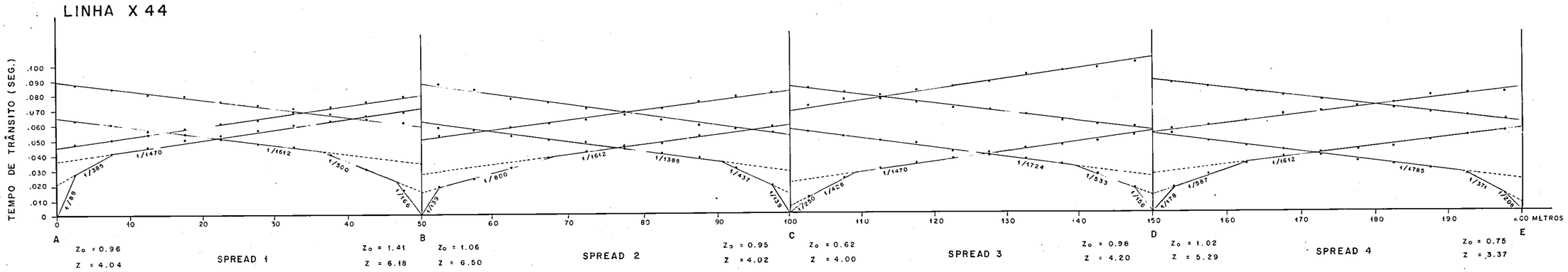
PERFIL

GUAXINDIBA

FIGURA 22

CPRM
AGÊNCIA SALVADOR

GUAXINDIBA



EXECUÇÃO E INTERPRETAÇÃO DEGEO/CPRM

DESENHO DE ZÓZIMA FONSECA

CPRM
AGÊNCIA SALVADOR

CNEN

CBTN

PROJETO BUENA

SÍSMICA DE REFRAÇÃO

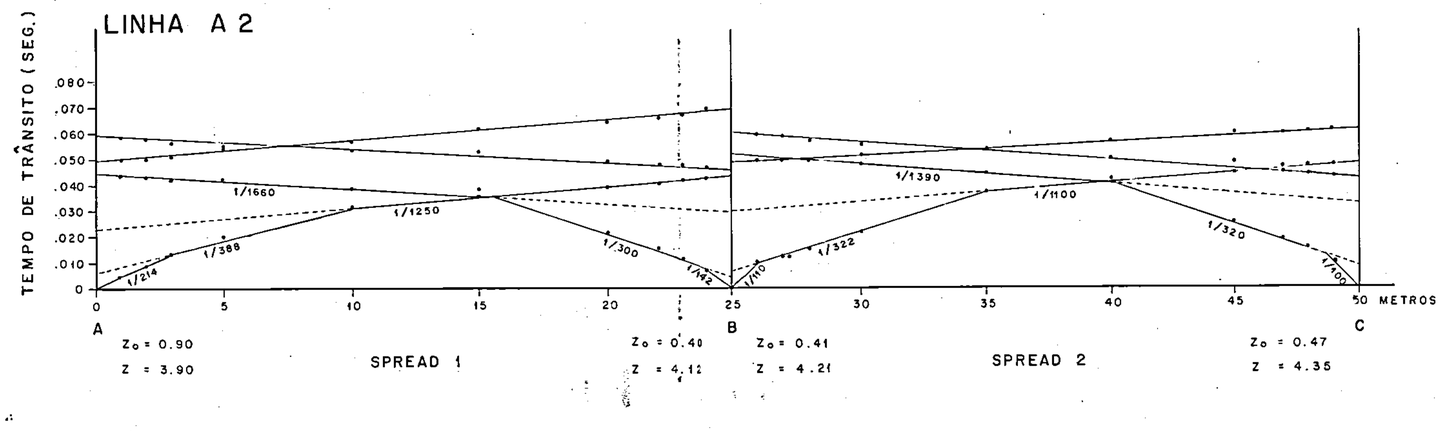
PERFIS

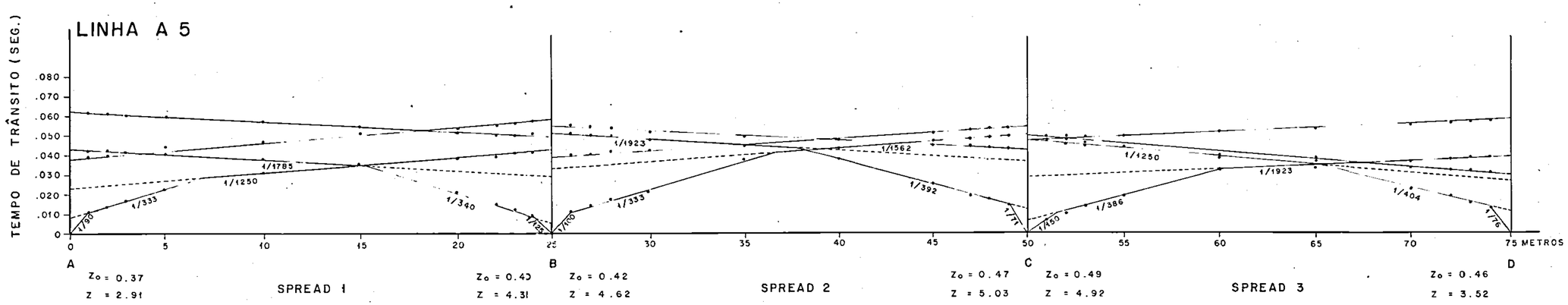
ASMOS

FIGURA 23

CPRM
AGÊNCIA SALVADOR

ASMOS





EXECUÇÃO E INTERPRETAÇÃO DEGEO/CPRM

DESENHO DE ZÓZIMA FONSECA

crecional é essencialmente constituída de leitos endurecidos formados por grãos de areia cimentados com material conchífero.

Os resultados obtidos pela sísmica de refração, considerando-se as naturais flutuações ao nível freático em decorrência das variações climáticas, foram satisfatórias quando comparados com os valores reais (fig. 24).

Conforme ficou provado na execução do perfil em Guaxindiba a presença intercalada de leitos endurecidos ou concrecionais no interior dos corpos arenosos, obscurecem a investigação das camadas localizadas abaixo destes leitos.

Os dados de velocidade de propagação obtidos nos registros sísmicos permitem estimar um relacionamento comparativo entre camadas de comportamento idêntico em corpos diferentes. Assim, por exemplo, pode-se dizer que no corpo Guaxindiba o material arenoso se apresenta mais compactado do que no corpo Asmos.

Na aplicação do método descrito em outras áreas, deverão ser efetuadas, ocasionalmente, sondagens manuais ou mecânicas visando determinar a presença de outras discordâncias com os valores obtidos pela sísmica em relação aos refratores.

4.8 Dados Físicos de Produção

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos, ininterruptamente, durante seis meses. Neste período foram executados trabalhos de radiometria, amostragem, sondagem e ensaios geofísicos; além de levantamen-

FIGURA 24

PROJETO BUENA

SÍSMICA DE REFRAÇÃO

DADOS COMPARATIVOS COM PROFUNDIDADES DE AMOSTRAGEM

LINHA A 2 — ASMOS

A	B	C
ES = 0,6	Zo = 0,9	Z = 0,4
	Z = 3,9	Z = 4,1
		ES = 2,0 Zo = 0,5
		ET = 3,9 Z = 4,3
A 2.7	A 2	A 2.3

ESCALA 1:500

LINHA A 5 — ASMOS

A	B	C	D
ES = 1,6	Zo = 0,4	Zo = 0,4	ES = 3,6 Zo = 0,5	Zo = 0,9
ET = 3,0	Z = 2,9	Z = 4,5	ET = 5,2 Z = 5,0	Z = 4,0
A 5.3		A 5	A 5.1	

ESCALA 1:500

LINHA X 44 — GUAXINDIBA

A	B	C	D	E
ES = 0,8 Zo = 0,9	ES = 0,8 Zo = 1,2	ES = 3,0 Zo = 0,5	ES = 2,3 Zo = 1,0	ES = 2,5 Zo = 0,7
ET = 8,8 Z = 4,0	ET = 9,6 Z = 6,3	ET > 11,3 Z = 3,7	ET > 11,3 Z = 4,7	ET > 11,3 Z = 3,4
X 44.3	X 44.1	X 44	X 44.2	X 44.4

ESCALA 1:1000

LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO— DEGEO / CPRM

LEGENDA
- ES: ESPESSURA CAMADA SUPERIOR DETERMINADA P/AMOSTRAGEM
- ET: " TOTAL " " (CAMADA SUPERIOR + CAMADA SATURADA)
- Zo: ESPESSURAS CAMADA SUPERIOR DETERMINADA P/SÍSMICA
- Z : " TOTAL " " (CAMADA SUPERIOR + CAMADA SATURADA)

ESCALA. 1:1000

CPRM

tos topográficos e reconhecimento geológico. Concomitantemente e em ocasiões posteriores foram efetuadas análises mineralógicas quantitativas e qualitativas, sendo que as primeiras totalizaram 4.150 análises de determinação de minerais pesados e suas frações de ilmenita, monazita e zirconita + rutilo naquelas em que o teor alcançou 5% de minerais pesados no total da amostra. Estas análises estiveram a cargo da CBTN e o processamento mecânico necessário à preparação da amostra foi executado nas dependências da usina e no seu laboratório de qualidade.

As análises químicas, morfoscópicas, granulométricas e algumas mineralógicas foram processadas no laboratório da CPRM (LAMIN), a partir de amostras representativas dos corpos de minério.

A profundidade máxima de amostragem foi de 11,40 m na área de Guaxindiba e a mínima: 0,30 m nas proximidades de afloramentos do Grupo Barreiras.

A sondagem rotativa, utilizando sonda Winkie, totalizou 125 metros de furação incluindo cordões arenosos e Grupo Barreiras.

O levantamento topográfico, em escala 1:5000, abrangeu uma área de 91 km^2 com amarração de marcos na estrada principal e áreas amostradas.

A produção dos ensaios de aplicação de métodos geofísicos e dos trabalhos radiométricos, são mostrados nas tabelas XX e XXI.

TABELA XX

PRODUÇÃO

ENSAIOS GEOFÍSICOS

MÉTODO	NÚMERO DE ESTAÇÕES	QUILOMETRAGEM	ESPAÇAMENTO (m)
MAGNETOMÉTRICO	533	5,3	1,0
ELETRORRESISTIVIDADE	53	1,2	VARIÁVEL
SÍSMICA DE REFRAÇÃO	9*	0,5	VARIÁVEL

* Nove "spreads" com 12 geofones

No levantamento cintilométrico foram utilizados intervalos de 200 metros entre os perfis e espaçamentos de 25 metros entre as leituras. No levantamento radiométrico com gamâmetro foram adotados 25 e 10 metros, respectivamente.

A amostragem usando trados de concha, "sludge pump" e trados mecânicos alcançou 13.600 metros de perfuração.

Nos ensaios de sísmica de refração empregou-se 1/4 de bastão de dinamite de 200 gramas para os tiros próximos e 1/2 bastão para os tiros afastados, no caso do dispositivo de 25 metros. Aplicou-se carga dobrada para os dispositivos de 50 metros. A equipe de trabalho constou de um operador, um detonador e dois auxiliares para estender os cabos dos geofones e escavar os pontos de tiro, tendo estes últimos uma profundidade de duas vêzes o comprimento da fração do bastão utilizada.

A tabela XXII relaciona todos os mapas incluídos em anexos, com suas respectivas simbologias.

TABELA XXI

PRODUÇÃO

R A D I O M E T R I A

ÁREA	INSTRUMENTO	QUILOMETRAGEM PERCORRIDA	Nº DE PERFIS
GUAXINDIBA	CINTILÔMETRO	3,2	16
	GAMÂMETRO	2,3	92
SALINAS	CINTILÔMETRO	1,8	9
	GAMÂMETRO	1,7	67
MANGUINHOS	CINTILÔMETRO	1,8	9
	GAMÂMETRO	1,5	61
CAVEIRA	CINTILÔMETRO	2,2	11
	GAMÂMETRO	2,0	80
SAMAMBAIA	CINTILÔMETRO	1,8	9
	GAMÂMETRO	1,6	65
BOA ESPERANÇA	CINTILÔMETRO	2,0	10
	GAMÂMETRO	2,1	85
LARGO	CINTILÔMETRO	1,7	9
	GAMÂMETRO	1,7	67
CAÇADOR/ATALHOS	CINTILÔMETRO	1,8	9
	GAMÂMETRO	1,7	69
GURIRI	CINTILÔMETRO	2,0	10
	GAMÂMETRO	1,9	78
LAGO DOCE I e II	CINTILOMETRO	1,6	16
	GAMÂMETRO	0,9	36
ASMOS	CINTILÔMETRO	3,3	19
	GAMÂMETRO	2,8	112
SÃO FRANCISCO I e II	CINTILÔMETRO	0,8	4
	GAMÂMETRO	0,7	28
CUTINGUTA II	CINTILÔMETRO	2,2	11
	GAMÂMETRO	2,1	64
TOTAL	CINTILÔMETRO	62,2	142
	GAMÂMETRO	23,0	904

TABELA XXII

SIMBOLOGIA DOS MAPAS

Mapas de Localização dos Corpos Mineralizados

L	1	GUAXINDIBA
L	2	SALINAS - MANGUINHOS
L	3	CAVEIRA
L	4	SAMAMBAIA - BOA ESPERANÇA
L	5	BOA ESPERANÇA - LARGO
L	6	CAÇADOR - ATALHOS - GURIRI
L	7	PONTA DO RETIRO I e II - LAGO DOCE I e II
L	8	ASMOS
L	9	SÃO FRANCISCO I e II
L	10	CUTINGUTA II

Mapas Cintilométricos

C	1	GUAXINDIBA
C	2	SALINAS
C	3	MANGUINHOS
C	4	CAVEIRA
C	5	SAMAMBAIA
C	6	BOA ESPERANÇA
C	7	LARGO
C	8	CAÇADOR - ATALHOS
C	9	GURIRI
C	10	LAGO DOCE I e II
C	11	ASMOS
C	12	SÃO FRANCISCO I e II
C	13	CUTINGUTA II

CPRM

Mapas Radiométricos

Gama Total

G	1	GUAXINDIBA
G	2	SALINAS
G	3	MANGUINHOS
G	4	CAVEIRA
G	5	SAMAMBAIA
G	6	BOA ESPERANÇA
G	7	LARGO
G	8	CAÇADOR
G	9	GURIRI
G	10	LAGO DOCE I
G	11	LAGO DOCE II
G	12	ASMOS
G	13	SÃO FRANCISCO I
G	14	CUTINGUTA II

Gama Residual

R	1	GUAXINDIBA
R	2	SALINAS
R	3	MANGUINHOS
R	4	CAVEIRA
R	5	SAMAMBAIA
R	6	BOA ESPERANÇA
R	7	LARGO
R	8	CAÇADOR
R	9	GURIRI
R	10	LAGO DOCE I
R	11	LAGO DOCE II
R	12	ASMOS
R	13	SÃO FRANCISCO I
R	14	CUTINGUTA II

Mapas de Isoteores de Minerais Pesados

P	1	GUAXINDIBA	- (Acima do Freático)
P	2	GUAXINDIBA	- (Abaixo do Freático)
P	3	GUAXINDIBA	- (Teores Médios)
P	4	SALINAS	- (Acima do Freático)
P	5	SALINAS	- (Abaixo do Freático)
P	6	SALINAS	- (Teores Médios)
P	7	MANGUINHOS	
P	8	CAVEIRA	- (Acima do Freático)
P	9	CAVEIRA	- (Abaixo do Freático)
P	10	CAVEIRA	- (Teores Médios)
P	11	SAMAMBAIA	
P	12	BOA ESPERANÇA	- (Acima do Freático)
P	13	BOA ESPERANÇA	- (Abaixo do Freático)
P	14	BOA ESPERANÇA	- (Teores Médios)
P	15	LARGO	
P	16	CAÇADOR	
P	17	ATALHOS	
P	18	GURIRI	
P	19	PONTA DO RETIRO I -	- (Teores Médios)
P	20	PONTA DO RETIRO II	-
P	21	LAGO DOCE I	- (Acima do Freático)
P	22	LAGO DOCE I	- (Abaixo do Freático)
P	23	LAGO DOCE I	- (Teores Médios)
P	24	LAGO DOCE II	- (Acima do Freático)
P	25	LAGO DOCE II	- (Abaixo do Freático)
P	26	LAGO DOCE II	- (Teores Médios)
P	27	ASMOS	- (Acima do Freático)
P	28	ASMOS	- (Abaixo do Freático)
P	29	ASMOS	- (Teores Médios)

(continuação)

P	30	SÃO FRANCISCO I	
P	31	SÃO FRANCISCO II	
P	32	CUTINGUTA II	-(Acima do Freático)
P	33	CUTINGUTA II	-(Teores Médios)

Mapas de Isoteores de Ilmenita

I	1	GUAXINDIBA	-(Acima do Freático)
I	2	GUAXINDIBA	-(Abaixo do Freático)
I	3	SALINAS	-(Acima do Freático)
I	4	SALINAS	-(Abaixo do Freático)
I	5	MANGUINHOS	
I	6	CAVEIRA	-(Acima do Freático)
I	7	CAVEIRA	-(Abaixo do Freático)
I	8	SAMAMBAIA	
I	9	BOA ESPERANÇA	-(Acima do Freático)
I	10	BOA ESPERANÇA	-(Abaixo do Freático)
I	11	LARGO	
I	12	CAÇADOR	
I	13	ATALHOS	
I	14	GURIRI	
I	15	PONTA DO RETIRO	-(Teores Médios)
I	16	LAGO DOCE I	-(Acima do Freático)
I	17	LAGO DOCE I	-(Abaixo do Freático)
I	18	LAGO DOCE II	
I	19	ASMOS	-(Acima do Freático)
I	20	ASMOS	-(Abaixo do Freático)
I	21	SÃO FRANCISCO I	
I	22	SÃO FRANCISCO II	
I	23	CUTINGUTA II	

Mapas de Isoteores de Monazita

M	1	GUAXINDIBA	-(Acima do Freático)
M	2	GUAXINDIBA	-(Abaixo do Freático)
M	3	SALINAS	-(Acima do Freático)
M	4	SALINAS	-(Abaixo do Freático)
M	5	MANGUINHOS	
M	6	CAVEIRA	-(Acima do Freático)
M	7	CAVEIRA	-(Abaixo do Freático)
M	8	SAMAMBAIA	
M	9	BOA ESPERANÇA	-(Acima do Freático)
M	10	BOA ESPERANÇA	-(Abaixo do Freático)
M	11	LARGO	
M	12	CAÇADOR	
M	13	ATALHOS	
M	14	GURIRI	
M	15	PONTA DO RETIRO I	-(Teores Médios)
M	16	LAGO DOCE I	-(Acima do Freático)
M	17	LAGO DOCE I	-(Abaixo do Freático)
M	18	LAGO DOCE II	
M	19	ASMOS	-(Acima do Freático)
M	20	ASMOS	-(Abaixo do Freático)
M	21	SÃO FRANCISCO I	
M	22	SÃO FRANCISCO II	
M	23	CUTINGUTA II	

Mapas de Isoteores de Zirconita + Rutilo

Z	1	GUAXINDIBA	-(Acima do Freático)
Z	2	GUAXINDIBA	-(Abaixo do Freático)
Z	3	SALINAS	-(Acima do Freático)
Z	4	SALINAS	-(Abaixo do Freático)
Z	5	MANGUINHOS	
Z	6	CAVEIRA	-(Acima do Freático)
Z	7	CAVEIRA	-(Abaixo do Freático)
Z	8	SAMAMBAIA	
Z	9	BOA ESPERANÇA	-(Acima do Freático)
Z	10	BOA ESPERANÇA	-(Abaixo do Freático)
Z	11	LARGO	
Z	12	CAÇADOR	
Z	13	ATALHOS	
Z	14	GURIRI	
Z	15	PONTA DO RETIRO I	-(Acima do Freático)
Z	16	LAGO DOCE I	-(Acima do Freático)
Z	17	LAGO DOCE I	-(Abaixo do Freático)
Z	18	LAGO DOCE II	
Z	19	ASMOS	-(Acima do Freático)
Z	20	ASMOS	-(Abaixo do Freático)
Z	21	SÃO FRANCISCO I	
Z	22	SÃO FRANCISCO II	
Z	23	CUTINGUTA II	

5. PESQUISA DOS DEPÓSITOS

5.1 Radiometria

Os levantamentos radiométricos prospectivos foram executados aproveitando a presença da monazita associada aos outros minerais pesados, em concentrações. Mais especificamente pelo conteúdo de tório, terras raras e algum urânio do mineral monazita.

A amostragem executada nas áreas das mineralizações demonstrou uma significativa correspondência entre os teores acima de 5% de minerais pesados e os valores maiores que 100-150 cps do cintilômetro e 40 cps do gamâmetro, com algumas oscilações de área para área.

Os mapas interpretativos das leituras de campo obtidos através da utilização de cintilômetro e/ou gamâmetro (gama total) foram numerados de C 1 a C 13 e G1 a G 14, respectivamente. Estas interpretações foram coadjuvadas por mapas denominados de gama residual numerados de R 1 a R 14, que destacaram curvas isogâmicas acima do valor regional ("background"). Vide ítem 4.2 (Metodologia Empregada).

Na análise do significado dos valores residuais é fundamental considerar-se, que a superfície gerada como representativa do "background" não é plana, mas de natureza geométrica ondulada em que, cada valor depende das demais leituras em torno do ponto considerado.

Os valores originais de gama total situados acima do regional apareceram, após a soma algébrica dos algarismos correspondentes a estas leituras de campo e os valores regionais, com sinal positivo. Por outro lado, as leituras situadas abaixo da superfície "background"

foram assinaladas com sinal negativo.

Os números finais obtidos pelas operações indicadas foram constituir a base para o traçado dos mapas residuais.

Deve-se destacar que os mínimos relativos assinalados nos mapas não foram interpretados apenas com base pontuais nas leituras de campo, mas sim da integração de valores circundantes a esses pontos.

Os máximos gâmicos indicam, aproximadamente, as concentrações de monazita e conseqüentemente da assembléia de minerais pesados, ressaltando-se que a profundidade dessas zonas mineralizadas é um parâmetro de real importância na resposta dos levantamentos radiométricos de superfície.

5.2 Configuração dos Corpos Mineralizados

As concentrações de minerais pesados apresentam-se distribuídas em cordões litorâneos que acompanham a linha de costa, com exceção dos pláceres de Ponta do Retiro, contidos em praia atual.

Os mapas de localização dos corpos mineralizados delimitados por radiometria mostram, que estes possuem estruturas alongadas, em geral concordantes com os cordões. A interpretação dos mapas de isoteores demonstraram que as lentes de concentrações acompanham o controle topográfico.

Estas concentrações apresentam-se com larguras bastantes diversas, variando de 10 a 350 metros, às vêzes, em uma mesma área, com comprimentos de até 3 km.

Os corpos mineralizados estendem-se próximos à costa. Exceção feita para os corpos localizados no extremo norte da área, que estão afastados de até 2 km da linha de praia.

A direção geral do comprimento dos corpos é NE-SW, de Guaxindiba até a Ponta do Retiro; N-S da Ponta do Retiro até o rio Itabapoana e NW-SE, da foz deste rio até a extremidade norte da área.

As figuras 25, 26 e 27 representam os perfis transversais dos corpos Largo e Asmos locados sobre linhas de amostragem niveladas.

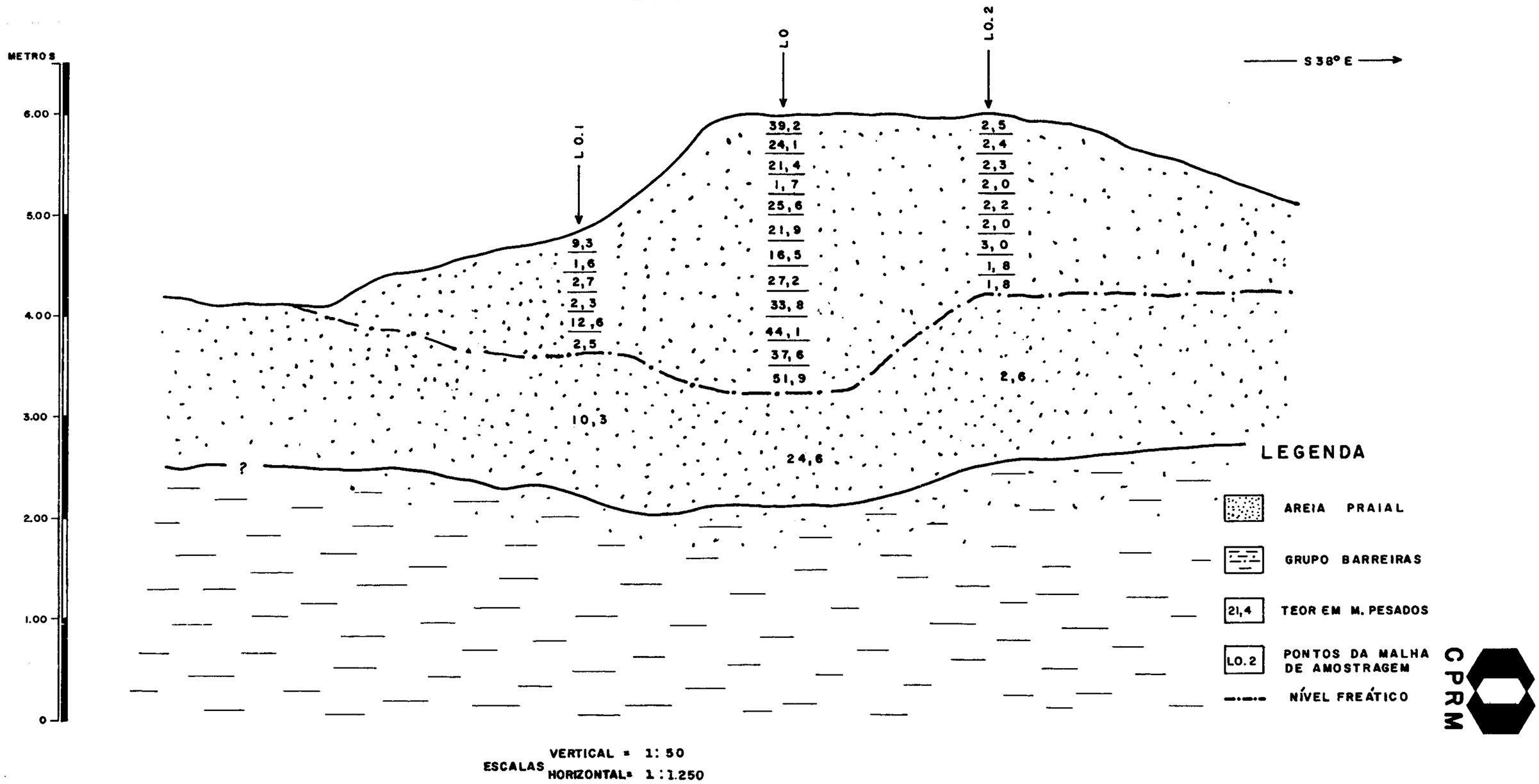
5.3 Mineralogia das Concentrações

Com base nos resultados das análises mineralógicas executadas (Tab. XXIII), podemos considerar, para as áreas amostradas, a seguinte assembléia de minerais pesados: ilmenita, outros óxidos de ferro, zirconita, rutilo, monazita, silimanita e espinélio. E acessoriamente, a existência dos seguintes minerais: magnetita, estaurolita, cianita, anfibólio, andalusita e granada. Esporadicamente tem-se a presença de córindon, gahnita, titanita e outros. Analisando a constituição da assembléia-tipo podemos mencionar três possíveis fontes de minerais pesados dos depósitos estudados: (a) rochas ígneas básicas, (b) rochas ígneas ácidas e (c) rochas metamórficas de alto grau.

Análises mineralógicas mais apuradas nas frações CBTN (tab. XXIV a XXVII), mostraram uma participação efetiva de ilmenita, monazita, zirconita

FIGURA 25

PERFIL
LARGO
LINHA LO



ESCALAS VERTICAL = 1:50
HORIZONTAL = 1:1.250

FIGURA 26

PERFIL
ASMOS
LINHA A 28

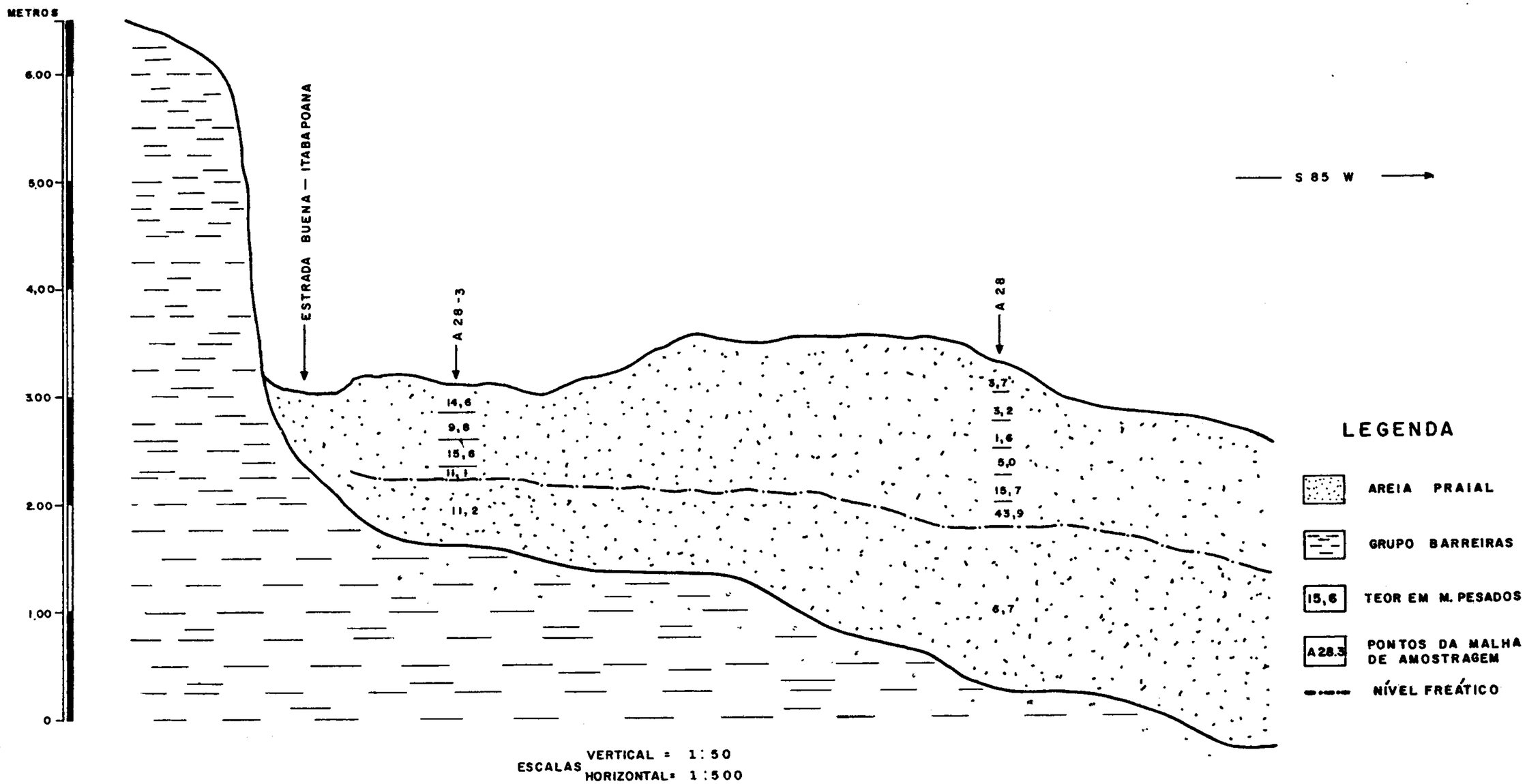
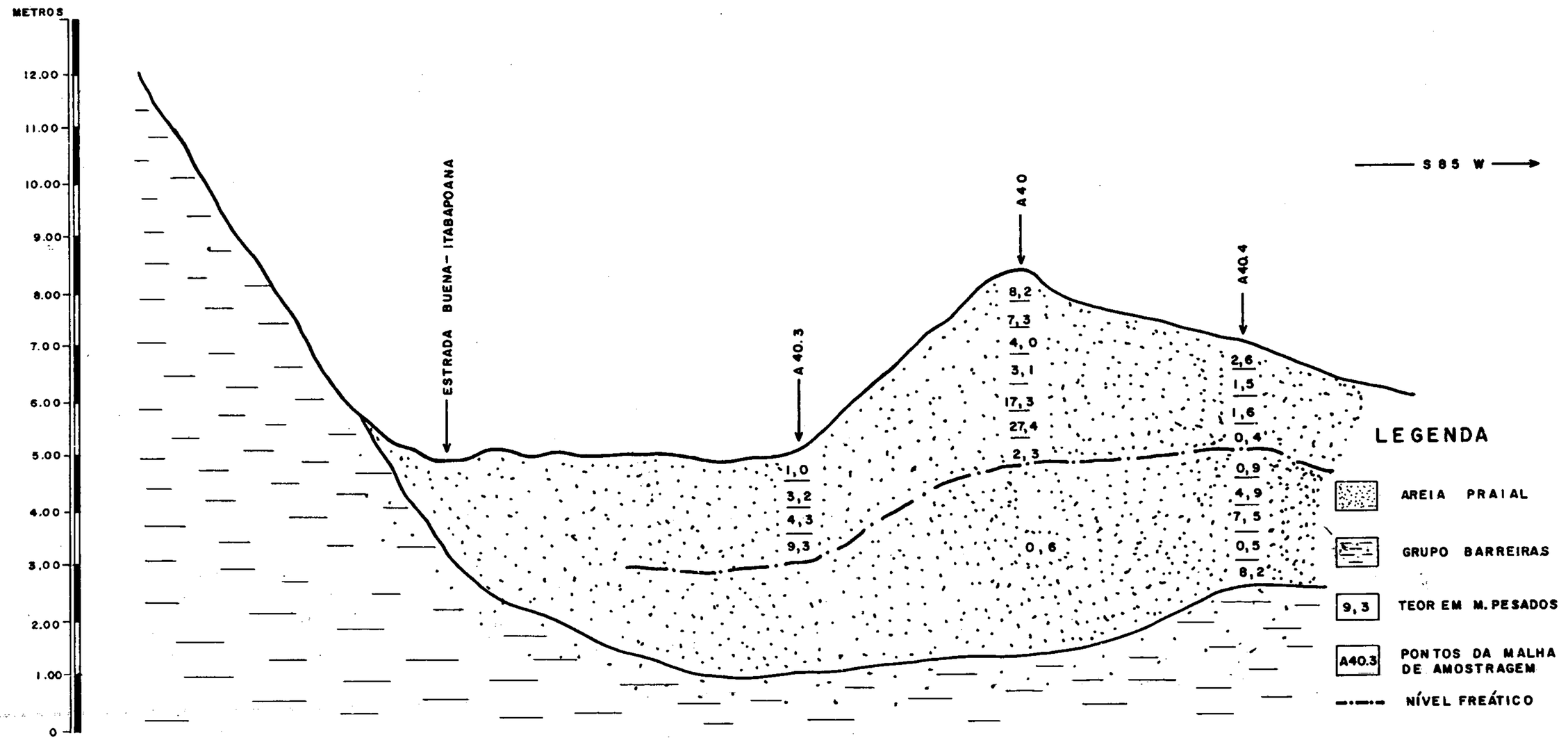


FIGURA 27

PERFIL
ASMOS
LINHA A 40



ESCALAS VERTICAL = 1:100
HORIZONTAL = 1:1.250

CPRM

TABELA XXIII

PROJETO BUENA

ANÁLISE MINERALÓGICA DOS MINERAIS PESADOS

(% SOBRE AMOSTRA TOTAL)

AMOSTRAS REPRESENTATIVAS

CORPO / BLOCO / MINERAL	ILMENITA	ÓX. de FERRO	ZIRCONITA	RUTILO	MONAZITA	SILIMANITA	ESPINÉLIO	MAGNETITA	TURMALINA	ESTAUROLITA	CIANITA	MICAS	PIROXÊNIO	ANFIBÓLIO	ANDALUSITA	CÓRINDON	GRANADA	LEUCOXÊNIO	ANATÁSIO	XENOTIMA	EPIDOTO	TITANITA	APATITA	ZOISITA	TULITA	GAHNITA	TOPÁZIO	FRAGMENTOS DE CONCHAS
GUAXINDIBA	3,13	2,06	1,34	0,38	0,16	0,17	0,09	0,02	0,02	X	X	—	—	X	X	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,15
BLOCO 00	0,22	0,10	0,13	0,04	0,04	0,01	0,01	X	0,01	X	0,04	—	—	X	X	—	—	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 0	0,53	0,28	0,24	0,12	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,03	0,09	—	—	X	X	—	X	0,31	—	—	X	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 1	3,34	0,43	0,55	0,43	0,15	0,08	0,59	0,02	X	0,02	0,71	—	—	—	0,02	—	X	1,86	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 2	5,21	2,30	1,51	0,36	0,16	—	0,78	0,03	0,11	0,04	—	—	—	0,05	—	0,11	—	X	—	—	0,05	—	—	—	—	X	—	0,06
BLOCO 3	6,00	2,21	1,68	0,36	0,62	0,15	0,30	0,03	0,02	0,03	0,05	—	—	0,09	—	0,03	—	—	—	0,08	—	—	—	—	—	X	—	0,06
BLOCO 4	7,67	0,80	1,21	0,11	0,11	0,03	0,41	0,01	0,06	0,03	X	—	—	0,05	—	0,09	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X	—	0,02
BLOCO 5	7,33	1,15	2,36	0,63	0,35	—	0,26	0,04	0,06	X	—	—	—	0,13	—	0,10	X	—	—	—	—	—	—	—	—	X	—	X
BLOCO 6	3,48	0,77	1,14	0,27	0,16	0,19	0,09	0,01	0,04	0,04	—	—	—	X	—	X	—	X	—	—	—	—	—	—	—	X	—	X
SALINAS	3,05	0,85	1,56	0,48	0,21	0,27	0,10	0,03	0,01	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BLOCO 1	1,79	0,73	0,71	0,36	0,50	X	—	0,37	X	X	—	X	—	0,12	X	—	X	0,32	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—
BLOCO 2	0,60	0,33	0,40	0,17	0,18	—	X	0,16	—	—	—	—	—	0,09	—	—	—	0,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BLOCO 3	0,40	0,17	0,18	0,15	0,16	0,04	X	0,08	—	—	0,04	—	—	0,08	—	—	—	0,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BLOCO 4	3,70	0,24	1,11	0,25	0,93	—	X	0,11	0,10	X	—	—	—	0,24	—	—	—	0,31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BLOCO 5	6,98	1,98	1,87	1,10	1,18	0,43	0,16	0,03	0,05	—	0,61	X	—	—	—	—	—	0,82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

CPRM

TABELA XXIII
(cont.)

PROJETO BUENA

ANÁLISE MINERALÓGICA DOS MINERAIS PESADOS

(% SOBRE AMOSTRA TOTAL)

AMOSTRAS REPRESENTATIVAS

CORPO / BLOCO / MINERAL	ILMENITA	ÓX. de FERRO	ZIRCONITA	RUTILO	MONAZITA	SILIMANITA	ESPINÉLIO	MAGNETITA	TURMALINA	ESTAUROLITA	CIANITA	MICAS	PIROXÊNIO	ANFIBÓLIO	ANDALUSITA	CÓRINDON	GRANADA	LEUCOXÊNIO	ANATÁSIO	XENOTIMA	EPIDOTO	TITANITA	APATITA	ZOISITA	TULITA	GAHNITA	TOPÁZIO	FRAGMENTOS DE CONCHAS
MANGUINHOS	1,58	0,73	0,67	0,36	0,07	0,07	0,05	0,01	0,02	X	X	—	—	X	—	—	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	0,04
BLOCO 0	1,32	0,94	0,72	0,10	0,08	0,07	0,04	0,01	X	X	X	X	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,03
BLOCO 1	3,66	1,28	2,35	0,44	0,15	0,22	0,07	0,03	0,01	0,01	—	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 2	1,55	0,45	0,60	0,12	0,05	0,06	0,01	0,02	X	X	X	—	—	X	—	X	—	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—	0,03
BLOCO 3	1,39	1,32	1,13	0,14	0,11	0,11	0,03	0,01	0,01	X	X	—	—	X	—	—	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	0,05
BLOCO 4	0,78	0,72	0,52	0,17	0,06	0,12	0,01	0,02	X	X	X	—	—	X	—		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	X
CAVEIRA	3,31	1,93	1,55	0,46	0,18	0,24	0,08	0,02	0,02	X	X	—	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 0000	4,83	1,17	2,15	0,51	0,28	0,06	0,66	0,02	0,11	0,01	0,03	—	—	0,03	—	0,04	—	X	—	—	X	—	—	—	—	X	—	X
BLOCO 000	6,41	1,08	2,96	0,32	0,67	X	0,17	0,05	0,10	X	0,07	—	—	0,13	—	0,04	—	X	—	—	—	—	—	—	—	X	—	X
BLOCO 00	3,18	1,29	1,73	0,29	0,38	0,01	0,09	0,03	0,01	0,01	0,02	—	—	0,05	X	X	—	X	—	—	X	—	—	—	—	X	—	X
BLOCO 0	3,19	1,51	2,12	0,37	0,23	0,02	0,08	0,02	0,04	X	X	—	—	0,14	X	X	X	0,07	X	—	0,02	—	—	—	—	X	—	X
BLOCO 1	2,46	2,35	1,89	0,39	0,35	0,02	0,07	0,02	0,02	0,01	0,02	—	—	0,08	—	—	—	0,07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 2	2,09	0,63	1,54	0,19	0,16	0,03	0,03	0,01	0,01	X	0,03	—	X	0,03	—	0,02	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
SAMAMBAIA	0,96	0,68	1,10	0,16	0,12	0,10	0,04	0,01	0,01	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 0	0,37	0,59	0,30	0,03	0,04	X	X	X	X	X	X	—	—	X	X	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	0,01
BLOCO 1	1,41	1,26	1,73	0,20	0,27	0,15	X	X	0,01	X	X	—	—	—	X	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 2	1,71	1,61	1,23	0,21	0,32	0,10	0,06	0,01	X	X	X	—	—	—	X	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 3	0,50	0,72	0,37	0,07	0,12	0,03	0,02	X	0,03	X	X	—	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 4	0,50	0,64	0,28	0,03	0,07	0,02	0,01	X	X	X	X	—	—	X	X	—	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 5	0,55	0,45	0,53	0,09	0,07	0,05	0,01	0,01	X	X	X	—	—	—	X	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X

ANÁLISES EXECUTADAS P/ LAMIN — CPRM

CPRM

TABELA XXIII
(cont.)

PROJETO BUENA

ANÁLISE MINERALÓGICA DOS MINERAIS PESADOS

(% SOBRE AMOSTRA TOTAL)

AMOSTRAS REPRESENTATIVAS

CORPO / BLOCO / MINERAL	ILMENITA	ÓX. de FERRO	ZIRCONITA	RUTILO	MONAZITA	SILIMANITA	ESPINÉLIO	MAGNETITA	TURMALINA	ESTAUROLITA	CIANITA	MICAS	PIROXÊNIO	ANFIBÓLIO	ANDALUSITA	CÓRINDON	GRANADA	LEUCOXÊNIO	ANATÁSIO	XENOTIMA	EPIDOTO	TITANITA	APATITA	ZOISITA	TULITA	GAHNITA	TOPÁZIO	FRAGMENTOS DE CONCHAS
BOA ESPERANÇA	0,99	0,76	0,56	0,16	0,10	0,09	0,01	0,02	0,01	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 0	0,87	0,83	0,61	0,08	0,04	0,13	0,01	0,01	0,01	X	X	—	—	X	0,03	—	—	—	—	—	—	001	—	—	—	—	—	X
BLOCO 1	0,53	0,53	0,33	0,07	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 2	0,72	0,99	0,45	0,09	0,05	0,07	0,01	X	0,01	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,01
BLOCO 3	0,53	0,51	0,25	0,03	0,04	0,02	X	X	X	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—	—	—	X
BLOCO 4	0,88	0,87	0,42	0,06	0,11	0,04	X	0,01	X	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,03
BLOCO 5	1,11	0,61	0,45	0,06	0,05	0,02	0,01	0,01	X	X	X	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,06
BLOCO 6	1,22	1,08	0,38	0,06	0,06	0,04	0,01	X	X	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,06
LARGO	2,71	1,80	1,15	0,36	0,23	0,17	0,09	0,01	0,02	X	X	—	—	X	—	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,06
BLOCO 1	6,71	5,23	0,48	0,06	0,55	—	0,10	0,03	0,05	—	X	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	X	—	—
BLOCO 2	4,47	3,01	0,14	0,55	0,36	—	0,08	0,01	0,08	—	X	—	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X	—	—
BLOCO 3	1,72	3,15	0,16	0,05	0,28	—	0,11	0,02	0,09	—	0,02	—	—	X	—	—	0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BLOCO 4	2,02	1,53	0,62	0,25	0,25	—	0,32	0,02	0,06	—	X	—	—	—	0,01	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	0,02	—	—
BLOCO 5	0,36	0,42	0,22	0,06	0,24	—	0,06	0,02	0,01	—	X	—	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X	—	—
CACADOR	1,99	1,26	1,15	0,33	0,30	0,13	0,11	0,01	0,02	X	X	—	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BLOCO 1	4,18	2,61	0,22	0,27	0,45	—	0,24	0,02	0,10	—	X	X	—	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,01	—	—
BLOCO 2	0,16	0,36	0,28	0,15	0,27	X	0,02	0,02	0,01	X	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,02	—	—
BLOCO 3	221	0,41	0,63	0,30	0,26	—	0,38	0,02	0,03	—	0,04	X	—	0,02	—	—	—	X	—	—	—	—	—	X	—	X	X	—
BLOCO 4	1,75	0,97	0,90	0,27	0,37	—	0,36	0,02	0,06	—	X	X	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X	—	X	—	—
BLOCO 5	1,57	3,84	1,44	0,83	1,13	X	0,82	0,03	0,09	0,02	X	—	—	0,02	—	—	X	—	—	—	—	—	—	X	—	X	—	—

ANÁLISES EXECUTADAS P/LAMIN — CPRM

CPRM

TABELA XXIII
(cont.)

PROJETO BUENA

ANÁLISE MINERALÓGICA DOS MINERAIS PESADOS

(% SOBRE AMOSTRA TOTAL)

AMOSTRAS REPRESENTATIVAS

CORPO / BLOCO / MINERAL	ILMENITA	ÓX. de FERRO	ZIRCONITA	RUTILO	MONAZITA	SILIMANITA	ESPINÉLIO	MAGNETITA	TURMALINA	ESTAUROLITA	CIANITA	MICAS	PIROXÊNIO	ANFIBÓLIO	ÁNDALUSITA	CÓRINDON	GRANADA	LEUCOXÊNIO	ANATÁSIO	XENOTIMA	EPIDOTO	TITANITA	APATITA	ZOISITA	TULITA	GAHNITA	TOPÁZIO	FRAGMENTOS DE CONCHAS
ATALHOS	4,80	0,28	2,61	0,31	0,22	0,23	0,08	0,02	0,03	0,03	X	—	—	X	—	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BLOCO 1	12,00	0,05	0,34	0,20	0,29	—	0,26	0,08	0,30	0,04	0,02	—	—	0,03	—	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BLOCO 2	3,65	0,03	0,72	0,41	0,77	—	0,52	0,06	0,11	0,02	X	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X	—	—
BLOCO 3	2,70	0,01	0,42	0,35	0,02	—	0,33	0,01	0,13	0,01	X	—	X	0,01	—	—	0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	X	—	—
GURIRI	1,84	0,90	0,98	0,27	0,23	0,14	0,03	0,02	0,02	X	X	—	—	X	X	X	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,08
BLOCO 1	1,54	1,01	0,99	0,14	0,42	0,21	0,01	0,04	0,03	—	X	—	—	—	—	—	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	X
BLOCO 2	2,06	0,89	1,10	0,13	0,29	0,05	0,01	0,03	0,02	0,02	X	—	—	—	—	—	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	X
BLOCO 3	1,70	1,59	1,34	0,14	0,30	0,02	0,01	0,02	X	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BLOCO 4	1,11	1,09	0,84	0,10	0,30	0,04	0,01	0,01	X	—	X	X	—	—	—	X	—	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	X
BLOCO 5	0,59	0,30	0,34	0,06	0,34	0,02	0,01	0,03	—	—	X	—	—	—	—	—	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BLOCO 6	0,26	0,06	0,12	0,06	0,03	0,02	0,01	X	X	X	0,03	—	—	—	X	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BLOCO 7	4,64	0,17	1,95	0,57	0,54	0,11	0,18	0,02	0,01	0,01	0,58	—	—	X	X	—	X	0,22	—	X	X	—	—	—	—	—	—	X
PONTA DO RETIRO I	2,68	2,02	1,35	0,20	0,20	0,23	0,06	0,01	0,01	X	X	X	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,14
BLOCO 1	2,62	1,31	1,22	0,33	0,71	X	0,02	0,01	X	X	0,02	0,24	—	0,07	X	—	—	—	—	—	X	X	—	—	—	—	—	0,23
BLOCO 2	3,30	1,77	1,29	0,18	0,18	0,13	0,14	0,02	X	X	0,01	X	—	X	—	—	X	—	—	—	X	—	—	—	—	—	—	0,12
PONTA DO RETIRO II	1,03	0,76	0,48	0,08	0,09	0,10	X	0,01	0,01	X	X	0,05	—	0,02	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,08
BLOCO 1	0,08	0,71	0,28	0,06	0,04	0,09	X	X	X	X	X	0,11	—	0,03	X	—	—	—	—	—	X	X	X	—	—	—	—	0,08
BLOCO 2	1,01	1,03	0,36	0,05	0,04	0,04	X	X	X	X	X	X	—	0,01	—	—	—	—	—	—	—	X	X	—	—	—	—	0,05
LAGO DOCE I e II	2,27	0,98	1,62	0,19	0,25	0,15	0,01	0,02	0,02	X	X	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
LAGO DOCE I BLOCO 1	2,27	2,45	2,44	0,37	0,50	0,28	0,16	0,01	0,02	—	0,06	X	—	X	0,08	—	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	0,26

CPRM

TABELA XXIII
(cont.)

PROJETO BUENA

ANÁLISE MINERALÓGICA DOS MINERAIS PESADOS

(% SOBRE AMOSTRA TOTAL)

AMOSTRAS REPRESENTATIVAS

CORPO / BLOCO / MINERAL	ILMENITA	ÓX. de FERRO	ZIRCONITA	RUTILO	MONAZITA	SILIMANITA	ESPINÉLIO	MAGNETITA	TURMALINA	ESTAUROLITA	CIANITA	MICAS	PIROXÊNIO	ANFIBÓLIO	ANDALUSITA	CÓRINDON	GRANADA	LEUCOXÊNIO	ANATÁSIO	XENOTIMA	EPIDOTO	TITANITA	APATITA	ZOISITA	TULITA	GAHNITA	TOPÁZIO	FRAGMENTOS DE CONCHAS
LAGO DOCE II BLOCO1	1,52	1,73	0,25	0,17	0,21	0,13	0,07	—	0,01	X	X	X	—	0,01	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,06
BLOCO2	1,70	1,52	1,45	0,26	0,35	0,13	0,07	0,01	0,01	X	X	X	—	X	X	—	X	X	—	X	—	—	—	—	—	—	—	X
ASMOS	1,96	1,63	1,11	0,21	0,22	0,11	0,03	0,01	0,02	X	0,01	X	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 1	1,72	1,43	1,17	0,14	0,20	0,11	0,03	—	X	X	X	—	—	X	X	—	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 2	2,67	1,70	1,34	0,26	0,20	0,13	0,08	0,01	0,01	X	X	X	X	0,01	X	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 3	3,46	2,05	2,08	0,37	0,32	0,19	0,10	0,02	0,01	X	X	X	X	0,01	X	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 4	3,33	2,20	1,38	0,38	0,25	0,14	0,07	0,02	0,03	X	X	—	—	X	X	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 5	2,25	1,64	1,04	0,32	0,28	0,15	0,10	0,02	0,02	X	X	X	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 6	2,52	1,43	0,50	0,31	0,14	0,23	0,11	0,02	0,01	X	X	X	X	X	—	—	X	—	—	—	—	X	—	X	X	—	—	X
BLOCO 7	0,99	0,84	0,60	0,07	0,10	0,05	0,03	0,01	0,01	X	X	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 8	0,96	0,75	0,49	0,14	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	X	X	X	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	X	—	—	—	—	X
BLOCO 9	0,63	0,60	0,23	0,09	0,09	0,09	X	0,01	0,01	X	X	X	X	0,01	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,03
BLOCO 10	0,67	0,59	0,21	0,07	0,08	0,05	0,01	0,01	0,01	X	X	X	X	0,01	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
SÃO FRANCISCO IeII	1,50	0,87	0,93	0,11	0,17	0,08	0,02	0,01	0,01	X	X	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CUTINGUTA II	1,38	0,62	0,62	0,13	0,16	0,14	0,01	0,02	0,02	X	X	—	—	X	—	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 1	1,60	0,58	1,26	0,14	0,20	0,05	0,04	0,02	0,01	X	X	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BLOCO 2	1,20	0,46	0,87	0,10	0,12	0,08	0,04	0,01	0,01	X	X	—	—	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BLOCO 3	1,11	0,77	0,49	0,06	0,09	0,04	0,01	0,03	0,01	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
BLOCO 4	1,35	1,44	1,37	0,12	0,16	0,13	0,01	0,03	0,01	X	X	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BLOCO 5	1,51	1,32	0,64	0,07	0,07	0,06	X	0,02	X	X	X	X	—	X	X	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BLOCO 6	1,57	1,03	0,64	0,07	0,08	0,06	0,01	0,03	0,01	X	X	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

CPRM

TABELA XXIV

A N Á L I S E M I N E R A L Ó G I C A

F R A Ç Ã O F O R T E M E N T E M A G N É T I C A

(% sobre a fração CBTN)

MINERAL / CORPO	ILMENITA (%)	ÓXIDO DE FERRO * (%)	MAGNETITA (%)	ZIRCONITA (%)	ANFIBÓLIO (%)	GRANADA (%)	MICA (%)
GUAXINDIBA	97,0	3,0	x	x	x	x	-
SALINAS	95,0	5,0	x	x	x	-	-
CAVEIRA	96,0	4,0	x	x	x	-	-
SAMAMBAIA	91,0	9,0	x	x	x	-	-
BOA ESPERANÇA	90,0	10,0	x	x	x	-	-
CAÇADOR	95,0	5,0	x	x	x	-	-
ATALHOS	99,0	1,0	x	x	x	-	-
GURIRI	95,0	5,0	x	x	x	-	-
PONTA DO RETIRO I	81,0	19,0	x	x	x	-	x
PONTA DO RETIRO II	85,0	15,0	x	x	x	x	x
LAGO DOCE I	79,0	21,0	x	x	x	-	x
LAGO DOCE II	89,0	11,0	x	x	x	x	-

TABELA XXIV
(continuação)

ANÁLISE MINERALÓGICA
FRAÇÃO FORTEMENTE MAGNÉTICA
(% sobre a fração CBTN)

MINERAL / CORPO	ILMENITA (%)	ÓXIDO DE FERRO * (%)	MAGNETITA (%)	ZIRCONITA (%)	ANFIBÓLIO (%)	GRANADA (%)	MICA (%)
ASMOS	78,0	22,0	x	x	x	x	x
SÃO FRANCISCO I - II	75,0	25,0	x	x	x	-	-
CUTINGUTA II	90,0	10,0	x	-	x	x	-

Análises executadas pelo LAMIN/CPRM

x Não contável

- Ausente

* Outros óxidos de ferro

TABELA XXV

A N Á L I S E M I N E R A L Ó G I C A
F R A Ç Ã O F R A C A M E N T E M A G N É T I C A
(% sobre a fração CBTN)

MINERAL / CORPO	MONAZITA (%)	ÓXIDO DE FERRO (%) *	CIANITA (%)	ESPINÉLIO (%)	TURMALINA (%)	OUTROS (%) **
GUAXINDIBA	57,0	9,0	11,0	20,0	-	3,0
SALINAS	81,0	9,0	-	6,0	4,0	x
CAVEIRA	80,0	10,0	-	6,0	4,0	x
SAMAMBAIA	85,0	5,0	-	2,0	8,0	x
BOA ESPERANÇA	82,0	8,0	-	3,0	7,0	x
CAÇADOR	80,0	8,0	-	3,0	9,0	x
ATALHOS	75,0	x	-	10,0	15,0	x
GURIRI	79,0	11,0	-	2,0	8,0	x
PONTA DO RETIRO I	81,0	8,0	-	3,0	8,0	x
PONTA DO RETIRO II	73,0	15,0	-	2,0	10,0	x
LAGO DOCE I	79,0	14,0	-	2,0	5,0	x
LAGO DOCE II	80,0	13,0	-	3,0	5,0	x

CPRM

TABELA XXV
(continuação)

A N Á L I S E M I N E R A L Ó G I C A
F R A Ç Ã O F R A C A M E N T E M A G N É T I C A
(% sobre a fração CBTN)

CORPO \ MINERAL	MONAZITA (%)	ÓXIDO DE FERRO (%) *	CIANITA (%)	ESPINÉLIO (%)	TURMALINA (%)	OUTROS (%) **
ASMOS	80,0	14,0	-	x	5,0	1,0
SÃO FRANCISCO I - II	79,0	13,0	-	x	8,0	x
CUTINGUTA II	81,0	11,0	-	x	8,0	x

Análises executadas pelo LAMIN/CPRM

x Não contável

- Ausente

* Outros óxidos de ferro

** Outros: zirconita, anfibólios, estaurolita, andalusita e rutilo

TABELA XXVI

A N Á L I S E M I N E R A L Ó G I C A
F R A Ç Ã O R E S T A N T E
(% sobre a fração CBTN)

MINERAL / CORPO	RUTILO (%)	ZIRCONITA (%)	SILIMANITA (%)	ESPINÉLIO (%)	ÓXIDO DE FERRO (%) *	FRAG. DE CONCHAS (%)	OUTROS (%) **
GUAXINDIBA	18,0	57,0	13,0	5,0	x	7,0	x
SALINAS	22,0	60,0	5,0	5,0	8,0	-	x
CAVEIRA	26,0	62,0	8,0	4,0	x	x	x
SAMAMBAIA	12,0	71,0	9,0	4,0	x	4,0	x
BOA ESPERANÇA	20,0	64,0	15,0	1,0	x	x	x
CAÇADOR	21,0	62,0	9,0	8,0	x	x	x
ATALHOS	15,0	67,0	10,0	8,0	x	-	x
GURIRI	18,0	60,0	12,0	2,0	x	8,0	x
PONTA DO RETIRO I	11,0	62,0	15,0	3,0	x	9,0	x
PONTA DO RETIRO II	18,0	64,0	15,0	x	x	3,0	x
LAGO DOCE I	12,0	79,0	4,0	x	x	5,0	x
LAGO DOCE II	12,0	80,0	8,0	x	x	x	x

TABELA XXVI
(continuação)

ANÁLISE MINERALÓGICA

FRAÇÃO RESTANTE

(% sobre a fração CBTN)

MINERAL / CORPO	RUTILO (%)	ZIRCONITA (%)	SILIMANITA (%)	ESPINÉLIO (%)	ÓXIDO DE FERRO (%) *	FRAG. DE CONCHAS (%)	OUTROS (%) **
ASMOS	15,0	72,0	10,0	2,0	x	x	1,0
SÃO FRANCISCO I - II	15,0	75,0	7,0	x	x	-	3,0
CUTINGUTA II	15,0	64,0	19,0	2,0	x	-	x

Análises executadas pelo LAMIN/CPRM

x Não contável

- Ausente

* Outros óxidos de ferro

** Outros: monazita, turmalina, cianita e andalusita

TABELA XXVII

A N Á L I S E M I N E R A L Ó G I C A
F R A Ç Ã O R E T I D O S
(% sobre a fração CBTN)

MINERAL / CORPO	FRAG. DE CONCHAS (%)	ILMENITA (%)	ÓXIDO DE FERRO + (%)	ESPINÉLIO (%)	ANDALUSITA * (%)	RUTILO (%)	ESTAUROLITA (%)	OUTROS ** (%)
GUAXINDIBA	4,0	9,0	62,0	20,0	3,0	1,0	1,0	x
SALINAS	3,0	59,0	30,0	4,0	-	3,0	1,0	-
CAVEIRA	18,0	21,0	53,0	6,0	1,0	1,0	x	x
SAMAMBAIA	35,0	15,0	34,0	16,0	x	x	x	x
BOA ESPERANÇA	28,0	17,0	45,0	7,0	1,0	1,0	1,0	x
CAÇADOR	14,0	27,0	34,0	11,0	7,0	3,0	x	4,0
ATALHOS	-	44,0	9,0	28,0	11,0	6,0	2,0	x
GURIRI	7,0	38,0	24,0	13,0	11,0	2,0	2,0	3,0
PONTA DO RETIRO I	14,0	27,0	44,0	9,0	3,0	2,0	x	1,0
PONTA DO RETIRO II	1,0	42,0	35,0	6,0	3,0	7,0	x	6,0
LAGO DOCE I	x	63,0	16,0	6,0	4,0	3,0	1,0	7,0
LAGO DOCE II	4,0	54,0	27,0	11,0	x	x	x	4,0

TABELA XXVII
(continuação)

A N Á L I S E M I N E R A L Ó G I C A
F R A Ç Ã O R E T I D O S
(% sobre a fração CBTN)

MINERAL / CORPO	FRAG. DE CONCHAS (%)	ILMENITA (%)	ÓXIDO DE FERRO + (%)	ESPINÉLIO (%)	ANDALUSITA * (%)	RUTILO (%)	ESTAUROLITA (%)	OUTROS ** (%)
ASMOS	3,0	21,0	44,0	16,0	5,0	x	2,0	9,0
SÃO FRANCISCO I -II	-	25,0	32,0	3,0	20,0	2,0	1,0	17,0
CUTINGUTA II	-	27,0	55,0	5,0	x	1,0	1,0	11,0

Análises executadas pelo LAMIN/CPRM

x Não contável

\- Ausente

\+ Outros óxidos de ferro

* Incluido também: cianita e silimanita

** Outros: Zirconita, monazita, turmalina, micas, granadas e anfibólios

e rutilo menor do que os números utilizados para os cálculos das reservas. A ilmenita na "fração ilmenita" CBTN (fortemente magnética) mostrou valores de 75 a 97% sobre o total da fração, a monazita ("fracamente magnética") de 57 a 85% sobre o mesmo total e zirconita + rutilo ("fração restante") de 73 a 92%. A fração "retidos", por outro lado, apresentou de 9 a 63% de ilmenita e até 7% de rutilo.

As amostras gêmeas representativas dos corpos, obtidas através de riflagem, foram analisadas pela CBTN e os resultados são mostrados na tabela XXVIII.

5.3.1 Análises Químicas

As análises químicas efetuadas nas frações CBTN mostraram os valores organizados nas tabelas XXIX e XXX.

Os resultados analíticos da fração ilmenita em amostras representativas dos corpos apresentarem valores de dióxido de titânio de (42,1 a 57,5)% (tab. XXIX). Em 15 amostras, sete acusaram um conteúdo acima de 50% deste óxido. Entretanto, as análises mineralógicas da fração fortemente magnética (tab. XXIV) mostraram que associados a ilmenita ocorrem teores de óxidos de ferro variando de (1,0 a 25,0)%, sendo em média da ordem de 11%. As análises químicas procedidas nessas amostras, naturalmente que apresentaram teores de dióxido de titânio relativamente inferiores àqueles que seriam obtidos se as análises fossem processadas sobre a fração ilmenita mais pura.

TABELA XXVIII

PROJETO BUENA

ANÁLISE QUANTITATIVA DE MINERAIS PESADOS

FRAÇÕES CBTN

AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DOS CORPOS

(% SÔBRE AMOSTRA TOTAL)

CORPO \ FRAÇÃO	MINERAIS PESADOS %	ILMENITA %	MONAZITA %	ZIRCONITA + RUTILO %	RETIDOS %
GUAXINDIBA	9,8	5,3	0,3	1,6	2,6
SALINAS	9,4	4,8	0,5	2,9	1,2
MANGUINHOS	3,2	N	N	N	N
CAVEIRA	13,8	6,9	0,5	4,5	1,9
SAMAMBAIA	3,9	N	N	N	N
BOA ESPERANÇA	2,7	N	N	N	N
LARGO	7,9	4,1	0,3	2,0	1,5
CAÇADOR	6,9	3,5	0,5	2,1	0,8
ATALHOS	12,1	6,8	0,3	3,5	1,5
GURIRI	6,1	2,8	0,3	1,8	1,2
PONTA DO RETIRO II	2,4	N	N	N	N
LAGO DOCE I	14,7	6,0	1,0	6,0	1,7
LAGO DOCE II	7,3	3,3	0,6	2,2	1,2
ASMOS	6,3	3,0	0,7	1,4	1,2
SÃO FRANCISCO I	4,7	N	N	N	N
SÃO FRANCISCO II	4,0	N	N	N	N
CUTINGUTA II	4,9	N	N	N	N

Edvaldo

N = não determinado

Análises executadas pelo CBTN

CPRM

TABELA XXIX

A N Á L I S E Q U Í M I C A

I L M E N I T A

ÓXIDOS / CORPO	TiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	FeO (%)	Cr_2O_3 (%)	V_2O_5 (%)	MnO_2 (%)	SiO_2 (%)	SO_3 (%)	H_2O (%)
GUAXINDIBA	48,6	35,7	3,0	0,04	0,09	0,8	1,5	0,19	0,4
SALINAS	48,9	30,6	3,2	0,04	0,06	1,0	1,4	0,14	0,4
CAVEIRA	48,0	35,9	3,1	0,10	0,15	0,7	1,9	0,19	0,5
SAMAMBAIA	42,7	35,7	3,6	0,20	0,12	0,7	2,9	0,16	0,5
BOA ESPERANÇA	42,1	37,0	3,5	0,10	0,09	0,9	2,1	0,19	0,5
CAÇADOR	45,1	33,0	3,7	0,30	0,06	0,6	2,1	0,19	0,4
ATALHOS	57,5	32,0	3,3	0,20	0,03	1,1	0,7	0,18	0,3
GURIRI	56,2	28,6	3,5	0,20	0,25	1,1	1,0	0,07	0,4
P.DO RETIRO I	50,0	36,8	4,3	0,20	0,23	0,9	2,9	0,12	0,7
P.DO RETIRO II	43,8	39,4	3,4	0,40	0,22	0,9	3,0	0,19	0,7
LAGO DOCE I	43,8	39,3	4,5	0,30	0,20	0,9	3,9	0,20	0,7
LAGO DOCE II	50,0	38,9	3,8	0,30	0,22	0,9	3,1	0,18	0,6
ASMOS	50,0	35,7	4,0	0,30	0,25	1,0	2,1	0,17	0,6
S.FRANCISCOI-II	50,0	28,7	3,9	0,20	0,21	0,7	2,2	0,15	0,6
CUTINGUTA II	56,2	30,0	4,0	0,30	0,18	1,0	1,4	0,14	0,6

TABELA XXX

A N Á L I S E Q U Í M I C A

FRAÇÃO "RESTANTE"

Z I R C O N I T A + R U T I L O

ÓXIDOS / CORPO	ZrO_2 (%)	TiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	H_2O (%)
GUAXINDIBA	28,0	13,6	1,2	28,1	0,07
SALINAS	46,0	15,0	0,8	29,4	0,06
CAVEIRA	45,0	10,8	0,8	31,0	0,07
SAMAMBAIA	44,5	5,4	0,8	31,7	0,09
BOA ESPERANÇA	44,3	10,0	0,9	27,6	0,10
CAÇADOR	44,5	9,3	0,9	29,5	0,12
ATALHOS	41,8	13,1	0,7	28,0	0,09
GURIRI	48,3	12,0	1,1	28,8	0,05
PONTA DO RETIRO I	45,8	10,0	1,1	31,9	0,06
PONTA DO RETIRO II	43,8	10,0	1,1	34,9	0,08
LAGO DOCE I	44,3	6,0	1,3	36,1	0,10
LAGO DOCE II	46,3	8,5	0,8	29,3	0,12
ASMOS	47,0	12,0	1,1	30,0	0,04
SÃO FRANCISCO I - II	39,6	12,0	1,1	36,5	0,10
CUTINGUTA II	41,6	12,0	1,3	27,0	0,10

Análises executadas p/LAMIN - CPRM

Na amostra representativa do corpo Atalhos, que apresentou o maior índice de pureza de ilmenita (99,0%), o teor de TiO_2 se eleva a 57,5%. O teor desejável dos concentrados de ilmenita é de (55 a 60)% de TiO_2, mas concentrados com menores teores encontram mercado.

Pela confrontação das análises efetuadas (tab. XXIV e XXIX) com a distribuição dos corpos mineralizados na área, observa-se que no sentido Norte, a partir de Ponta do Retiro, os teores de TiO_2 da fração ilmenita se apresentam relativamente mais elevados. Esta dedução apoia-se no fato de que os teores de TiO_2 estão em torno de 50% nas amostras dos corpos Ponta do Retiro I a Cutinguta II, em que pese os teores de óxidos de ferro (tab. XXIV) terem sido os mais elevados, da ordem de 18%.

Os teores de V_2O_5 e Cr_2O_3 variaram de (0,03 a 0,25)% e (0,04 a 0,30)%, respectivamente. Estes valores são considerados relativamente satisfatórios, considerando-se que na produção de pigmentos, principal aplicação da ilmenita, o conteúdo de pentóxido de vanádio e óxido de cromo não devem exceder a 0,5 a 0,2%, pela ordem. Em apenas seis amostras, os valores de óxido de cromo ultrapassaram a aludida especificação.

A fração zirconita + rutilo mostrou teores de ZrO_2 entre (28,0 e 48,3)% e dióxido de titânio variando de(5,4 a 15,0)%. Deve-se levar em conta a relatividade desses resultados vistos terem sido as análises executadas em amostras da fração denominada "restante", que inclue os citados minerais.

5.3.2 Análise Estatística Granulométrica

Os resultados das análises granulométricas relativas as frações de minerais pesados foram lançadas em histogramas mostrando os intervalos de classes em escala Ø e as freqüências de cada classe em percentagem total da fração (fig. 28 a 40). A partir daí foram construídas curvas de freqüências acumuladas relativas, das frações de dois corpos representativos da área, para posteriores ilações estatísticas (fig. 41 a 44).

O quadro seguinte mostra a conversão da escala Ø para os respectivos diâmetros em milímetros, utilizados.

Ø	milímetros	MESH
0	1	16
1	1/2	32
2	1/4	60
3	1/8	115
4	1/16	250

A confecção de 60 histogramas relativos das frações de 15 corpos mineralizados, possibilitou a obtenção das seguintes conclusões:

a) Existe uma flagrante classificação unimodal das

FIGURA 28

S A L I N A S

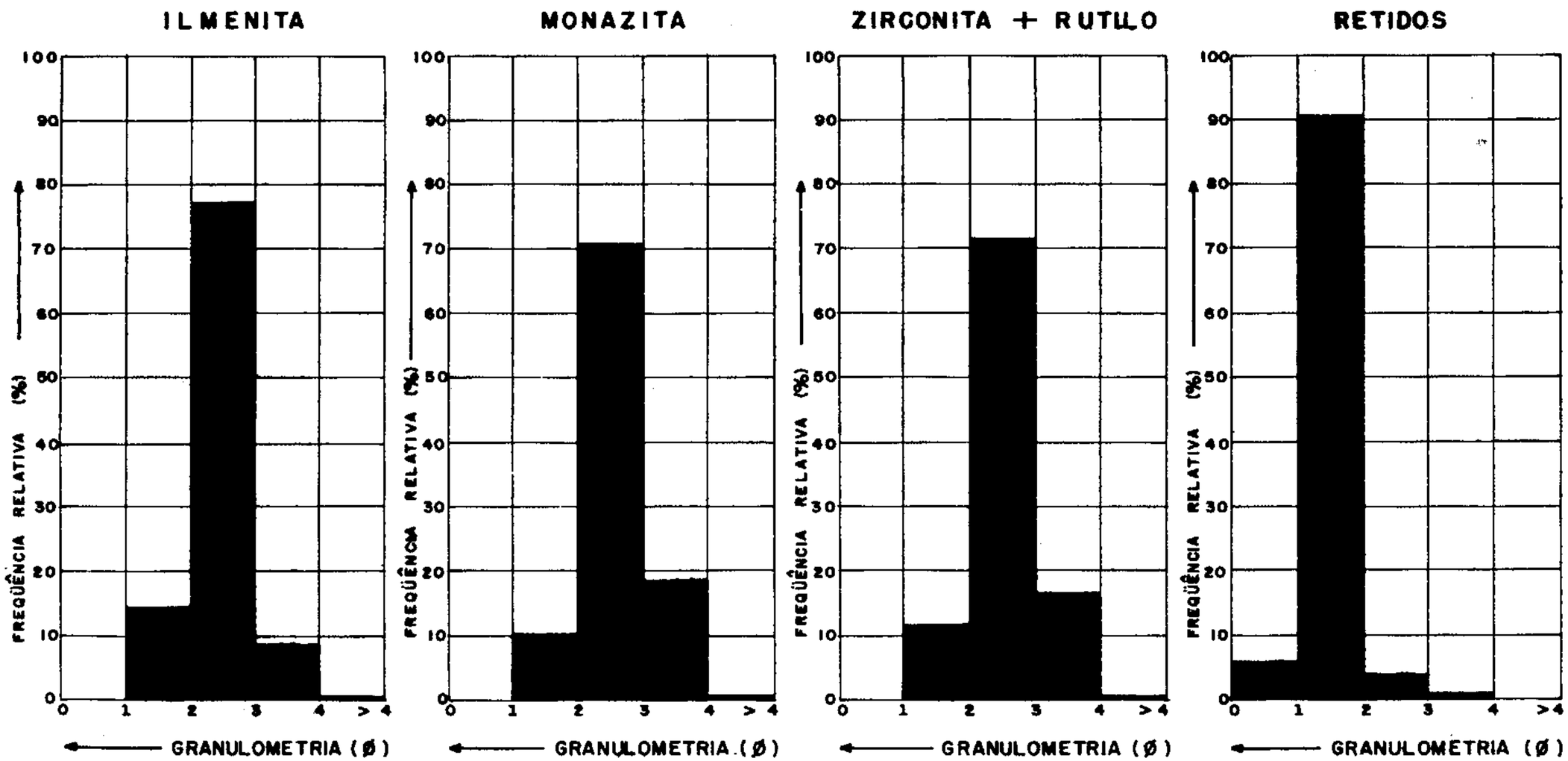


FIGURA 29

C A V E I R A

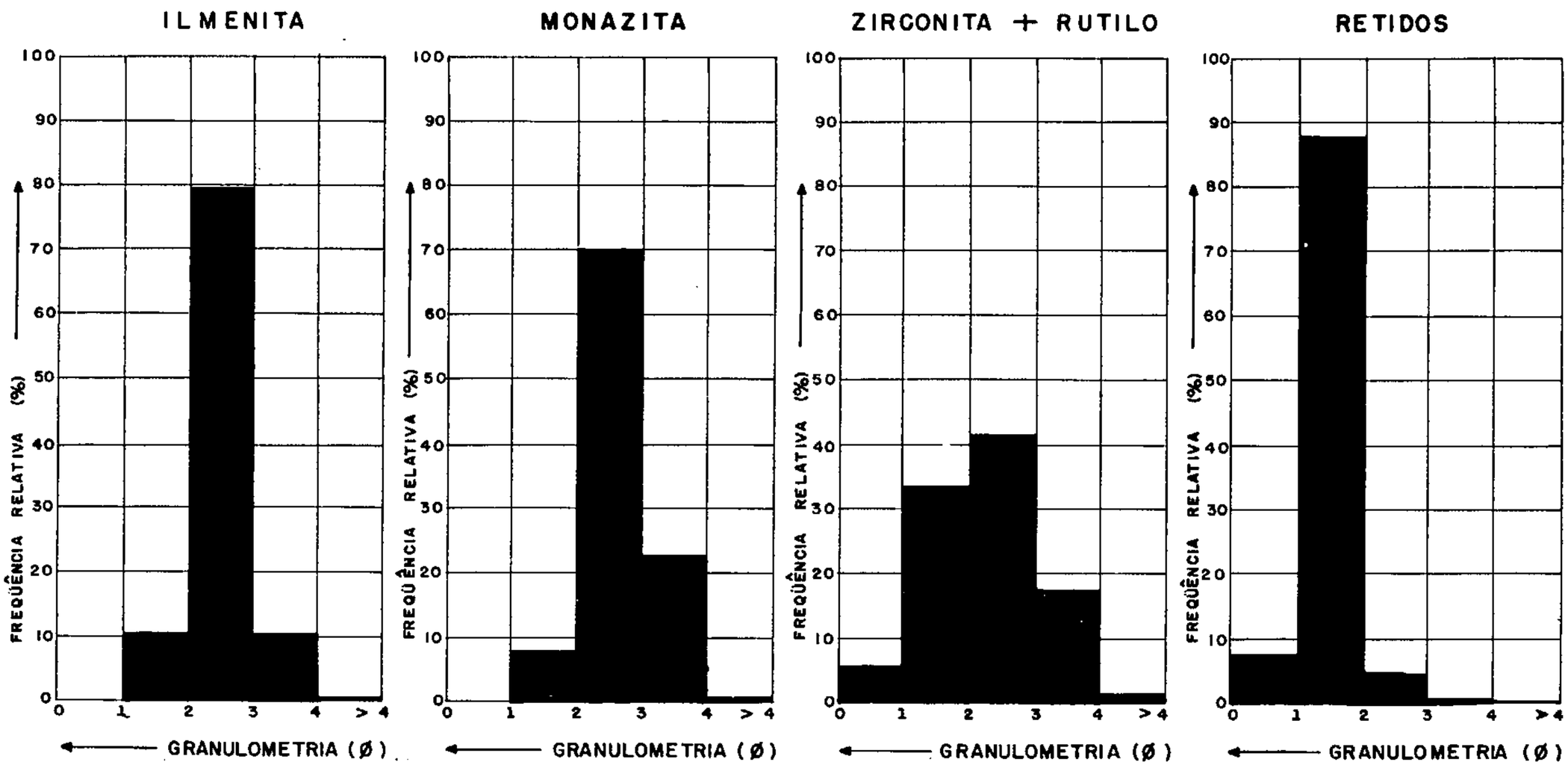


FIGURA 30

SAMAMBAIA

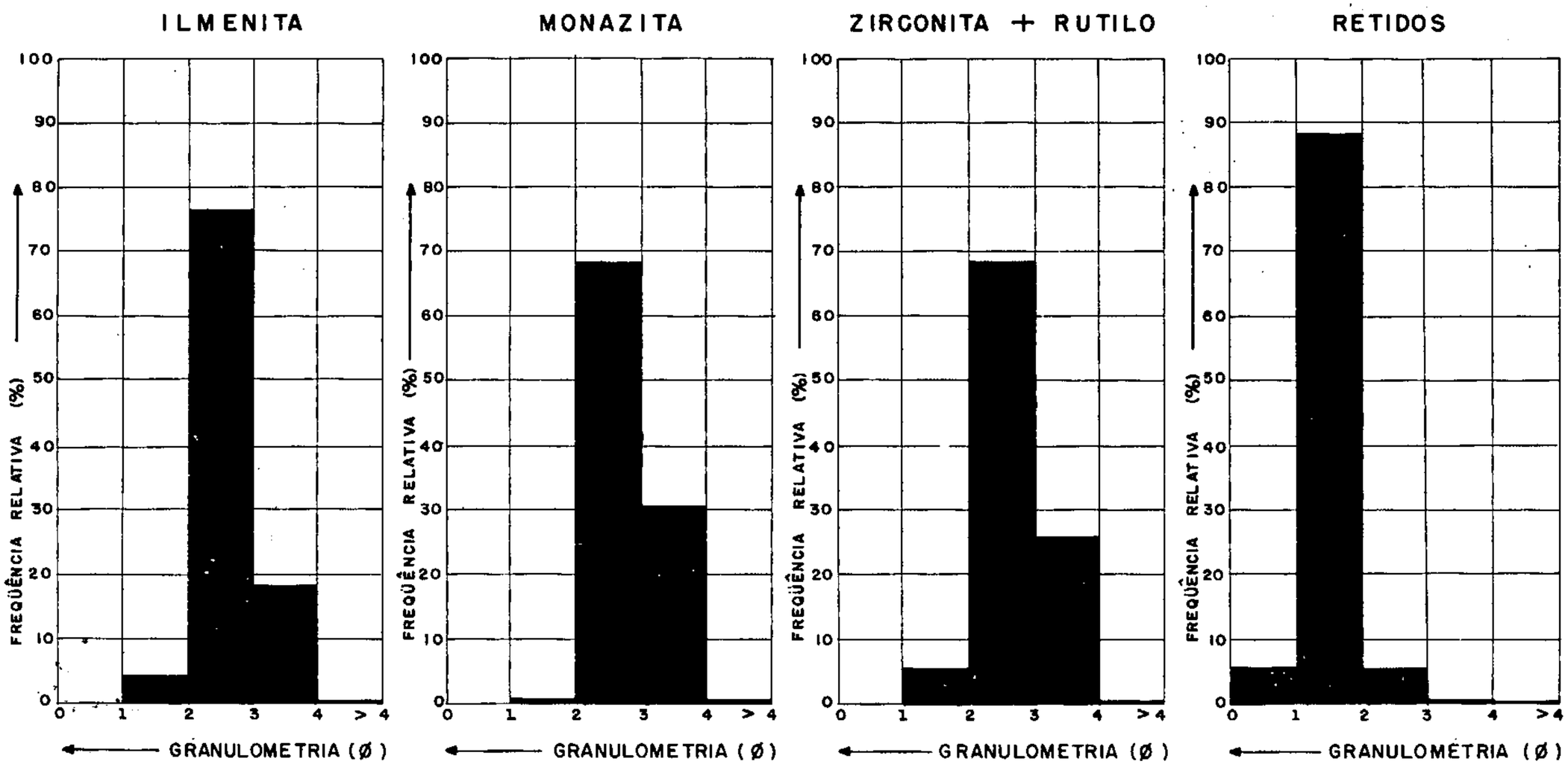
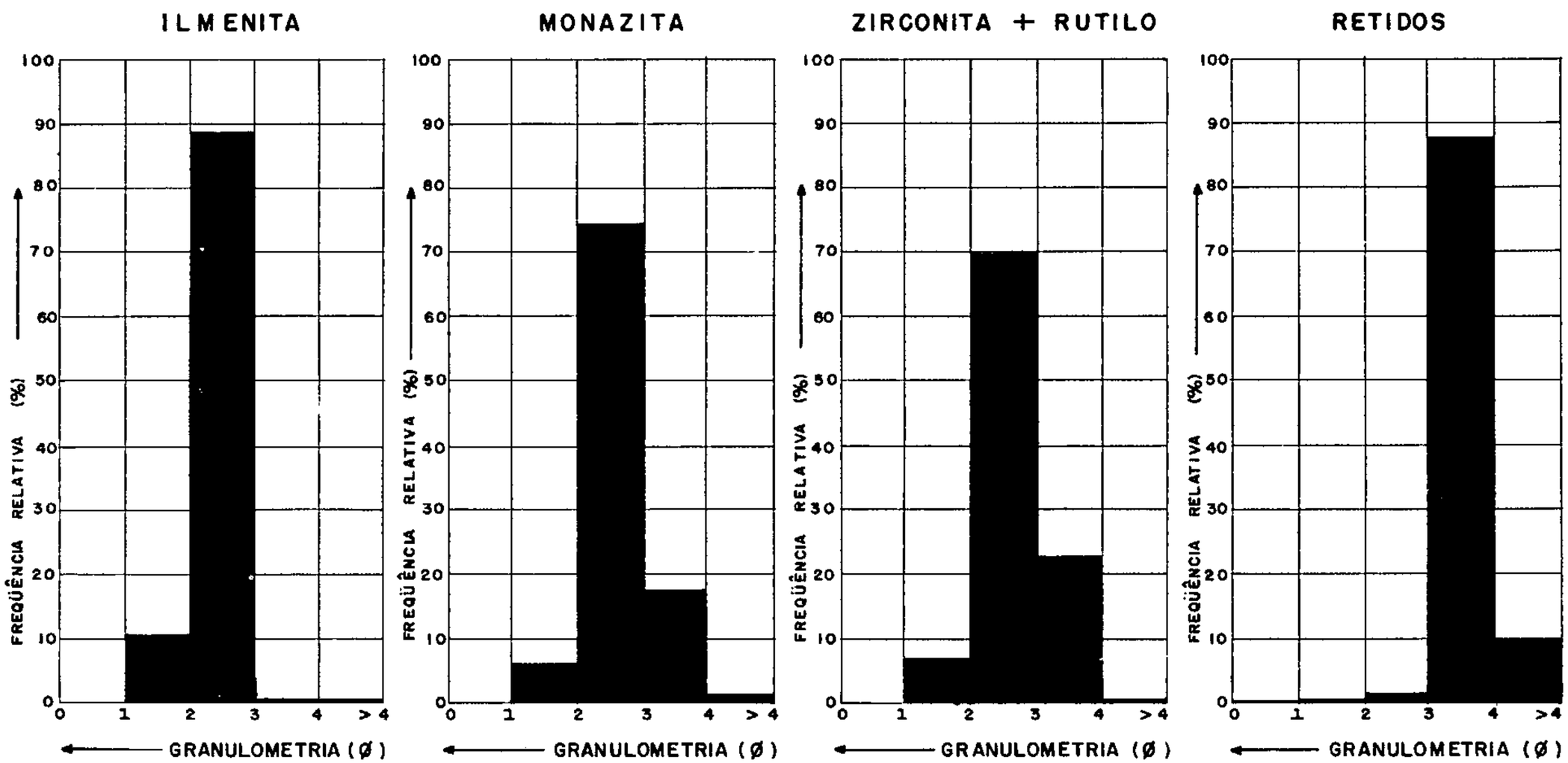


FIGURA 31

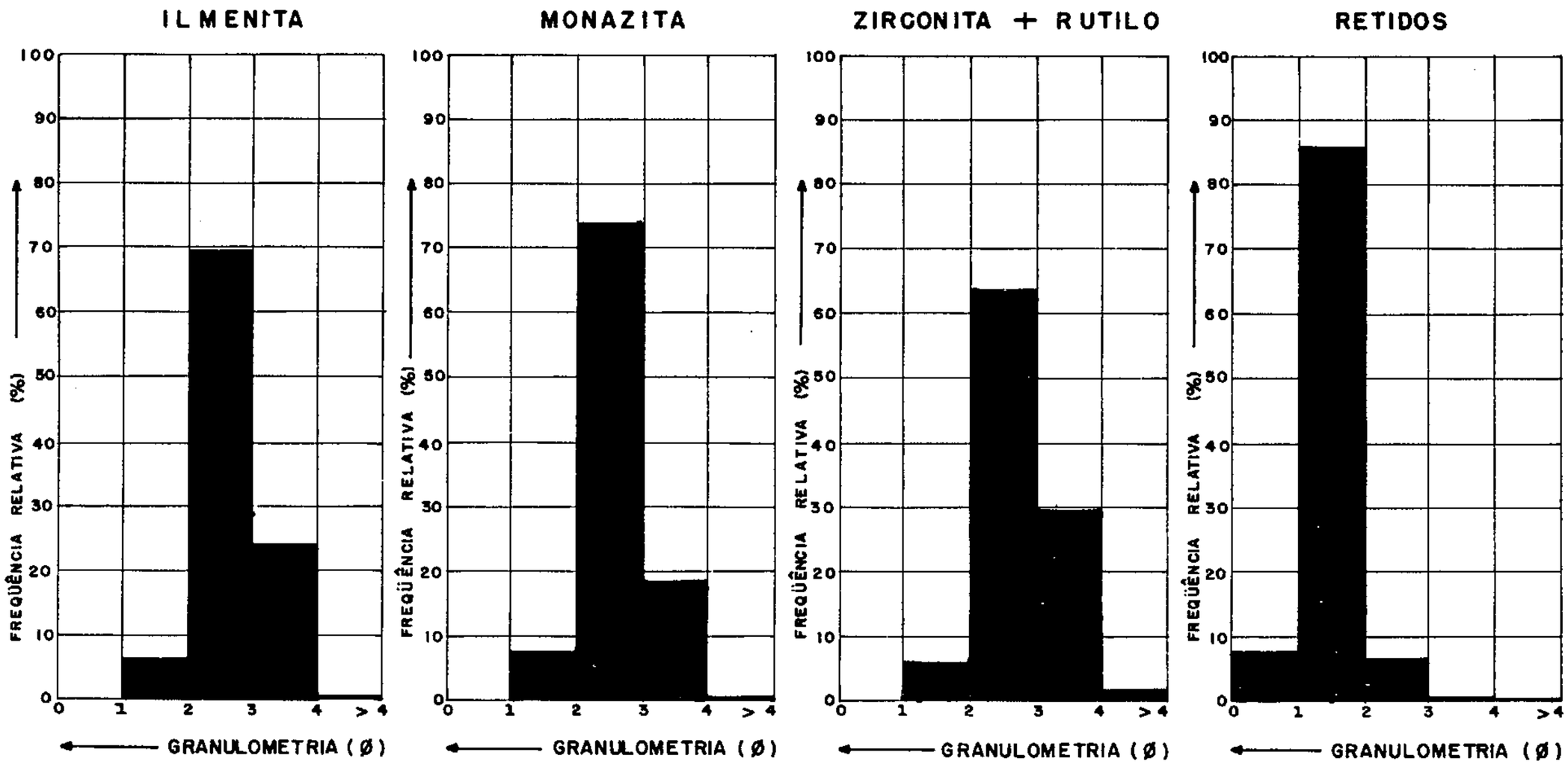
BOA ESPERANÇA



CPRM

FIGURA 32

C A Ç A D O R



CPRM

FIGURA 33

A T A L H O S

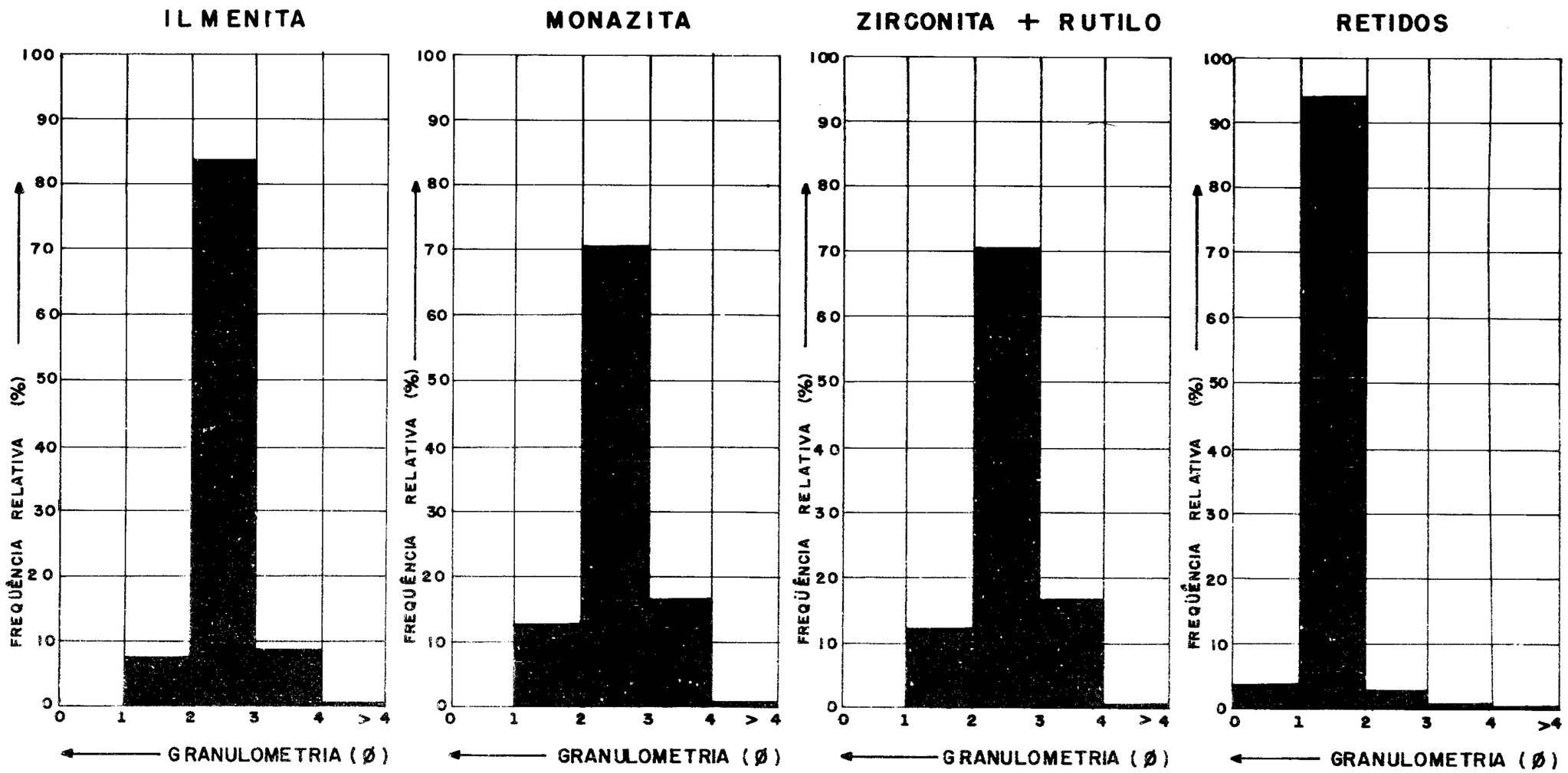
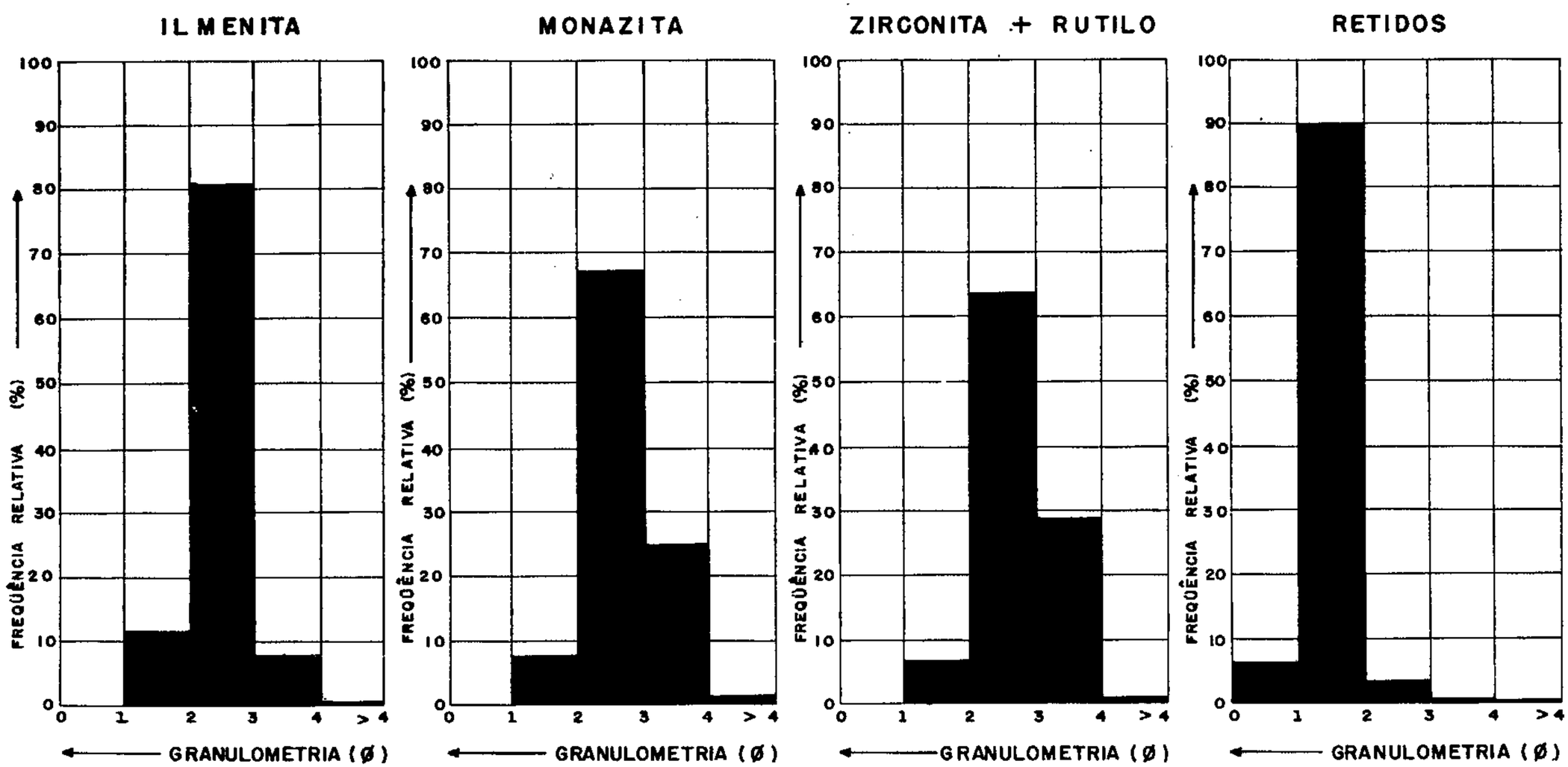


FIGURA 34

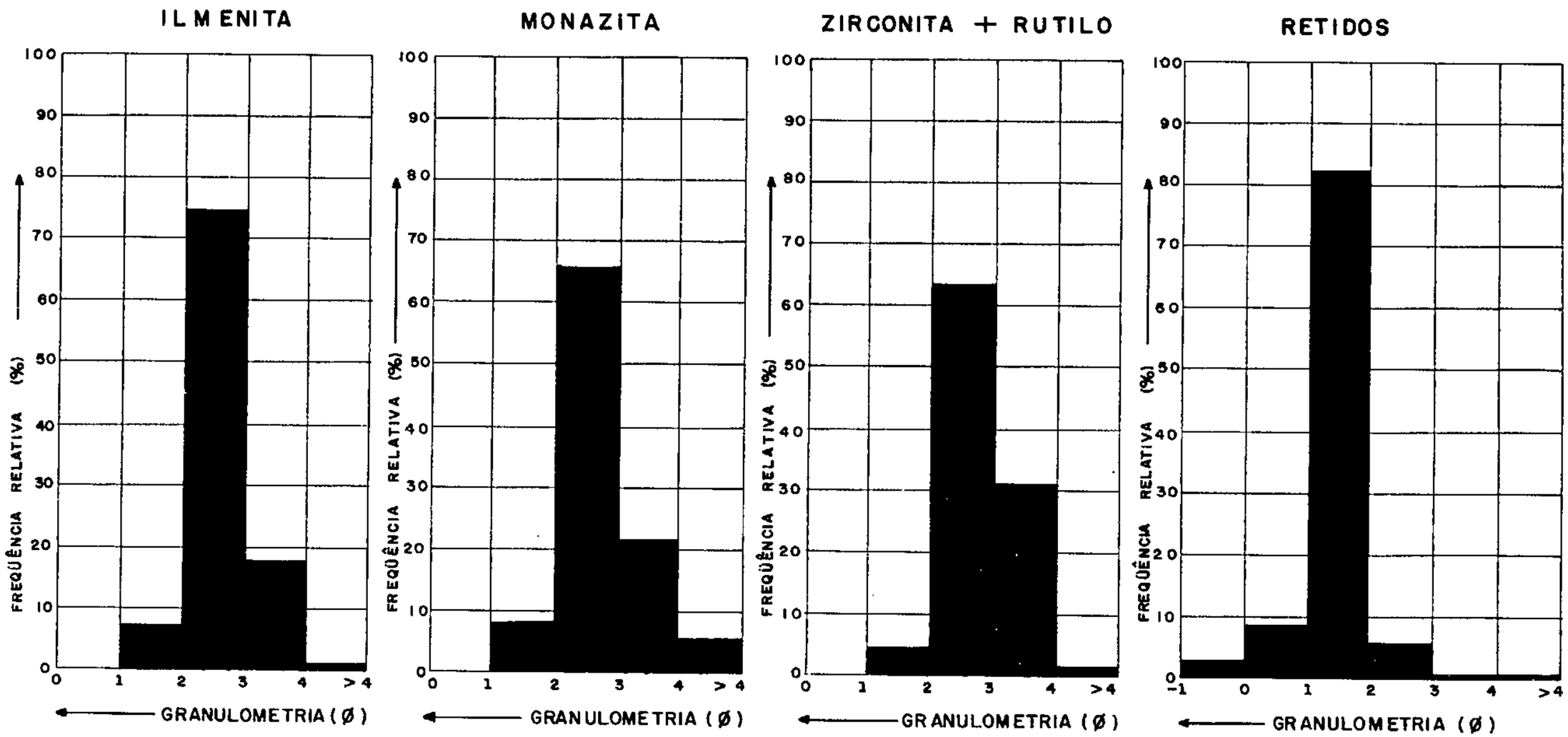
G U R I R I



CPRM

FIGURA 35

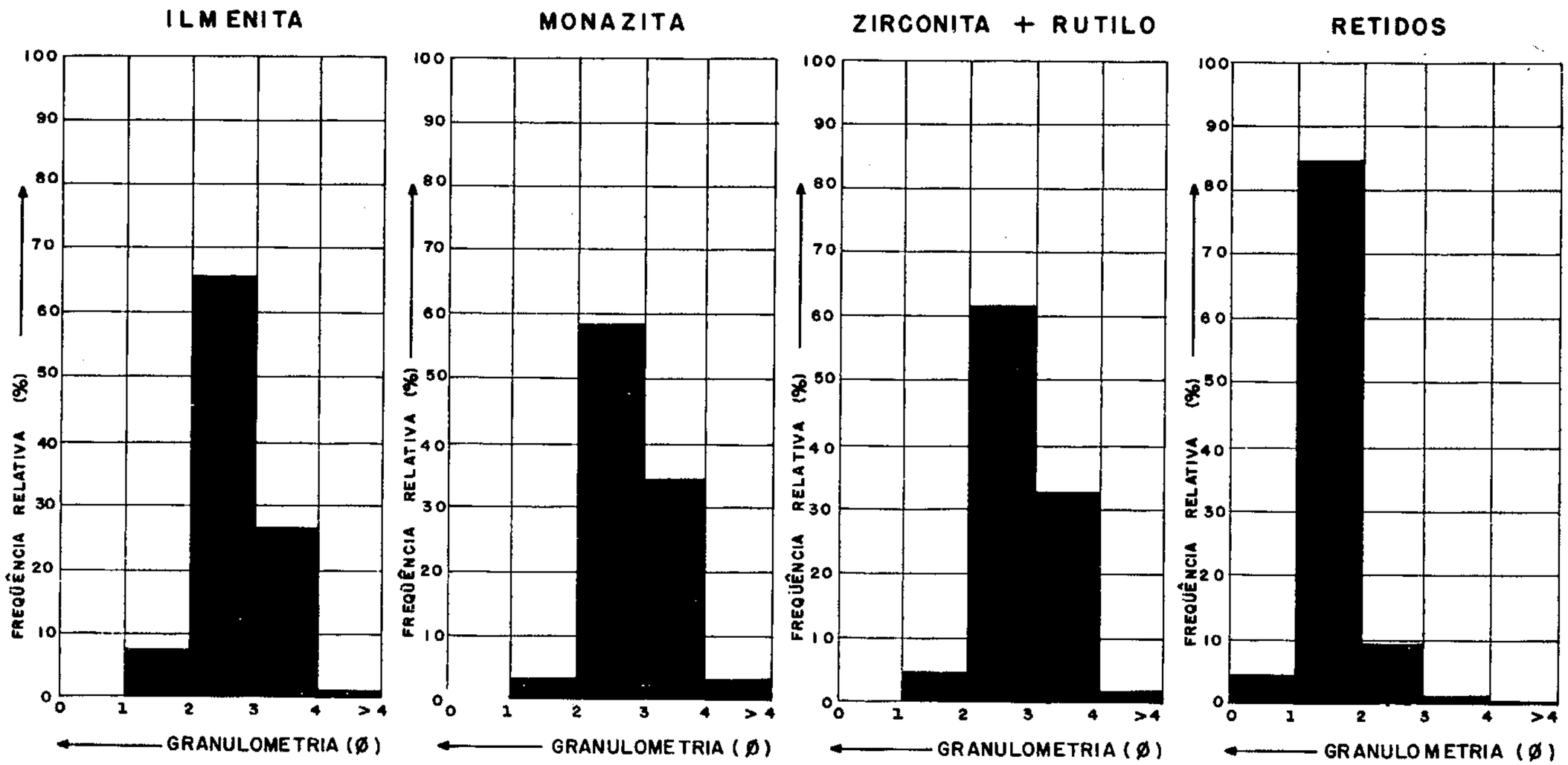
PONTA DO RETIRO I



CPRM

FIGURA 36

PONTA DO RETIRO II



CPRM

FIGURA 37

LAGO DOCE I

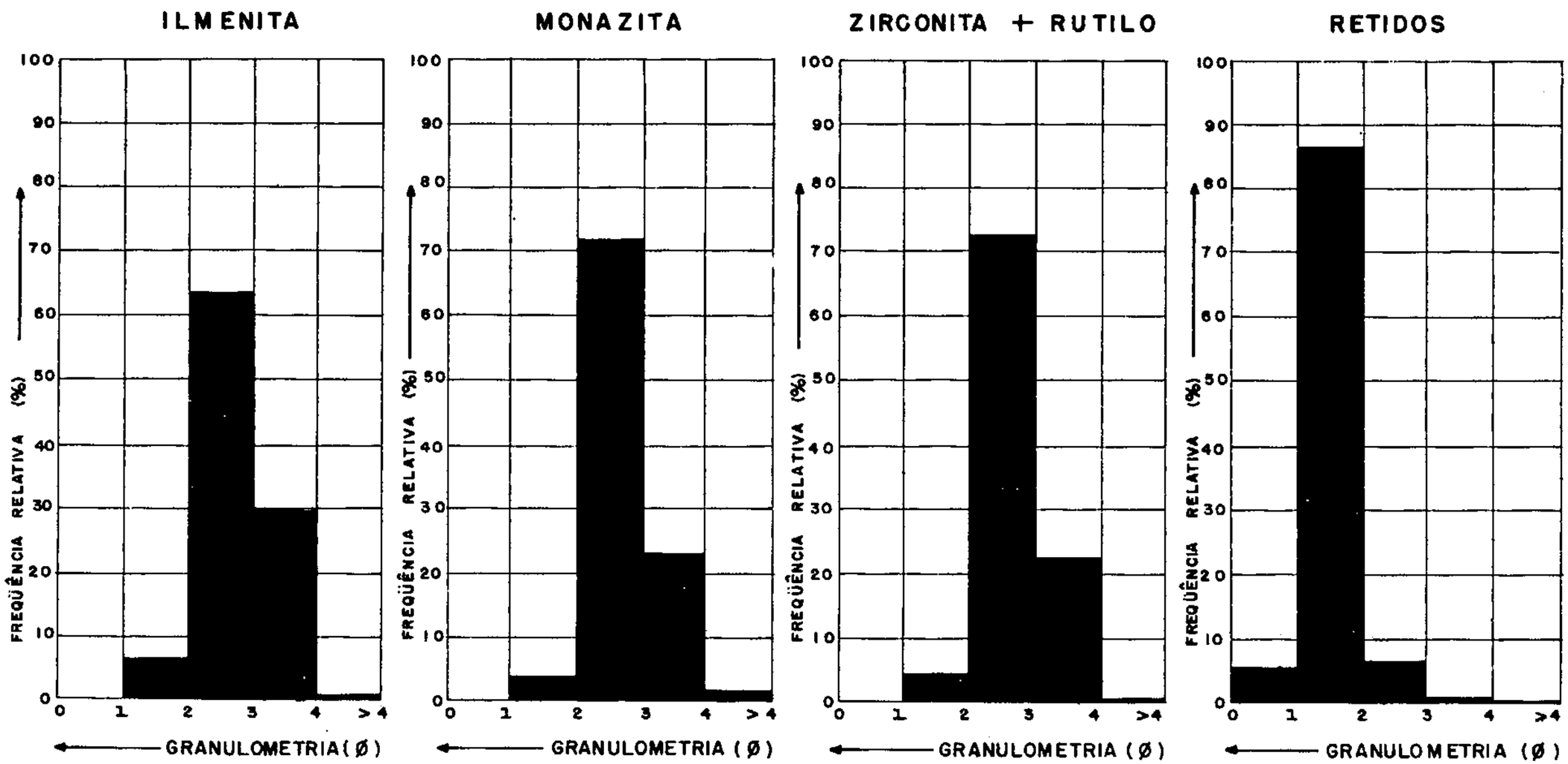
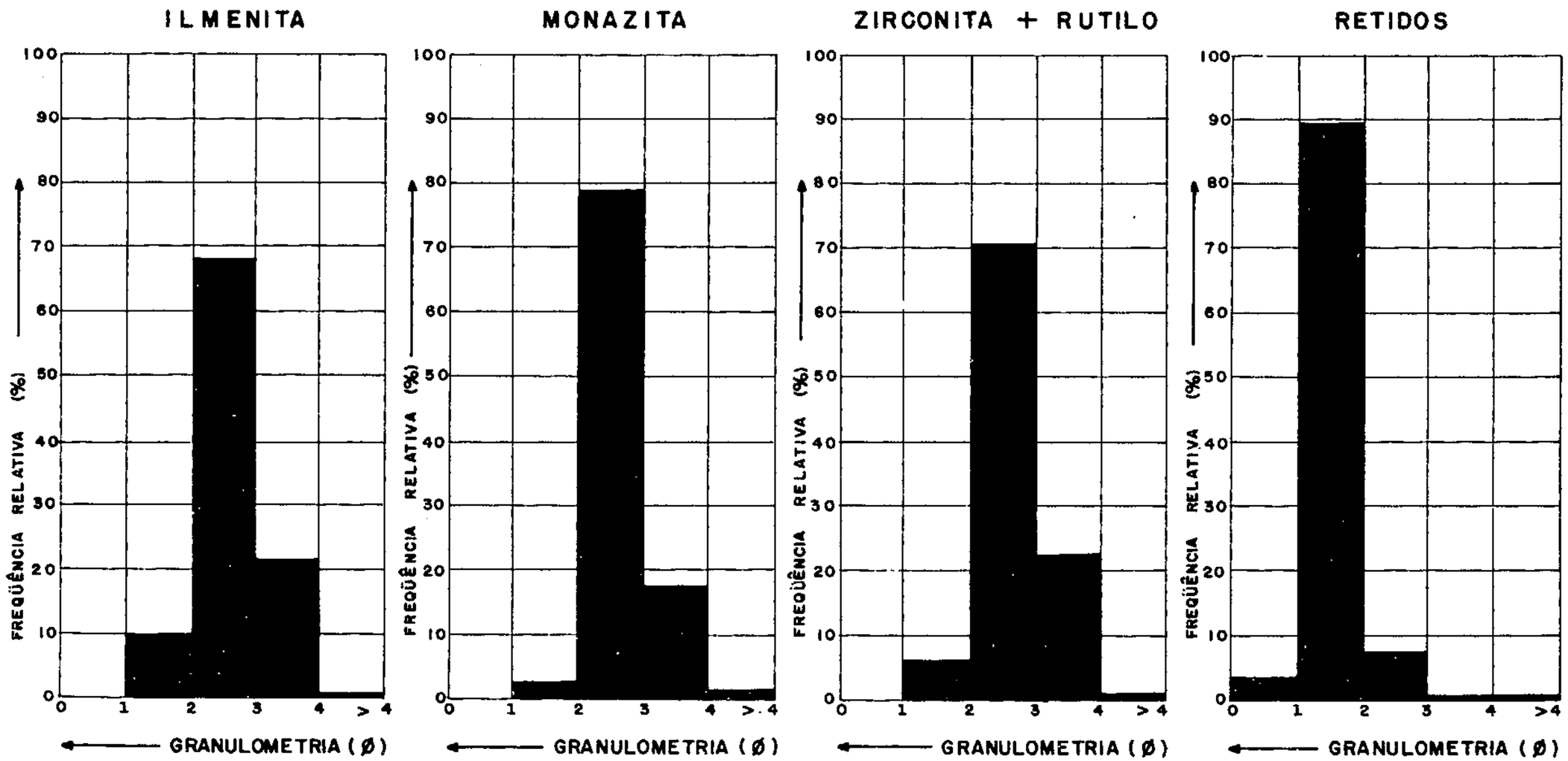


FIGURA 38

L A G O D O C E II



CPRM

FIGURA 39

S Ã O F R A N C I S C O

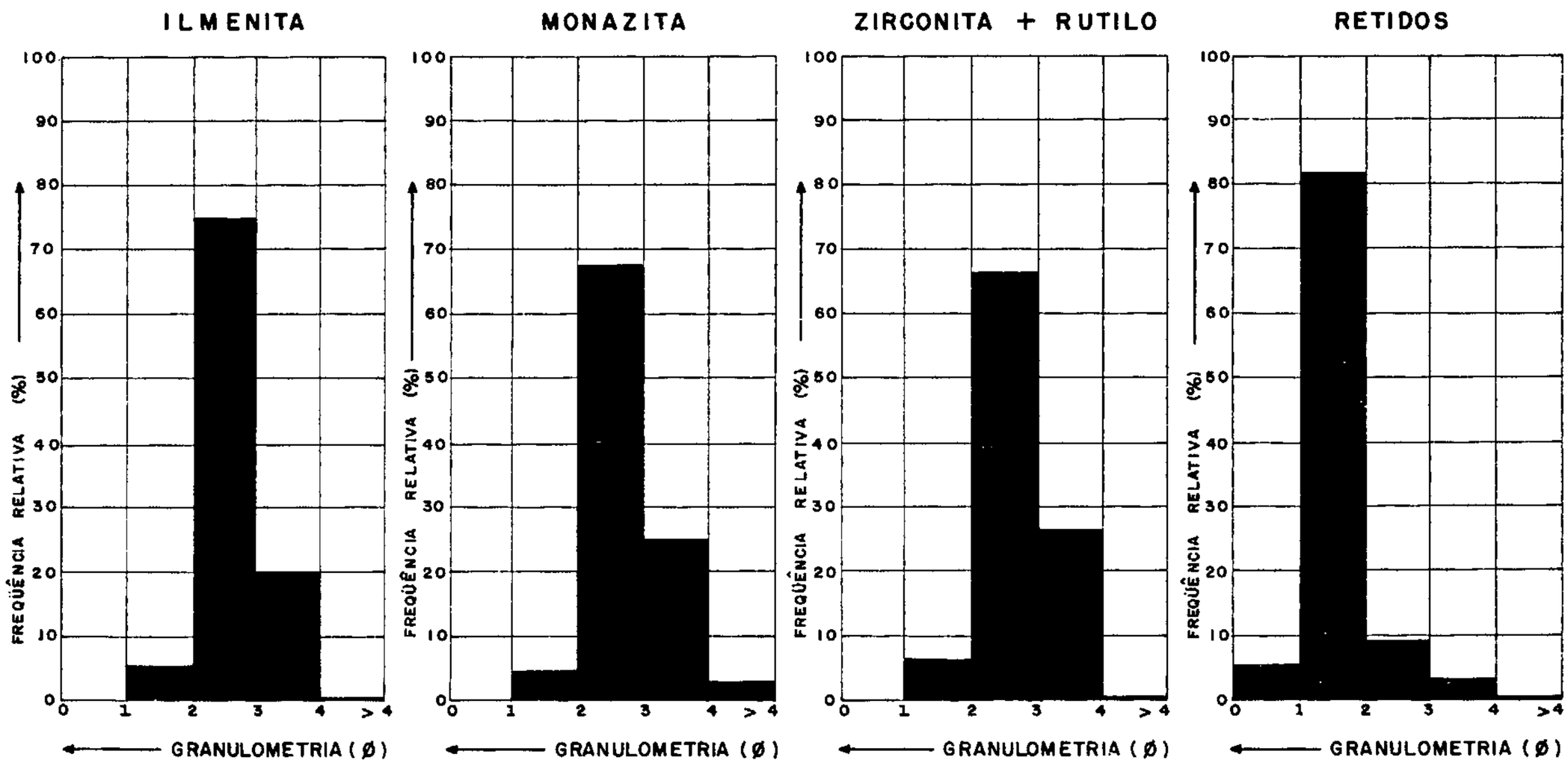


FIGURA 40

C U T I N G U T A II

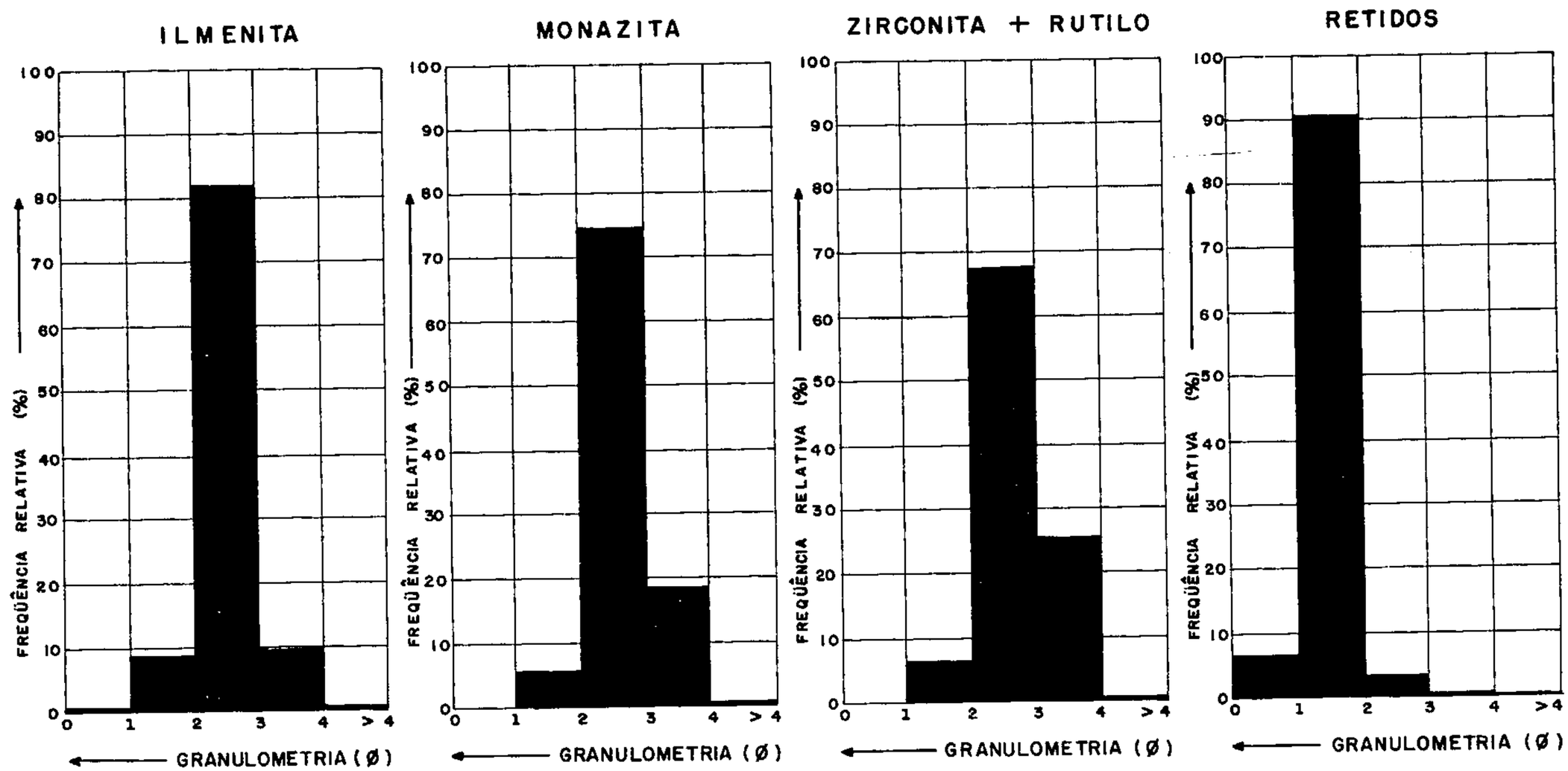


FIGURA 41

GUAXINDIBA

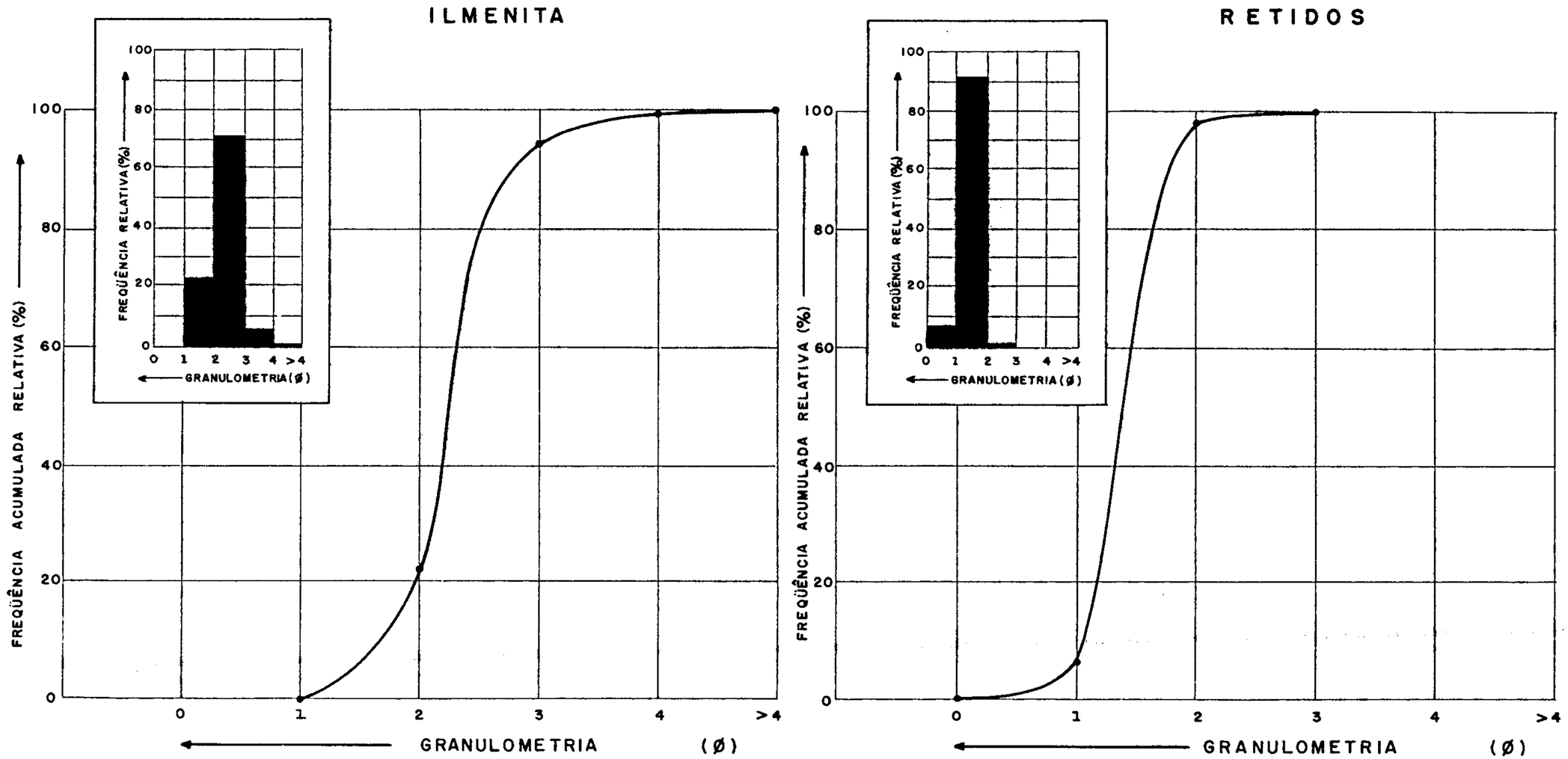


FIGURA 42

GUAXINDIBA

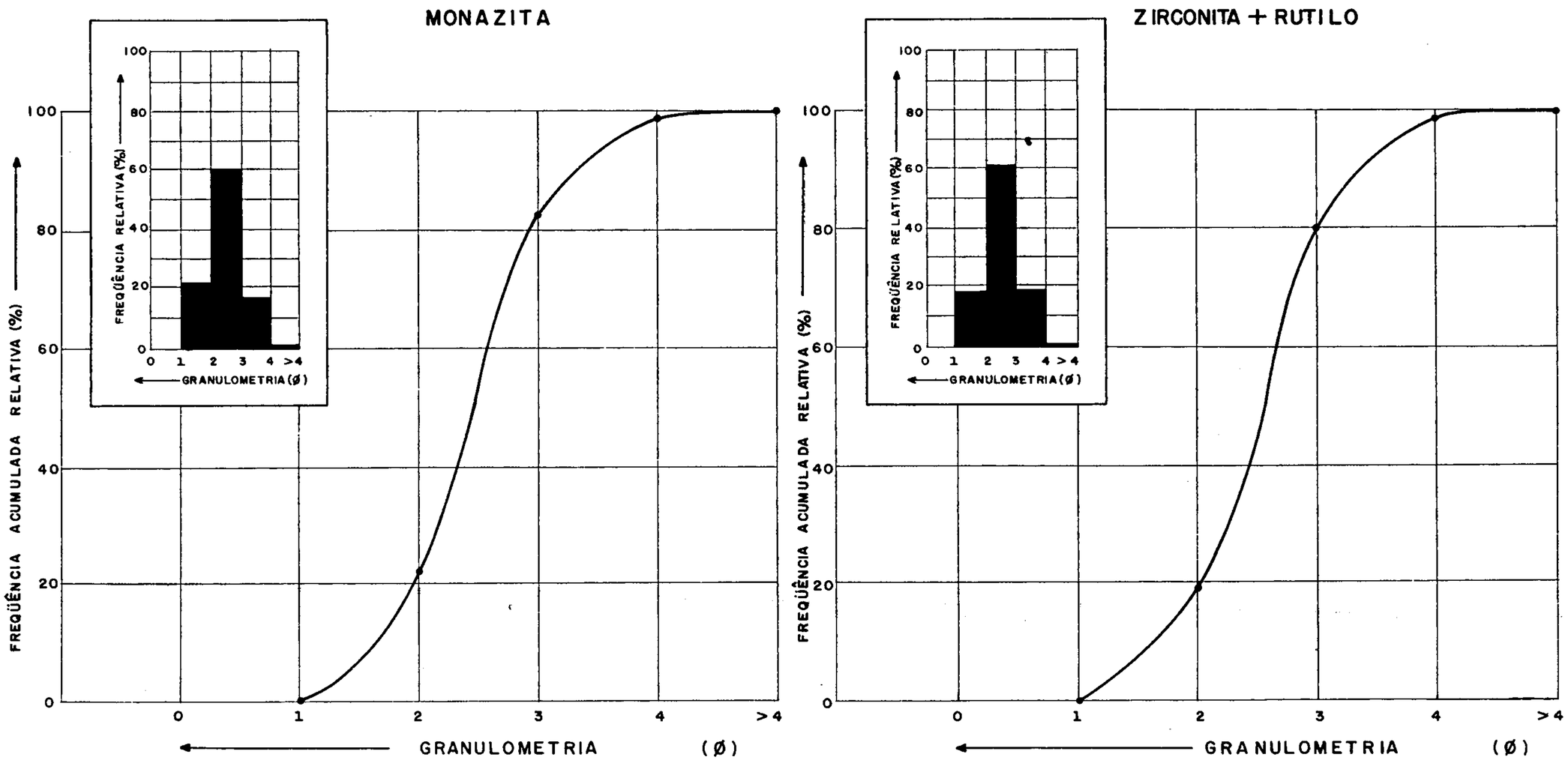


FIGURA 43

ASMOS

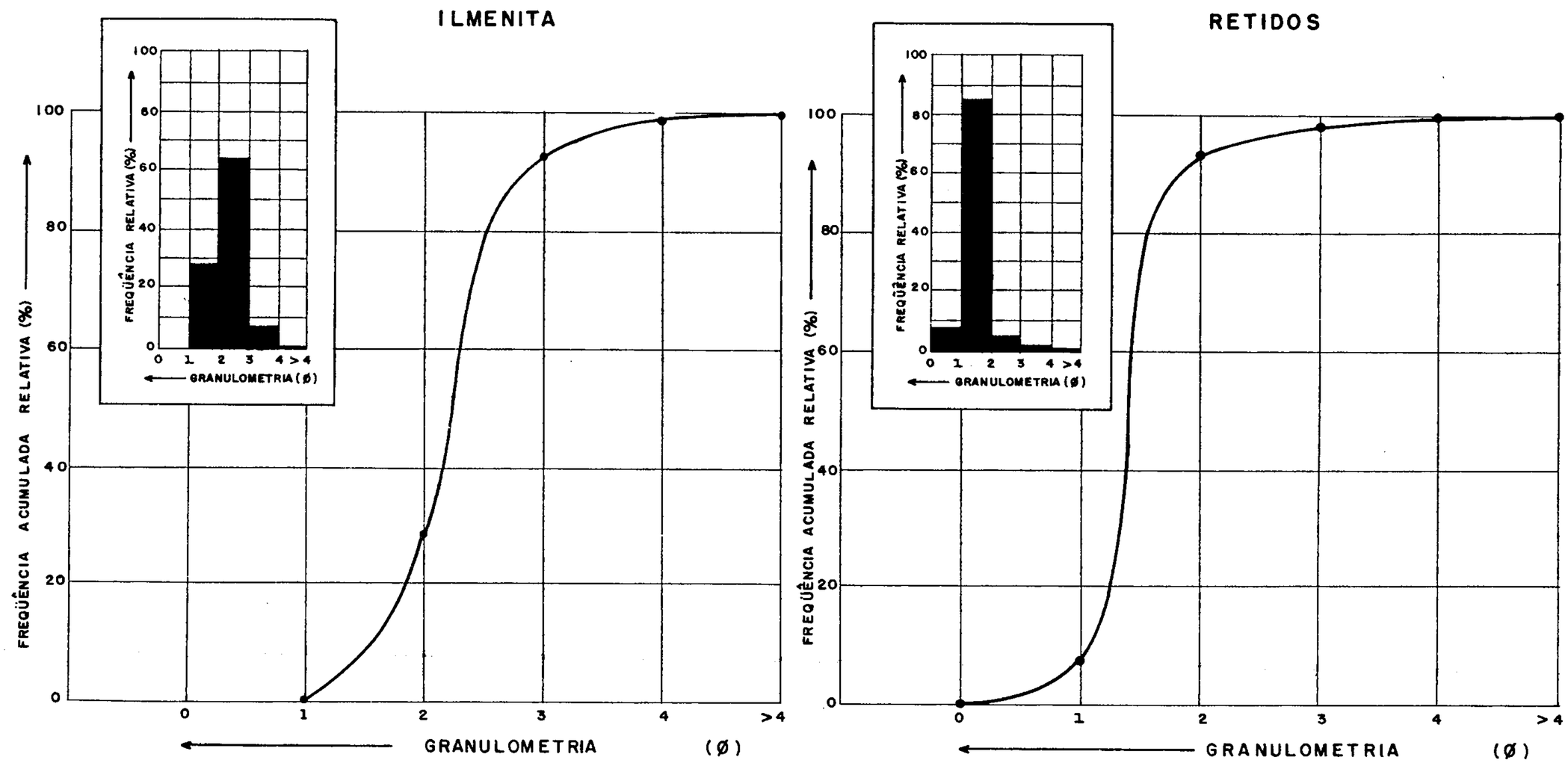
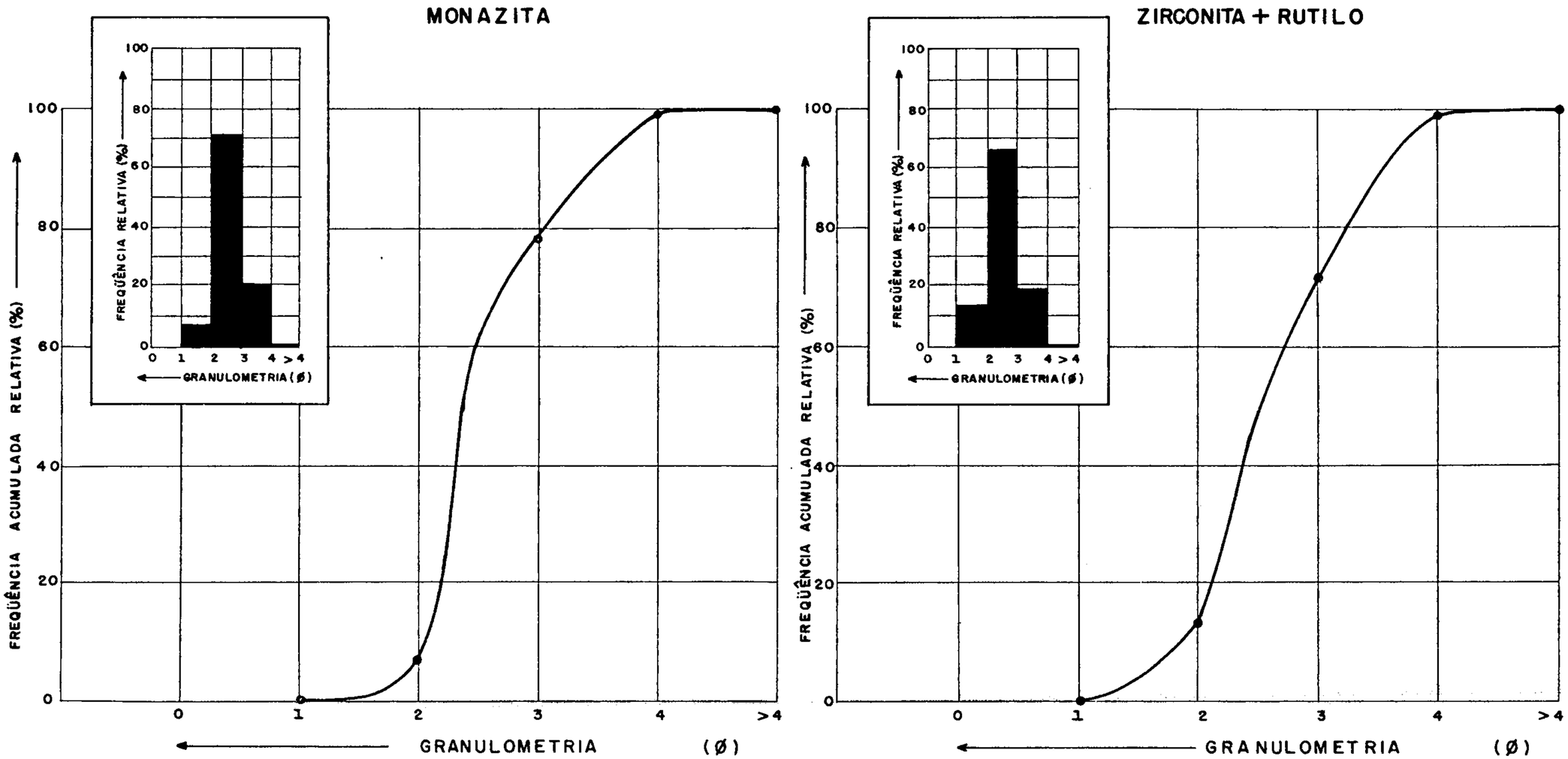


FIGURA 44

ASMOS



frações: ilmenita, monazita e zirconita + rutilo, situada em um intervalo de classe de areia fina dentro da classificação de Wentworth, entre 1/4 e 1/8 mm.

b) A fração retidos mostrou uma maior frequência de granulometria mais grosseira, situada entre 1/2 e 1/4 mm, podendo ser classificada de areia média.

c) As curvas de freqüência simples obtidas, evidenciaram a distribuição unimodal, mas seu traçado foi considerado desnecessário, sendo os histogramas suficientemente claros. Estas curvas mostraram-se assimétricas tornando-se mais suaves no sentido do menor diâmetro dos sedimentos.

d) A distribuição das freqüências em torno da classe modal, em cada fração, tendem estatísticamente para o lado da granulometria fina.

As amostras da fração dos corpos Guaxindiba e Asmos foram escolhidos como representativas para um estudo mais detalhado. Para isso foram construídas curvas acumulativas como instrumento estatístico buscando uma melhor interpretação sobre a natureza da freqüência dos minerais pesados ocorrentes na área.

Com a determinação dos parâmetros de coeficiente de seleção, desvio padrão, assimetria e curtose (tab. XXXI e XXXII), foram alcançadas as seguintes deduções quanto a distribuição granulométrica:

1. Os traçados das curvas acumulativas demonstram, comparativamente, notável semelhança de traçado.

TABELA XXXI

ANÁLISE ESTATÍSTICA RELATIVA
GRANULOMETRIA

CORPO / FRAÇÃO \ MEDIDA ESTATÍSTICA	PRIMEIRO QUARTEL (Q1)		MEDIANA (Md)		TERCEIRO QUARTEL (Q3)		COEFICIENTE DE SELEÇÃO	
	mm	ø	mm	ø	mm	ø	So	DEDUÇÃO
ASMOS — ILMENITA	0,238	2,07	0,219	2,19	0,195	2,36	1,10	MUITO BEM SELECIONADA
MONAZITA	0,219	2,19	0,203	2,30	0,143	2,80	1,23	BEM SELECIONADA
ZIRCONITA + RUTILO	0,225	2,15	0,187	2,42	0,118	3,08	1,38	BEM SELECIONADA
RETIDOS	0,425	1,23	0,400	1,32	0,375	1,41	1,06	PERFEITAMENTE SELECIONADA
GUAXINDIBA — ILMENITA	0,243	2,04	0,219	2,19	0,194	2,36	1,13	MUITO BEM SELECIONADA
MONAZITA	0,243	2,04	0,193	2,37	0,143	2,80	1,30	BEM SELECIONADA
ZIRCONITA + RUTILO	0,231	2,11	0,180	2,47	0,137	2,86	1,30	BEM SELECIONADA
RETIDOS	0,450	1,15	0,400	1,32	0,350	1,51	1,07	PERFEITAMENTE SELECIONADA

CPRM

TABELA XXXII

ANÁLISE ESTATÍSTICA RELATIVA
GRANULOMETRIA

MEDIDA ESTATÍSTICA / CORPO / FRAÇÃO	TENDÊNCIA CENTRAL (MÉDIA ARITMÉTICA)	DISPERSÃO (DESVIO PADRÃO)	ASSIMETRIA		"CURTOSIS"
			PRIMEIRA ASSIMETRIA	SEGUNDA ASSIMETRIA	
ASMOS					
ILMENITA	1,82	0,40	-0,92	0,11	1,40
MONAZITA	2,63	0,52	0,63	0,86	0,71
ZIRCONITA + RUTILO	2,56	0,52	0,26	0,25	1,19
RETIDOS	1,30	0,15	-0,13	1,20	3,67
GUAXINDIBA					
ILMENITA	2,12	0,30	-0,23	0,03	2,00
MONAZITA	2,36	0,66	-0,01	0,10	0,74
ZIRCONITA + RUTILO	2,49	0,93	0,02	-0,16	0,08
RETIDOS	1,36	0,25	0,16	0,16	1,00

As curvas acumulativas crescem, em geral, abruptamente, entre as duas primeiras classes texturais para tender a uma suavização com a aproximação da freqüência acumulada 100.

Este comportamento da curva é típico para os sedimentos de granulometria bem selecionada e unimodal.

2. Segundo Inmann (1949), pela obtenção do desvio padrão pode-se concluir que o corpo Asmos apresenta as frações relativamente menos selecionadas do que as do corpo Guaxindiba. Em ambos os corpos, uma melhor seleção pode ser sentida na fração retidos e na fração ilmenita cujo desvio-padrão variou entre 0,15 - 0,25 e 0,30 - 0,40, respectivamente.

3. Os concentrados mostraram uma distribuição aproximadamente simétrica, por comparação entre a média aritmética e a mediana.

4. As medidas do grau de assimetria definiram uma tendência das curvas ora para o lado dos sedimentos grosseiros ora para o dos sedimentos finos. As curvas das frações ilmenita e retidos do corpo Asmos mostraram tendências para o sentido da granulação fina. No corpo Guaxindiba o mesmo comportamento foi verificado em relação a fração ilmenita e monazita. As demais frações, em ambos os corpos, tenderam para o sentido dos sedimentos grosseiros.

5. Os cálculos de curtose (medida que espelha o grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de freqüência) tanto em Asmos como em Guaxindiba traduziram curvas leptocúrticas, representando um sedi

mento bem selecionado na parte central da distribuição.

6. Os baixos valores do coeficiente de seleção em ambos os corpos indicam um transporte relativamente longo para os minerais pesados ocorrentes, além de uma deposição aproximadamente uniforme.

5.3.3 Morfoscopia dos Minerais Pesados

As análises morfoscópicas das frações de minerais pesados (tab. XXXIII e XXXIV) refletem o relativo alto grau de maturidade desses sedimentos.

Das três frações analisadas, a monazita foi a que apresentou mais altos índices de arredondamentos, demonstrando um retrabalhamento executado em vários ciclos sucessivos, especialmente em se tratando de areias e considerando-se que um material desta granulometria exige muito mais tempo para efetivação de arredondamento, do que seixos, por exemplo.

De uma maneira geral os graus de ilmenita mostraram mais altos índices de esfericidade do que as frações de monazita e zirconita + rutilo, isto parece ser devido ao diâmetro relativamente maior daqueles em relação a estes, comprovando a verificação de diversos estudiosos do assunto. Esta última ponderação pode ser complementada pela observação de que, existe nos sedimentos analisados uma relação íntima entre os índices de arredondamento e de esfericidade, atestando ser estas areias produto de um considerável processo de abrasão.

A observação em lupa binocular mostrou grãos euhedrais de zirconita, na maioria apresen

TABELA XXXIII

A N Á L I S E M O R F O S C Ó P I C A

E S F E R I C I D A D E

(ÍNDICES DE RITTENHOUSE)

FRÁÇÃO / CORPO	ILMENITA	MONAZITA	ZIRCONITA + RUTILO	RETIDOS
GUAXINDIBA	0,5-0,7	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-0,9
SALINAS	0,7-0,9	0,5-0,7	0,3-0,5	0,7-0,9
CAVEIRA	0,7-0,9	0,3-0,5	0,3-0,5	0,5-0,7
SAMAMBAIA	0,7-0,9	0,5-0,7	0,5-0,7	0,5-0,7
BOA ESPERANÇA	0,7-0,9	0,5-0,7	0,3-0,5	0,7-0,9
CAÇADOR	0,5-0,7	0,3-0,5	0,3-0,5	0,7-0,9
ATALHOS	0,5-0,7	0,7-0,9	0,3-0,5	0,5-0,7
GURIRI	0,3-0,5	0,5-0,7	0,3-0,5	0,7-0,9
PONTA DO RETIRO I	0,7-0,9	0,5-0,7	0,3-0,5	0,5-0,7
PONTA DO RETIRO II	0,7-0,9	0,5-0,7	0,3-0,5	0,7-0,9
LAGO DOCE I	0,5-0,7	0,3-0,5	0,3-0,5	0,7-0,9
LAGO DOCE II	0,7-0,9	0,7-0,9	0,3-0,5	0,7-0,9
ASMOS	0,7-0,9	0,5-0,7	0,3-0,5	0,7-0,9
S. FRANCISCO I-II	0,7-0,9	0,5-0,7	0,3-0,5	0,7-0,9
CUTINGUTA II	0,7-0,9	0,5-0,7	0,3-0,5	0,7-0,9

TABELA XXXIV

A N Á L I S E M O R F O S C Ó P I C A

A R R E D O N D A M E N T O

(ÍNDICES DE RITTENHOUSE)

FRAÇÃO / CORPO	ILMENITA	MONAZITA	ZIRCONITA + RUTILO	RETIDOS
GUAXINDIBA	0,5-0,7	0,7-0,9	0,3-0,5	0,7-0,9
SALINAS	0,5-0,7	0,7-0,9	0,5-0,7	0,3-0,5
CAVEIRA	0,7-0,9	0,7-0,9	0,3-0,5	0,7-0,9
SAMAMBAIA	0,5-0,7	0,7-0,9	0,7-0,9	0,3-0,5
BOA ESPERANÇA	0,5-0,7	0,7-0,9	0,5-0,7	0,3-0,5
CAÇADOR	0,3-0,5	0,7-0,9	0,3-0,5	0,5-0,7
ATALHOS	0,7-0,9	0,7-0,9	0,7-0,9	0,3-0,5
GURIRI	0,7-0,9	0,7-0,9	0,3-0,5	0,5-0,7
PONTA DO RETIRO I	0,3-0,5	0,5-0,7	0,5-0,7	0,3-0,5
PONTA DO RETIRO II	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-0,9	0,3-0,5
LAGO DOCE I	0,5-0,7	0,5-0,7	0,7-0,9	0,5-0,7
LAGO DOCE II	0,5-0,7	0,7-0,9	0,5-0,7	0,3-0,5
ASMOS	0,3-0,5	0,5-0,7	0,3-0,5	0,5-0,7
S. FRANCISCO I-II	0,3-0,5	0,7-0,9	0,5-0,7	0,3-0,5
CUTINGUTA II	0,5-0,7	0,7-0,9	0,7-0,9	0,3-0,5

tando evidentes desgastes e monazita com elevado grau de arredondamento (vide foto 32).

5.4 Avaliação das Reservas

5.4.1 Porosidade

Sendo o minério da área pesquisada formado por sedimentos inconsolidados, tornou-se necessário a determinação de volume total de vazios existentes entre os grãos.

A porosidade foi determinada experimentalmente em laboratório. Em linhas gerais o ensaio baseou-se na determinação dos volumes, ou seja: tomou-se volumes conhecidos das amostras representativas dos corpos e adicionou-se água até a saturação da amostra. Da diferença entre o volume de água inicial e final obteve-se a porosidade ou em termos percentuais: o volume total ocupado pelos vazios ou espaço poroso.

Ao concluir-se os ensaios obteve-se uma série de índices que forneceram um valor médio de 30% para a porosidade.

5.4.2 Densidade

A densidade das frações foi determinada pelo LAMIN (CPRM), a partir de amostras representativas de cada corpo de minério.

De posse dos valores das densidades das frações, foi possível calcular as densidades re

presentativas do minério. A essa densidade denominou-se "ponderada", por ter sido obtida através de cálculos de médias ponderadas com a utilização dos percentuais de participação de cada fração na amostra.

Para efeitos de cálculo utilizou-se a densidade "natural", obtida através dos índices de densidade ponderada e de porosidade.

Os valores alcançados para as densidades ponderadas e naturais são mostrados na tabela XXXV.

5.4.3 Cálculo das Reservas

A umidade foi considerada desprezível devido as amostras terem sido submetidas a secagem. Logo, o fator porosidade já inclue os espaços ocasionalmente ocupados pela umidade.

O cálculo da reserva foi padronizado em tabelas arquivadas nos anexos (Volumes VIII - parte I, II e III).

O processo utilizado foi o mesmo para as três reservas: medida, indicada e inferida. Os cálculos foram feitos para cada área de influência separadamente, no sentido de indicar as tonelagens parciais dessas áreas quando da execução de uma lavra racional e seletiva. As reservas medidas, indicadas e inferidas correspondem ao somatório das áreas de influência, respectivas (vide ítem 4.3 - Malha de Amostragem).

Chegou-se ao valor das toneladas, empregando-se a fórmula seguinte:

TABELA XXXV

D E N S I D A D E S

CORPO	"PONDERADA"	"NATURAL"
GUAXINDIBA	3,25	2,275
SALINAS	3,38	2,366
MANGUINHOS	3,49	2,443
CAVEIRA	3,49	2,443
SAMAMBAIA	3,07	2,149
BOA ESPERANÇA	3,19	2,233
LARGO	3,19	2,233
CAÇADOR	3,18	2,226
ATALHOS	3,38	2,366
GURIRI	3,05	2,135
PONTA DO RETIRO I	3,17	2,219
PONTA DO RETIRO II	3,23	2,261
LAGO DOCE I	3,73	2,611
LAGO DOCE II	3,47	2,429
ASMOS	3,13	2,191
SÃO FRANCISCO I	2,86	2,002
SÃO FRANCISCO II	2,86	2,002
CUTINGUTA II	2,99	2,093

$$t = V \times d \times \frac{teor}{100}$$

Onde: t = tonelada

V = volume

d = densidade "natural": densidade ponderada x (100 - porosidade)

Ao final dos cálculos, somou-se os resultados obtidos para tonelagem, chegando-se então aos valores contidos nos quadros de reservas (tab. XXXVI a XLIII).

TABELA XXXVI

R E S E R V A S
(TONELAGEM)

M I N É R I O
ACIMA DE 5%

CORPO	TEOR MÉDIO	MEDIDA		INDICADA		INFERIDA		TOTAL	
		ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF
GUAXINDIBA	22,1	754.980,07		229.027,94		109.466,11		1.093.474,12	
	12,3		955.997,66		367.414,55		167.416,34		1.490.828,55
SALINAS	18,8	163.198,54		41.386,50		35.488,51		240.073,55	
	10,4		38.872,62		18.354,98		11.997,87		69.205,47
MANGUINHOS	12,3	283.769,72		51.090,73		18.303,30		353.163,75	
CAVEIRA	22,6	435.447,97		97.700,85		67.144,32		600.293,14	
	15,4		265.389,91		43.515,86		27.063,82		335.969,59
SAMAMBAIA	13,9	377.283,81		27.802,69		18.350,44		423.436,94	
BOA ESPERANÇA	11,9	72.081,89		30.913,07		22.085,75		125.080,71	
	11,4		104.657,90		36.635,11		29.901,25		171.194,26
LARGO	13,5	670.004,66		186.141,47		130.944,44		987.090,57	
CAÇADOR	11,9	378.315,64		57.249,94		54.902,17		490.467,75	
ATALHOS	22,9	353.680,00		61.257,18		50.203,56		465.140,74	
GURIRI	10,8	424.464,67		148.349,13		68.257,72		641.071,52	
PONTA DO RETIRO I	12,4	21.424,67		2.722,42		124,49		24.271,58	
PONTA DO RETIRO II	8,6	14.204,39		7.769,36		3.677,52		25.651,27	
LAGO DOCE I	12,2	19.052,13		13.585,35		11.504,72		44.142,20	
	19,9		24.539,30		6.139,90		4.854,81		35.534,01
LAGO DOCE II	13,4	90.480,23		40.335,03		35.296,81		166.111,67	
	25,6		26.225,57		30.704,07		28.009,38		84.939,02
ASMOS	10,9	770.588,31		177.764,24		158.255,21		1.106.607,76	
	12,0		343.165,24		116.944,54		89.982,46		550.092,24
SÃO FRANCISCO I	10,1	50.175,12		16.766,75		11.167,36		78.109,23	
SÃO FRANCISCO II	9,4	33.470,94		16.078,56		16.078,56		65.628,08	
CUTINGUTA II	10,8	177.381,67		73.058,70		56.511,00		306.951,37	
	10,2		15.206,94		6.900,35		5.821,16		27.928,45
		5.090.004,45	1.774.055,14	1.278.999,91	626.609,36	867.761,89	365.027,09	7.236.765,95	2.765.691,59
		6.864.059,59		1.905.609,27		1.232.788,68		10.002.457,54	

CPRM

TABELA XXXVII

R E S E R V A S
(TONELAGEM)

MINÉRIO
ABAIXO DE 5 %

ÁREA	INTERVALO DE TEOR	MEDIDA		INDICADA		INFERIDA		TOTAL	
		ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF
GUAXINDIBA	0,3—4,9	1.498.655,09		443.057,09		241.469,66		2.183.181,84	
			1.955.323,35		811.176,09		460.653,31		3.227.152,75
SALINAS	1,2—4,9	112.255,56		101.127,97		64.177,73		277.561,26	
			160.322,34		141.217,62		111.922,83		413.462,79
MANGUINHOS	0,3—4,9	1.014.210,89		292.401,03		163.865,15		1.470.477,07	
CAVEIRA	0,3—4,9	558.129,93		190.954,65		160.340,88		909.425,46	
			393.358,03		155.244,88		135.901,38		684.504,29
SAMAMBAIA	0,4—4,9	1.626.927,31		477.212,31		212.801,22		2.316.940,84	
BOA ESPERANÇA	0,3—4,9	358.221,88		276.210,55		238.477,41		872.909,84	
			456.630,90		329.999,74		258.154,20		1.044.784,84
LARGO	0,8—4,9	526.918,22		120.302,87		65.280,33		712.501,42	
CAÇADOR	0,3—4,9	893.008,58		246.731,22		200.287,78		1.340.027,58	
ATALHOS	1,3—4,9	135.675,26		102.144,62		78.817,37		316.637,25	
GURIRI	0,6—4,9	1.631.006,56		355.344,06		190.945,11		2.177.295,73	
PONTA DO RETIRO I	0,2—4,9	55.507,22		11.616,80		4.106,79		71.230,81	
PONTA DO RETIRO II	0,6—4,9	739.169,90		153.967,66		38.214,00		931.351,56	
LAGO DOCE I	0,3—4,9	37.655,50		30.883,22		43.305,21		111.843,93	
			51.222,70		50.322,25		39.613,75		141.158,70
LAGO DOCE II	0,3—4,9	58.979,16		38.788,09		33.854,19		131.621,44	
			93.098,98		73.894,70		68.315,62		235.309,30
ASMOS	0,2—4,9	460.183,81		198.421,43		168.533,91		827.139,15	
			1.044.810,16		535.264,43		397.644,41		1.977.719,00
SÃO FRANCISCO I	0,5—4,9	348.973,62		101.351,25		60.591,75		510.916,62	
SÃO FRANCISCO II	0,5—4,9	119.994,85		38.413,35		36.348,81		194.757,01	
CUTINGUTA II	0,5—4,9	359.750,53		163.826,12		136.136,37		659.713,02	
			240.956,33		123.601,17		105.729,09		470.286,59
		10.535.223,87	4.395.722,79	3.342.754,29	2.220.720,88	2.137.553,67	1.577.934,59	16.015.531,83	8.158.378,26
		14.930.946,66		5.563.475,17		3.715.488,26		24.209.910,09	

CPRM

TABELA XXXVIII

R E S E R V A S

(TONELAGEM)

MINERAIS PESADOS

*ACIMA DE 5%

CORPO	TEOR MÉDIO	MEDIDA		INDICADA		INFERIDA		TOTAL	
		ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF
GUAXINDIBA		176.208,93		56.101,31		23.792,34		256.102,58	
			132.944,48		46.455,04		21.492,76		200.892,28
SALINAS		30.409,75		7.048,44		5.265,97		42.724,16	
			4.073,59		1.486,48		976,86		6.536,93
MANGUINHOS		36.353,81		7.450,93		2.725,74		46.530,48	
CAVEIRA		98.726,25		22.497,73		1.487,14		136.100,12	
			39.987,87		7.024,69		4.196,36		51.208,92
SAMAMBAIA		51.039,70		3.159,82		1.483,37		55.682,89	
BOA ESPERANÇA		9.627,24		3.498,59		2.199,25		15.325,08	
			11.951,24		3.680,73		3.017,57		18.649,54
LARGO		92.108,94		20.874,83		16.654,92		129.638,69	
CAÇADOR		37.077,02		8.664,63		8.067,79		53.809,44	
ATALHOS		79.549,24		7.111,78		5.903,01		92.564,03	
GURIRI		45.584,58		19.669,43		10.434,88		75.688,89	
PONTA DO RETIRO I		2.651,86		663,08		9,83		3.324,77	
PONTA DO RETIRO II		1.222,49		776,14		310,67		2.309,30	
LAGO DOCE I		2.250,20		1.267,71		1.093,68		4.611,59	
			4.567,21		1.207,50		998,30		6.773,01
LAGO DOCE II		12.109,20		4.784,32		3.983,02		20.876,54	
			6.718,89		4.955,02		4616,64		16.290,55
ASMOS		83.157,62		17.230,47		18.507,16		118.895,25	
			40.983,13		10.328,82		8.367,29		59.679,24
SÃO FRANCISCO I		4.985,12		1.687,12		1.048,89		7.721,13	
SÃO FRANCISCO II		3.151,26		1.931,30		1.931,30		7.013,86	
CUTINGUTA II		18.850,74		7.791,59		6.785,37		33.427,70	
			1.557,81		674,76		1.145,25		3.377,82
		785.063,95	242.784,22	192.209,22	75.813,04	125.073,33	44.811,03	1.102.346,50	363.408,29
		1.027.848,17		268.022,26		169.884,36		1.465.754,79	

* CALCULADO SOBRE ZONAS DE CONCENTRAÇÃO DE MINÉRIO ACIMA DE 5% DE PESADOS

CPRM

TABELA XXXIX

R E S E R V A S
(TONELAGEM)

MINERAIS PESADOS
* ABAIXO DE 5%

ÁREA	INTERVALO DE TEOR	MEDIDA		INDICADA		INFERIDA		TOTAL	
		ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF
GUAXINDIBA		18.770,98		8.232,38		4.341,54		31.344,90	
			49.327,81		17.385,60		9.873,82		76.587,23
SALINAS		2.797,09		2.634,63		1.670,20		7.101,92	
			4.513,61		3.271,50		2.657,30		10.442,41
MANGUINHOS		20.672,92		4.765,59		2.536,24		27.974,75	
CAVEIRA		16.504,62		4.874,14		4.056,05		25.434,81	
			10.452,75		3.584,34		2.908,56		16.945,65
SAMAMBAIA		34.039,54		8.281,49		4.226,95		46.547,98	
BOA ESPERANÇA		8.563,19		6.469,27		4.955,11		19.987,57	
			10.487,13		5.892,50		4.428,63	20.808,26	
LARGO		11.426,53		2.272,05		1.245,44		14.944,02	
CAÇADOR		21.057,64		5.042,69		3.933,62		30.033,95	
ATALHOS		6.330,44		3.639,03		2.838,84		12.808,31	
GURIRI		41.398,45		7.442,68		4.126,16		52.967,29	
PONTA DO RETIRO I		1.671,59		319,89		109,01		2.100,49	
PONTA DO RETIRO II		15.638,87		3.349,63		832,39		19.820,89	
LAGO DOCE I		978,99		712,19		610,78		2.301,96	
			1.219,75		1.072,77		881,74		3.174,26
LAGO DOCE II		1.669,13		1.018,48		1.004,06		3.691,67	
			1.938,12		1.561,87		1.479,08		4.979,07
ASMOS		13.027,04		5.778,43		5.021,29		23.826,74	
			25.235,32		11.474,20		8.743,84		45.453,36
SÃO FRANCISCO I		16.153,56		2.429,37		1.433,23		20.016,16	
SÃO FRANCISCO II		3.087,65		625,74		583,12		4.296,51	
CUTINGUTA III		8.187,24		3.577,39		3.873,20		15.637,83	
			3.740,06		1.660,49		2.505,81		7.906,36
		241.975,47	106.914,55	71.465,07	45.903,27	47.397,21	33.478,78	381.646,01	165.488,34
		348.890,02		117.368,34		80.875,99		547.134,35	

* CALCULADO SOBRE ZONAS DE CONCENTRAÇÃO ABAIXO DE 5% DE M. PESADOS

CPRM

TABELA XL

R E S E R V A S

(TONELAGEM)

R E T I D O S

(MINERAIS PESADOS ACIMA DE 5%)

CORPO	INTERVALO DE TEORES	MEDIDA		INDICADA		INFERIDA		TOTAL	
		ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF
GUAXINDIBA	0,5-37,9	47.048,54		13.577,54		5.179,79		65.805,87	
			54.032,00		12.072,43		6.487,61		72.592,04
SALINAS	0,5- 7,2	3.242,56		1.075,69		889,80		5.208,05	
			477,55		192,60		129,09		799,24
MANGUINHOS	0,2-12,9	4.089,01		1.039,76		311,25		5.439,62	
CAVEIRA	0,3-60,1	11.499,18		2.997,61		2.178,06		16.674,85	
			6.335,41		1.129,70		312,77		7.777,88
SAMAMBAIA	0,4-39,2	7.608,78		819,69		319,61		8.748,08	
BOA ESPERANÇA	0,2- 6,6	946,09		343,32		226,70		1.516,11	
			2.327,90		323,38		618,07		3.269,35
LARGO	0,4-10,6	31.091,81		4.935,33		3.627,27		39.654,41	
CAÇADOR	0,2- 6,1	215,50		1.119,46		705,85		2.040,81	
ATALHOS	0,7- 5,5	6.911,80		966,28		818,13		8.696,21	
GURIRI	0,2-5,7	4.028,25		1.455,76		2.708,63		8.192,64	
PONTA DO RETIRO I	0,4-6,9	374,13		69,76		1,61		445,50	
PONTA DO RETIRO II	0,4-6,9	175,27		478,47		50,70		704,84	
LAGO DOCE I	0,2-12,1	143,98		80,34		65,07		289,39	
			761,40		248,21		195,02		848,76
LAGO DOCE II	0,2-12,1	2.074,80		942,94		595,91		4.122,13	
			1.114,40		952,54		707,37		2.774,31
ASMOS	0,4-12,3	14.675,98		1.152,37		3.507,43		19.335,78	
			7.585,85		1.978,42		1.834,79		11.399,06
SÃO FRANCISCO I	0,4-4,1	544,55		252,52		128,71		925,78	
SÃO FRANCISCO II	0,4-4,1	350,27		395,98		385,51		1.131,36	
CUTINGUTA II	0,2-5,3	2.514,50		917,39		1.502,76		3.582,65	
			409,48		126,56		606,43		1.142,47
		137.535,00	73.043,99	32.620,21	17.023,84	23.202,76	10.891,15	193.357,97	100.958,98
		210.578,99		49.644,05		34.093,91		294.316,95	

CPRM

TABELA XLI

R E S E R V A S

(TONELAGEM)

I L M E N I T A

(MINERAIS PESADOS ACIMA DE 5%)

CORPO	INTERVALO DE TEOR	MEDIDA		INDICADA		INFERIDA		TOTAL	
		ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF
GUAXINDIBA	0,3-43,0	97.421,63		33.432,01		14.572,40		145.426,04	
			58.213,57		25.812,53		10.843,28		94.869,38
SALINAS	2,0-41,7	18.613,17		3.875,45		2.787,12		25.275,71	
			2.307,40		936,38		604,22		3.848,00
MANGUINHOS	1,5-23,0	21.062,76		3.744,82		1.458,06		26.265,64	
CAVEIRA	0,8-35,2	54.847,50		12.281,25		7.957,55		75.086,30	
			20.998,45		3.822,89		2.598,89		27.420,23
SAMAMBAIA	0,9-14,1	20.290,57		1.285,37		621,69		22.197,63	
BOA ESPERANÇA	1,7-12,4	4.918,41		1.910,08		1.140,14		7.968,63	
			5.910,58		1.993,92		1.437,51		9.342,01
LARGO	0,9-29,2	33.217,65		8.701,33		7.423,91		49.342,89	
CAÇADOR	0,5-27,0	22.783,46		4.821,40		4.818,84		32.423,70	
ATALHOS	3,1-33,9	44.964,86		3.844,57		3.209,33		52.018,76	
GURIRI	2,5-23,4	25.213,57		9.688,90		4.978,53		39.881,00	
PONTA DO RETIRO I	2,9-41,9	1.376,49		345,22		4,36		1.726,07	
PONTA DO RETIRO II	3,3-15,4	710,89		215,91		186,03		1.112,83	
LAGO DOCE I	3,3-15,4	994,52		562,19		477,06		2.033,77	
			1.874,82		560,88		465,80		2.901,50
LAGO DOCE II	3,9-39,7	5.837,67		2.318,33		2.068,58		10.224,58	
			3.178,87		1.871,63		1.850,74		6.901,24
ASMOS	1,5-33,9	44.216,99		10.022,78		9.557,67		63.797,44	
			20.127,78		5.358,98		4.222,14		29.708,90
SÃO FRANCISCO I	3,1-22,0	2.797,14		900,91		554,58		4.252,63	
SÃO FRANCISCO II	3,1- 9,7	1.959,06		1.009,18		1.018,89		3.987,13	
CUTINGUTA III	1,7-16,3	10.852,69		4.630,72		3.487,47		18.970,88	
			836,08		431,42		406,78		1.674,28
		412.079,03	113.447,55	103.590,42	40.788,63	66.322,24	22.429,36	581.991,63	176.665,60
		525.526,58		144.379,05		88.751,60		758.657,23	

CPRM

TABELA XLII

R E S E R V A S
(TONELAGEM)

M O N A Z I T A
(MINERAIS PESADOS ACIMA DE 5%)

CORPO	INTERVALO DE TEOR	MEDIDA		INDICADA		INFERIDA		TOTAL	
		ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF
GUAXINDIBA	0,1 —2,6	3.589,99		1.084,79		495,92		5.170,70	
			2.625,45		954,40		685,96		4.265,81
SALINAS	0,1—2,0	689,35		198,42		144,15		1.031,92	
			105,84		33,60		23,07		162,51
MANGUINHOS	0,1—1,1	642,64		169,52		63,99		876,15	
CAVEIRA	0,1—2,6	2.603,79		530,96		377,84		3.512,59	
			1.239,24		173,82		107,00		1.520,06
SAMAMBAIA	0,1—1,8	1.720,02		71,19		36,43		1.827,64	
BOA ESPERANÇA	0,1—1,4	354,96		167,50		89,94		612,40	
			355,07		133,08		95,49		583,64
LARGO	0,1—1,8	1.410,83		711,10		572,88		2.694,81	
CAÇADOR	0,05—7,3	2.344,49		345,16		307,90		2.997,55	
ATALHOS	0,1—2,2	2.642,33		454,27		368,94		3.465,54	
GURIRI	0,1—2,3	2.051,15		860,49		426,13		3.337,77	
PONTA DO RETIRO I	0,1—4,8	92,52		21,66		0,25		114,43	
PONTA DO RETIRO II	0,1—0,8	22,54		7,24		6,01		35,79	
LAGO DOCE I	0,05—2,1	106,42		44,76		38,97		190,15	
			120,63		27,56		24,10		172,29
LAGO DOCE II	0,1—2,2	457,34		157,75		136,15		751,24	
			342,59		381,39		368,67		1.092,65
ASMOS	0,1—6,8	4.203,83		1.055,03		962,66		6.221,52	
			2.701,49		548,27		410,72		3.660,48
SÃO FRANCISCO I	0,1—1,6	143,94		63,55		89,40		296,89	
SÃO FRANCISCO II	0,1—0,9	86,71		69,19		69,95		225,85	
CUTINGUTA II	0,1—3,6	1.186,23		485,21		364,60		2.036,04	
			43,92		18,35		17,26		79,53
		24.349,08	7.534,23	6.497,79	2.270,47	4.552,11	1.732,27	35.398,98	11.536,97
		31.883,31		8.768,26		6.284,38		46.935,95	

CPRM

TABELA XLIII

R E S E R V A S
(TONELAGEM)

ZIRCONITA + RUTILO
(MINERAIS PESADOS ACIMA DE 5%)

CORPO	INTERVALO DE TEOR	MEDIDA		INDICADA		INFERIDA		TOTAL	
		ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF	ACIMA NF	ABAIXO NF
GUAXINDIBA	0,4-13,1	28.148,77		8.006,97		3.544,23		39.699,97	
			18.073,46		7.615,68		3.475,91		29.165,05
SALINAS	1,1-19,8	7.864,67		1.898,88		1.444,90		11.208,45	
			1.182,80		323,90		220,48		1.727,18
MANGUINHOS	1,0-12,3	10.559,40		2.496,83		892,44		13.948,67	
CAVEIRA	0,8-20,2	29.775,78		6.687,91		4.362,69		40.826,38	
			11.414,77		1.898,28		1.177,70		14.490,75
SAMAMBAIA	1,0-20,0	21.420,33		983,57		505,64		22.909,54	
BOA ESPERANÇA	0,9-7,1	3.407,78		1.077,69		742,47		5.227,94	
			3.357,69		1.230,35		866,50		5.454,54
LARGO	1,0-16,7	26.388,65		6.527,07		5.030,86		37.946,58	
CAÇADOR	0,3-15,8	11.733,57		2.378,61		2.235,20		16.347,38	
ATALHOS	1,2-19,8	25.030,25		1.846,66		1.506,61		28.383,52	
GURIRI	0,6-23,8	14.291,61		7.664,28		2.321,59		24.277,48	
PONTA DO RETIRO I	0,6-31,9	808,72		226,44		3,61		1.038,77	
PONTA DO RETIRO II	1,3-7,4	313,79		74,52		67,93		456,24	
LAGO DOCE I	1,5-17,8	1.005,28		580,42		512,58		2.098,28	
			1.810,36		370,85		313,38		2.494,59
LAGO DOCE II	1,2-20,0	3.739,39		1.365,30		1.182,38		6.287,07	
			2.083,03		1.749,46		1.689,86		5.522,35
ASMOS	0,2-14,2	20.060,82		5.000,29		4.479,40		29.540,51	
			10.568,01		2.443,15		1.899,64		14.910,80
SÃO FRANCISCO I	1,2-13,8	1.499,49		470,14		276,20		2.245,83	
SÃO FRANCISCO II	0,9-4,7	755,22		456,95		456,95		1.669,12	
CUTINGUTA II	0,3-9,5	4.297,32		1.758,27		1.430,54		7.486,13	
			268,33		98,43		114,78		481,54
		211.100,84	48.758,45	49.500,80	15.730,10	30.996,22	9.758,25	291.597,86	74.246,80
		259.859,29		65.230,90		40.754,47		365.844,66	

CPRM

CPRM

6. ECONOMIA MINERAL

Em decorrência dos distintos empregos industriais dos minerais estudados, serão apresentados, separadamente, seus aspectos econômicos. Exceção feita, apenas para a ilmenita e o rutilo, que foram reunidos em um único ítem por serem ambos fontes de titânio, embora a moderna tecnologia já tenha desenvolvido usos característicos para cada um.

6.1 Ilmenita e Rutilo

6.1.1 Generalidades

O titânio, considerado o nono elemento em abundância na crosta terrestre, pode ser encontrado na composição química de rochas alcalinas, argilas, areias, cinzas vulcânicas; e especificamente em minerais, tais como: ilmenita, anatásio, rutilo, brookita, perowskita e outros. Atualmente, são considerados minerais-minério apenas a ILMENITA e o RUTILO.

O rutilo, com teor em dióxido de titânio do concentrado em torno de 96%, é um mineral acessório bastante comum em inúmeras rochas, porém são raros os depósitos com importância econômica, sendo a escassez da oferta uma característica dessa substância mineral. No momento atual, o rutilo vem sendo obtido como subproduto da mineração da ilmenita.

A produção mundial de rutilo provém de pouco mais de uma dezena de depósitos tipo plácres, ao longo da costa oeste da Austrália. "Consolidated Goldfields of South Africa Ltd","Conzic Rio Tinto" e "Nati

onal Lead Co" são algumas das companhias que tem controle das reservas australianas de rutilo.

A ilmenita, ao contrário, é um mineral abundante na litosfera, dando formação a inúmeros depósitos econômicos espalhados por diversos países.

O maior depósito de ilmenita, conhecido, situa-se em Allard Lake, Quebec, Canadá. Nessa jazida a ilmenita ocorre intercrescida com a hematita, em uma massa de anortosito.

O maior produtor de ilmenita é a "National Lead Co", que controla quase 50% do mercado, lavrando depósitos nos Estados Unidos e Noruega.

Atualmente, o emprego mais efetivo do titânio é na industria química sob a forma de pigmentos. Sua contribuição à industria metalúrgica, indústria aeronáutica, em reatores atômicos e indústria bélica, apesar dos altos custos, não são negligenciáveis.

O aprimoramento da tecnologia e tendências expansionistas dos mercados, fatalmente modificarão os altos preços do titânio metálico.

Até o ano 2000, o crescimento da demanda do titânio-metálico será maior que o crescimento do titânio-pigmento, em face às exigências da indústria aeroespacial. Tal fato colocará o titânio-metálico em terceiro lugar no mercado internacional, modificando uma contribuição, em 1968, de apenas 8%.

6.1.2 Mineralogia

A tabela XLIV relaciona todos

TABELA XLIV

MINERAIS PORTADORES DE TITÂNIO

MINERAL	FÓRMULA	% TiO_2	DENSIDADE
Anatásio	TiO_2	98,4 — 99,8	3,90
Brookita	TiO_2	94,1 — 98,8	4,08 — 4,20
Magnetita	Fe_3O_4	Acima de 7,57	4,90 — 5,20
Rutilo	TiO_2	89,5 — 99,0	4,21 — 4,25
Ilmeno-Rutilo	$Fe_{2x}(Nb,Ta)_{2x}Ti_{1-3x}O_2$	41,2 — 54,6	4,64 — 5,59
Tântalo-Rutilo	$Fe_{2x}(Nb,Ta)_{2x}Ti_{1-3x}O_2$	45,7 — 51,2	4,91 — 5,30
Ulvospinel	$FeTiO_4$	21,4	—
TITANATOS			
Geikjelita	$MgTiO_3$	63,8 — 67,7	3,97 — 4,11
Ilmenita	$FeTiO_3$	48,6 — 57,3	4,68 — 4,79
Perovskita	$CaTiO_3$	56,8 — 58,8	3,98 — 4,04
Cério-Perovskita	$(Ca,Ce)TiO_3$	47,6 — 56,4	4,21 — 4,88
Nióbio-Perovskita	$(Ca,Nb)TiO_3$	38,7 — 50,9	4,13 — 4,26
Pirofanita	$MnTiO_3$ 50	50,5 — 51,8	4,54 4,63
TITANO-SÍLICA			
Esfênio (Titanita)	$CaTiSiO_5$	40,8	3,4 — 3,55
SILICATOS			
Anfibólio	Complexa	Variável, acima de 2	(*)
Biotita	Complexa	Variável, acima de 4,7	(*)
Granada	$Ca_3(Fe,Ti)_2[(Si,Ti)O_4]_3$	Variável, acima de 22,1	(*)
Olivina	$(Mg,Fe)_2SiO_4$	Variável, acima de 6,1	(*)
Piroxênio	Complexa	Variável, acima de 9,0	(*)

(*) VARIÁVEL DE ACORDO COM A ESPÉCIE CONSIDERADA

FONTE: A MATERIALS SURVEY IC-7791

os minerais portadores de titânio. Dentre esses, os mais comuns são: anatásio, rutilo, ilmenita e leucoxênio.

ANATÁSIO - Antigamente chamado de octaedrita. Cristaliza-se no sistema tetragonal e possui coloração castanha. Difere do rutilo pelo arranjo interno dos átomos e da brookita pelo sistema de cristalização.

RUTILO - Cristaliza-se no sistema tetragonal e possui uma cor vermelha ou castanho-avermelhada a preta.

ILMENITA - Um dos minerais mais comuns de titânio. Apresenta cor preta de ferro e cristaliza-se no sistema hexagonal. Algumas vêzes pode conter pequenas quantidades de magnésio e, em muitos casos, até 60 % em peso de Fe_2O_3.

LEUCOXÊNIO - Considerado por alguns autores como um mineral perfeitamente individualizado. Contudo, é geralmente reconhecido como rutilo ou anatásio em granulometria bem fina, ou uma mistura dos dois com material amorfo. Este produto de alteração, usualmente, contém acima de 60 % de TiO_2 e ocorre com outros minerais de titânio.

6.1.3 Usos e Consumos

As mais importantes aplicações dos minérios de titânio estão no fabrico de pigmentos de dióxido de titânio, na produção do metal e na confecção de eletrodos para solda elétrica.

Cerca de 95 % da produção mundial de titânio são assimilados pela indústria de pigmentos, a qual dispõe de dois distintos processamentos quí

micos para obtenção desses pigmentos: o processo de "sulfatação" e o processo de "cloração". Tais métodos requerem diferentes matérias-primas: o primeiro processo necessita de ilmenita e o outro utiliza o rutilo.

O processo de sulfatação é o mais empregado, uma vez que usa a ilmenita,mineral-minério mais abundante e de maiores possibilidades de suprimento. Outro motivo é que nesse processo a matéria-prima deve ser atacada por ácido sulfúrico, sendo então impossível a utilização do rutilo. O processo por cloração desenvolvido pela "E.I. Du Pont de Nemours & Co.", embora apresente a vantagem de custo operacional 30% menor que o outro processo, além de eliminação dos problemas de poluição inerentes ao processo de sulfatação e de produção de pigmentos de superior qualidade, está restrito ao emprego do rutilo, mineral cada vez mais raro.

Os custos de instalações para produção de pigmentos de titânio pelo processo cloração, está na ordem de US$ 600 por tonelada curta de capacidade anual e nas instalações que adotam o processo sulfatação, aproximadamente, US$ 800.

Algumas indústrias optaram pelo processo "cloração", o que acarretará num agravamento da situação, devido à rápida exaustão das fontes de matéria-prima. Espera-se que um grande avanço tecnológico, permita a substituição do rutilo pela ilmenita no processo "cloração", atualmente impossível tecnicamente.

A seguir se apresenta uma relação dos principais produtos de titânio obtidos a partir da ilmenita e do rutilo:

<u>Tetracloreto de titânio</u> - Líquido volátil, incolor e com

importância na manufatura de titânio-pigmento e titânio-metálico.

Escória titanífera ("Titanium Slag") - Matéria-prima para a produção de TiO_2, obtido pela redução de minérios titanados (principalmente ilmenita), quando levados ao forno elétrico em presença de carvão.

Esponja titanífera ("Titanium Sponge") - Produto metálico, resultante da redução do tetracloreto de titânio com magnésio pelo processo Krol. O nome esponja se deve ao tipo de estrutura porosa apresentada.

Pigmento de dióxido de titânio - Os teores desejáveis dos concentrados de ilmenita são variações entre 56% e 60% em dióxido de titânio, embora concentrados com teores mais baixos encontrem mercado. A produção de pigmentos, o principal uso da ilmenita, exige teores em óxido crômico e pentóxido de vanádio abaixo de 0,2% e 0,5%, respectivamente. São três os principais tipos de pigmentos brancos: O "rutilo" e o "anatásio" assim denominados devido ao alto grau de pureza de TiO_2 (entre 95-99%), e titânio-pigmentos contendo 30 a 50% de TiO_2, também comercializado. Não se deve confundir tais óxidos, obtidos artificialmente, com os minerais naturais de mesmas denominações.

As variedades "rutilo" e "anatásio" diferem substancialmente nas propriedades físicas, tais como densidade, índice de refração, ponto de fusão, constante dielétrica, dureza e condutividade térmica, que influenciam em um aproveitamento industrial mais adequado.

O "anatásio", de mais fácil obtenção, foi o primeiro a ser comercializado; mas o "ruti

lo" apresenta melhores características de cobertura e de resistência.

Sob qualquer uma das formas, o pigmento de titânio deminou os demais como, por exemplo, o carbonato de chumbo (alvaiade), sulfato de bário (litopônio), devido aos altos índices de tingibilidade e de cobertura.

O maior consumidor dos titano-pigmentos é a indústria de tintas, mas contribui largamente também para a indústria de papel, indústria de borracha (fabricação de pneumáticos), plásticos, couros, tecidos, revestimentos de pisos, sabões e cosméticos.

Titânio Metálico - Obtido a partir do mineral rutilo. A baixa densidade, elevada resistência e pouca reatividade face à corrosão, tornam as ligas de titânio mais importantes, às vêzes, que o próprio alumínio e o aço inoxidável.

Por outro lado, as dificuldades metalúrgicas de obtenção e os altos custos, além de excessiva reatividade em altas temperaturas, são os principais empecilhos para produção do titânio metálico.

Ligas de titânio - Em razão da estrutura cristalina predominantemente, são classificadas em três tipos: alfa, alfa-beta e beta. Como não existem padronizações internacionais, os produtores lançam no mercado mais de vinte tipos de ligas, designando-as arbitrariamente.

Os inúmeros produtos do metal titânic e suas ligas são absorvidos pelas indústrias aeronáuticas, cirúrgicas, ortopédicas, químicas e eletrônicas.

No tocante às cotações de matéria prima (ilmenita e rutilo), bem como dos produtos de

titânio, o mercado internacional tem apresentado o seguinte comportamento:

ILMENITA - Com teores da ordem de 54% de TiO_2 é cotada por US$ 22-24 por ton/longa (FOB - portos atlânticos). Convém salientar, que a cotação da ilmenita depende indiretamente da venda dos minerais associados, principalmente zirconita e rutilo, extraídos como subprodutos.

RUTILO - Sujeito a flutuações no preço médio devido a grande demanda e pequena oferta. Em 1972, apresentou um preço médio de US$ 75 por tonelada curta, em portos australianos.

6.1.3.1 Mercado Internacional

A crescente utilização do titânio, que está sendo cognominado o elemento do futuro, mostra perspectiva de que, mantidas as atuais condições, a produção não acompanhe as necessidades da indústria.

A tabela XLV fornece uma visão global dos preços e especificações da matéria prima mineral em pauta. E a tabela XLVI, a distribuição das reservas mundiais de rutilo.

Além dos minerais de titânio, seus produtos, tais como titânio metálico, pigmento de titânio e esponja de titânio metálico, apresentam uma boa cotação no mercado internacional. O pigmento de titânio, por exemplo, é encontrado ao preço de US$ 0,46 por libra peso.

A ilmenita supre 85% das ne-

TABELA XLV

MATÉRIA PRIMA MINERAL, ESPECIFICAÇÃO E PREÇO

TITÂNIO

MATÉRIA PRIMA MINERAL			UTILIZAÇÃO	CIRCULAÇÃO		Preço (Cr$/t)	
Nome	Designação	Especificação	Aplicações Industriais	Local da Cotação	Procedência	FOB	CIF
TITÂNIO	Ilmenita	TiO_2 Total > 53,5 % Fe Total < 30,0 % P_2O_5 < 0,15 % SiO_2 e insolúveis < 1,5 % V_2O_5 < 0,5 % Cr_2O_3 < 0,05 %	Fab. de pigmentos	Salvador — BA	Guarapari — ES	43	200
	Ilmenita	TiO_2 Total > 53,5 % Fe Total < 30,0 % P_2O_5 < 0,15 % SiO_2 e insolúveis < 1,5 % V_2O_5 < 0,5 % Cr_2O_3 < 0,05 %	Fab. de pigmentos	Salvador — BA	Austrália	86	268
	Ilmenita	Escória TiO_2 > 70,0 % SiO_2 < 2,5 % Cr_2O_3 < 0,25 % V_2O_5 < 0,6 % P_2O_5 < 0,1 %	Fab. de pigmentos	Salvador — BA	Canadá	317	576
	Ilmenita Rutilo	Concentrado 52/54 % TiO_2		Europa	Malásia	£ 9.4/11.3	
	Rutilo	Conc. 95/97 % TiO_2 ensacado		Europa	Austrália	A $ 145/152 (1)	

FONTE: DNPM JAN/MAR — 74, BOLETIM DE PREÇOS

(1) DÓLARES AUSTRALIANOS (1 US $ = 1 A $ 9,21 — dez, 73)

CPRM

cessidades mundiais em titânio, tendo nos Estados Unidos os maiores produtores de pigmentos. Apesar da grande produção de ilmenita, esse país importa cerca de 15% do total empregado.

A União Soviética, provavelmente consome toda a ilmenita que produz.

Tabela XLVI

RESERVAS MUNDIAIS DE RUTILO
(em milhares de toneladas)

PAÍS	RESERVA
Austrália	6.498
Serra Leoa	30.000
TOTAL	36.498

Fonte: Industrial Minerals - abril, 1971.

Os depósitos de Serra Leoa, país situado na África Ocidental, apesar de serem os maiores do mundo (12 milhões de toneladas representam o minério medido), tem um processamento pouco econômico, pois o rutilo encontra-se disseminado em um material argiloso e laterítico.

A cotação do rutilo australiano está intimamente relacionada às variações de preços da zirconita, uma vez que esta é aproveitada como subproduto mineiro. Em 1968, o preço da zirconita estava cotado com um valor correspondente à metade do rutilo.

A tabela XIVII relaciona os

TABELA XLVII

PRODUÇÃO MUNDIAL DE CONCENTRADOS DE TITÂNIO — ILMENITA E RUTILO

(toneladas métricas)

PAÍS / ANO	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
AMÉRICA DO SUL															
Brasil	—	—	—	—	—	7 262	5 344	5 882	8 271	9 794	13 535	14 967	17 881	20 283	ND
AMÉRICA CENTRAL															
México	—	—	151	—	—	—	—	141	—	—	—	—	—	—	
AMÉRICA DO NORTE															
Estados Unidos (b)	621 392	686 913	511 060	575 969	713 397	709 804	732 768	805 956	908 227	879 493	875 791	848 315	887 703	844 827	787 409
Canadá (a) (a1)	200 387	244 662	146 342	245 377	353 432	420 361	273 474	344 119	494 171	495 255	476 074	546 547	610 425	679 748	766 317
	821 779	931 575	657 402	821 346	1066 829	1130 165	1006 242	1150 075	1402 398	1374 748	1351 865	1394 862	1498 128	1524 575	1553 726
EUROPA															
Espanha	5 408	6 887	16 476	7 360	11 129	30 105	41 672	50 572	43 925	32 167	42 228	37 073	39 538	29 458	43 997
Finlândia	102 916	105 750	106 491	86 153	83 661	19 298	87 191	93 860	116 064	107 002	117 562	126 902	139 502	138 202	151 003
Noruega	190 503	210 192	211 908	226 967	234 549	310 918	251 202	242 259	272 028	282 154	369 726	425 564	402 222	490 745	578 969
Portugal	616	352	459	1 917	909	99	68	41	57	75	252	535	604	501	230
	299 443	325 181	335 334	322 417	330 248	360 420	380 033	386 732	430 064	421 398	529 768	590 074	581 866	658 906	774 199
ÁFRICA															
África do Sul	1 683	2 830	26 863	79 138	82 040	89 822	79 013	28 159	—	—	—	—	—	16 506	—
Gambia	—	13 877	28 895	13 202	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Madagascar	—	—	1 044	598	2 729	3 302	3 184	3 251	4 800	6 311	6 188	1 857	—	—	—
Moçambique	—	—	—	10 342	711	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RAU	4 125	3 356	2 722	15 513	12 000	43 069	44 643	541	21	—	550	1 062	—	204	—
Senegal	20 100	35 900	33 476	29 884	21 917	17 496	22 432	12 189	1 320	—	—	—	—	—	—
Serra Leoa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7 000	—	—	—
	25 908	55 963	93 000	148 677	119 397	153 689	149 272	44 140	6 141	6 311	6 738	9 919	—	16 710	—
ÁSIA															
Ceilão	—	—	—	—	6 350	10 160	4 220	19 088	46 158	49 190	41 200	53 137	74 606	82 852	81 912
India	340 981	300 980	314 127	303 027	249 755	174 199	138 113	25 963	12 041	30 057	30 167	41 588	58 762	51 445	78 926
Japão	8 740	8 163	3 567	3 125	1 310	1 609	524	874	1 960	2 894	3 508	5 709	4 195	5 096	7 877
Malásia	124 138	93 207	76 029	74 021	119 982	108 585	103 290	149 376	131 339	123 519	118 268	90 807	125 827	132 630	192 458
Tailândia	350	1 850	836	499	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	474 209	404 200	394 759	380 672	377 397	294 553	246 147	195 301	191 498	205 660	193 141	191 239	263 390	272 023	371 173
OCEANIA															
Austrália	4 343	72 298	71 072	84 919	108 299	169 074	181 741	204 769	308 506	448 120	521 257	553 667	561 993	720 596	886 697
TOTAL	1625 682	1789 217	1551 518	1758 031	2002 170	2115 163	1968 779	1987 040	2348 888	2466 031	2616 304	2754 728	2923 259	3213 093	3575 795
Taxa de Crescimento Anual		10,06%	— 13,28%	13,31%	13,89%	5,64%	— 6,92%	0,93%	18,21%	4,99 %	6,09 %	5,29 %	6,12 %	9,91%	11,29 %

FONTE: MINERALS YEARBOOK, 1970

TAXA DE CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL ENTRE 1967 A 1970 = 8,11%

(a) ESCÓRIA TITANÍFERA (a1) CONTENDO APROXIMADAMENTE 70/72 % DE TiO_2
(b) INCLUI UM PRODUTO MISTO, CONTENDO ILMENITA LEUCOXÊNIO E RUTILO

CPRM

TABELA - XLVIII

PRODUÇÃO MUNDIAL DE CONCENTRADOS
DE ILMENITA
(1925 a 1970)

ANO	TONELADAS MÉTRICAS	ANO	TONELADAS MÉTRICAS
1925	14.878	1948	713.513
26	21.319	49	823.012
27	36.016	50	776.382
28	40.915	51	889.056
29	48.172	52	895.064
30	44.000	53	980.683
31	43.636	54	990.662
32	65.863	55	1.270.443
33	81.648	56	1.625.682
34	115.577	57	1.789.217
35	181.530	58	1.551.518
36	235.418	59	1.758.031
37	291.846	60	2.002.170
38	334.122	61	2.115.163
39	329.858	62	1.968.779
40	354.534	63	1.987.040
41	234.965	64	2.348.888
42	200.000	65	2.466.031
43	358.707	66	2.616.304
44	461.039	67	2.754.728
45	513.112	68	2.923.259
46	509.937	69	2.213.093
47	682.032	70	3.575.795

Fonte: "A Material Survey
Bureau of Mines"
September, 1957

países produtores de concentrados de ilmenita e rutilo no período de 1956 até 1970. Entre os grandes produtores destacam-se a Austrália, os Estados Unidos e o Canadá (fig. 45).

A produção de concentrados de ilmenita em todo o mundo, no período de 1925 a 1970, (tab. XLVIII), foi sempre crescente, acelerando-se flagrantemente a partir de 1955, quando ultrapassou a faixa de um milhão de toneladas (fig. 46).

TABELA XLIX

RESERVAS MUNDIAIS DE ILMENITA
(em milhares de toneladas)

PAÍS	RESERVA	% TiO_2	TiO_2 EQUIV.
África do Sul	20.000	5,0	1.000
Austrália	15.000	30,0	4.500
Canadá (Allard Lake)	200.000	35,0	70.000
Canadá (St. Urbain)	20.000	32,0-40,0	7.200
Estados Unidos (Flórida)	180.000	0,5-3,0	31.500
Estados Unidos (N. York	100.000	17,0	17.000
Estados Unidos (Virginia)	5.000	18,5	925
Finlândia	50.000	13,5	6.750
Índia	100.000	20,0-40,0	30.000
Noruega	250.000	17,0	42.500
TOTAL	940.000	22,5 (TEOR MÉDIO)	211.375

Fonte: "Mining Magazine" - dezembro, 1971

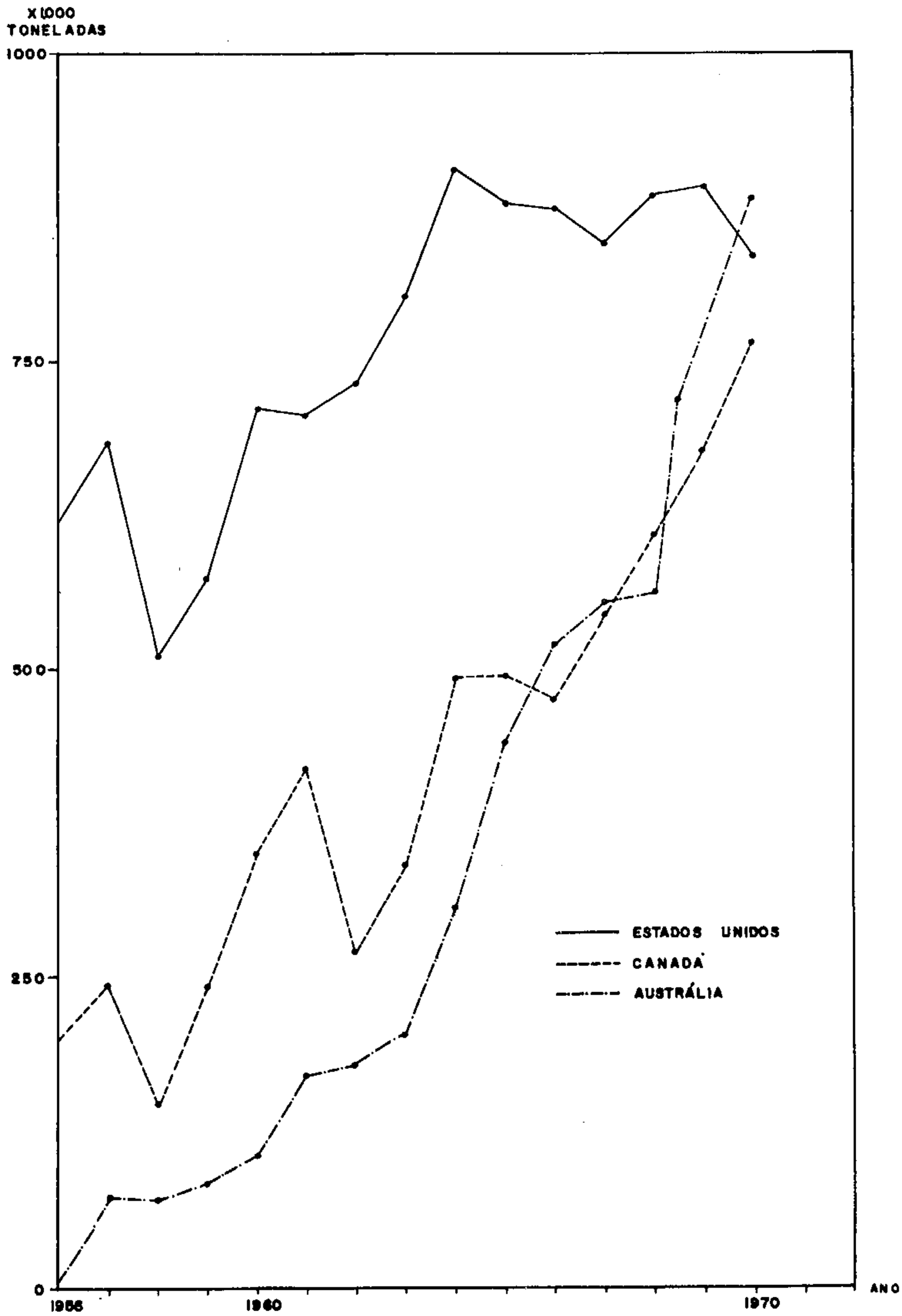
O rutilo, bastante raro em relação à ilmenita, é considerado matéria-prima nobre, devido aos seus altos teores de TiO_2.

As variações nos preços do ru

FIGURA 45

CPRM

PRINCIPAIS PRODUTORES MUNDIAIS DE CONCENTRADOS DE ILMENITA

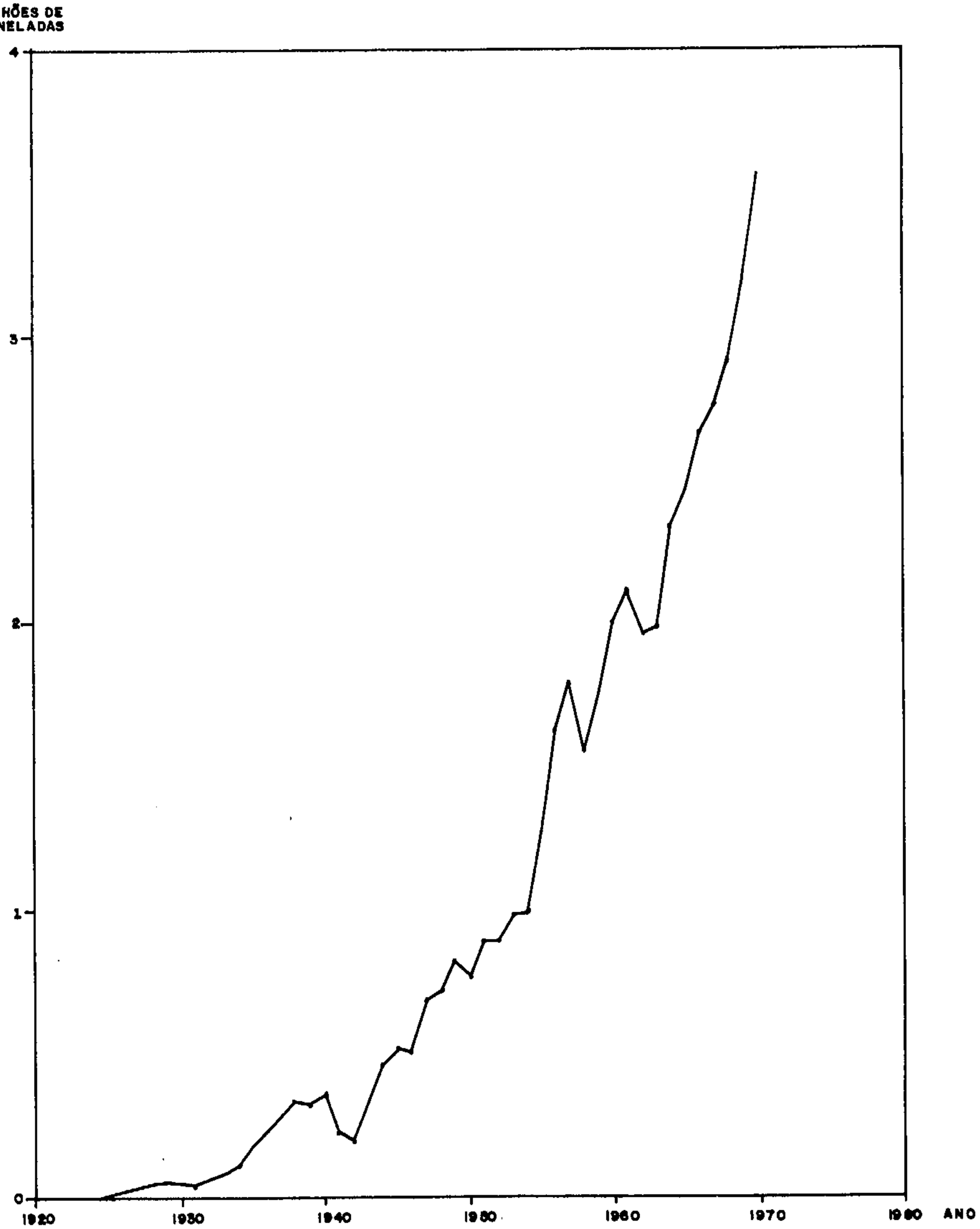


FONTE: DNPM - BOLETIM Nº 28, 1973
PERFIL ANALÍTICO

FIGURA 46

CPRM

PRODUÇÃO MUNDIAL DE CONCENTRADOS DE ILMENITA



FONTE : Perfil Analítico do Titânio - Boletim Nº 23 DNPM, 1973

tilo, nas cotações mundiais, são atribuídas a raridade de suas jazidas e as flutuações na comercialização do titânio metálico.

O advento da indústria de titânio-metálico, na primeira metade da década de 50, provocou um grande aumento nos preços do rutilo, porém, atualmente, os gráficos de preços deste metal, mostram-se em declinação.

As maiores jazidas de rutilo estão na Austrália e Serra Leoa, embora existam reservas na União Soviética e em outros países carentes de divulgação de dados.

Considerando-se a abundância relativa de ilmenita, a produção mundial de concentrados (tab. XLIX) não deve sofrer variações que afete o suprimento de matéria-prima, nos próximos anos.

A mesma estimativa não pode ser feita para o rutilo, devido as modestas reservas conhecidas. Atualmente, a Austrália é o maior produtor, detendo cerca de 95% da produção mundial.

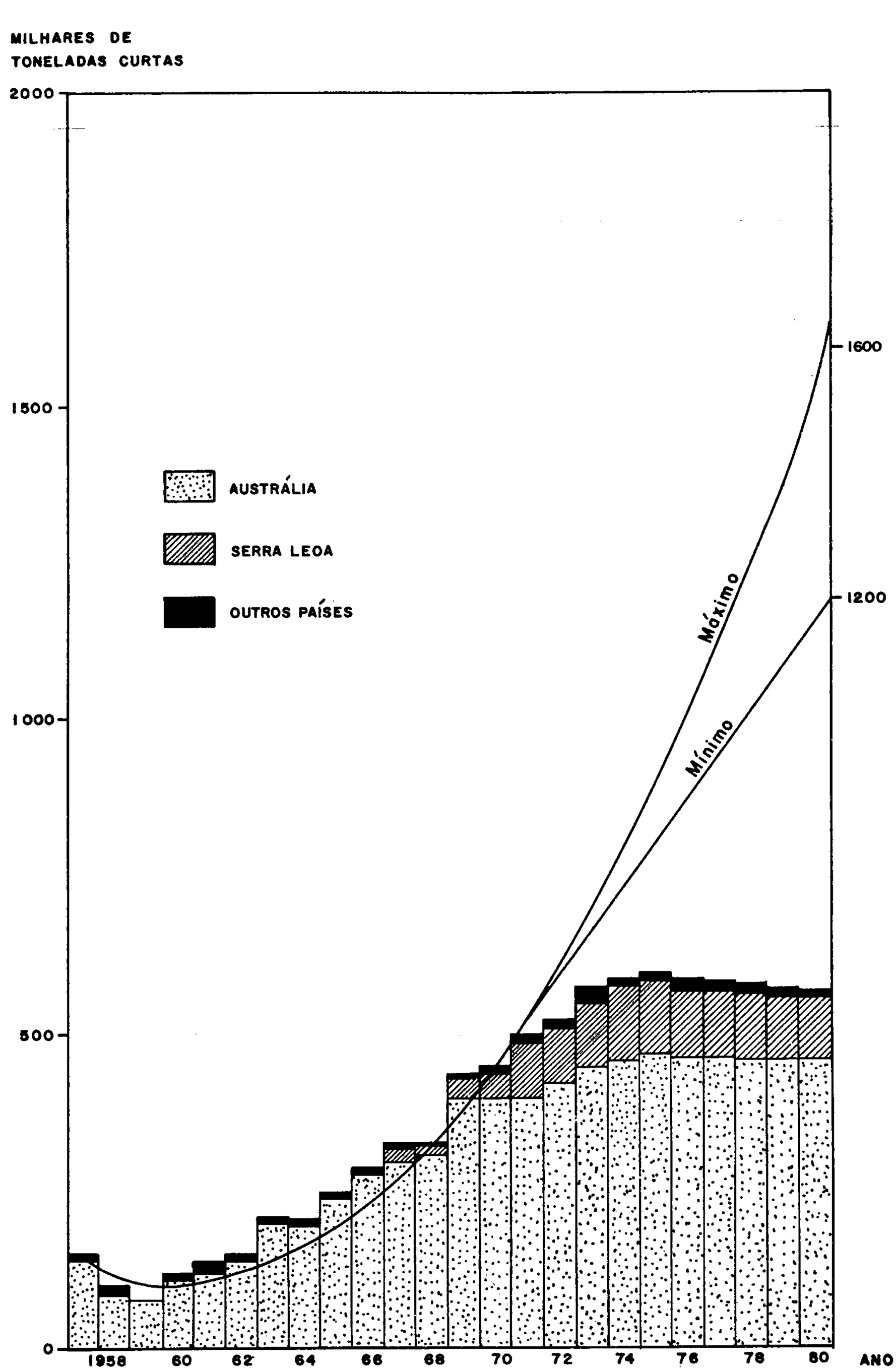
Espera-se muito das reservas de Serra Leoa (30 milhões de toneladas de rutilo), quando forem suplantados os problemas de tratamento do minério.

O mercado internacional, reclamará, em 1976, rutilo em valores superiores a 840 mil toneladas (fig. 47).

Estão em evolução ensaios industriais visando a fabricação de rutilo sintético (ilmenita "upgrading") e descobertas de novas fontes minerais para titânio, visto que a pesquisa de novas jazidas de ruti-

FIGURA 47

PROJEÇÃO DA DEMANDA PARA RUTILO



FONTE: INDUSTRIAL MINERALS — MAIO, 1971

lo tem-se mostrado desastrosamente infrutíferas.

Considerando-se, que o aumento da demanda do rutilo o está tornando cada vez menos abundante, pesquisadores vem se dedicando ao desenvolvimento duma tecnologia a fim de fazer da ilmenita um substituto, economicamente viável, daquele mineral-minério. Processos bastante sofisticados e de rentabilidade baixa tem sido apresentados.

Entre os grandes consumidores de concentrados de ilmenita, somente os Estados Unidos possuem reservas consideráveis em escala mundial ou mantêm controle de grandes jazidas.

Os principais consumidores mundiais de concentrados de ilmenita são: além dos Estados Unidos, o Reino Unido, o Japão e a França. Por outro lado aparecem entre os grandes exportadores de concentrados de ilmenita e/ou rutilo, a Austrália, a Malásia e o Canadá (tab. L, LI e LII).

No tocante, especificamente aos concentrados de rutilo o maior exportador é a Austrália, podendo-se dizer que, praticamente, a produção desse país representa o total da produção mundial (fig. 48). Entre os principais consumidores temos os Estados Unidos, a Alemanha Ocidental, o Reino Unido e o Japão.

6.1.3.2 Mercado Nacional

Mesmo considerando-se que, no passado, a produção de titânio nacional era restrita à extração da ilmenita detrítica e voltada unicamente à exportação, o volume comercializado foi sempre de pequena ex -

TABELA L

PRINCIPAIS PAÍSES CONSUMIDORES E CONSUMO

(toneladas métricas)

EXPORTAÇÃO DE CONCENTRADOS DE ILMENITA DA AUSTRÁLIA

PAÍS / ANO	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970 (P)
AMÉRICA DO NORTE										
Estados Unidos	32 055	52 602	36 678	15 540	66 147	48 919	49 398	30 481	37 278	80 895
EUROPA										
Alemanha Ocidental	—	—	—	—	—	—	(a)	2 587	51 475	1
Espanha	—	—	—	—	—	—	61	—	—	—
França	4 140	104	1	41 192	26 261	48 277	82 259	122 141	112 398	89 473
Holanda	11 370	42	1 022	373	302	6 729	(a)	—	—	—
Reino Unido	69 685	76 591	72 623	123 847	204 947	196 561	169 378	157 076	234 661	185 551
ÁFRICA										
África do Sul	—	—	—	18 159	22 353	10 264	(a)	—	—	—
ÁSIA										
Japão	28 848	27 920	22 986	50 691	46 162	44 781	62 844	68 494	115 549	203 032
Outros Países	225	307	21 190	206	341	6 657	26.534	21 491	24 259	28 061
Total	146 323	157 566	154 500	250 008	366 513	362 188	390 474	402 270	575 620	587 013
Prod. total de conc. de ilmenita pela Austrália	169 074	181 741	204 769	308 506	448 120	521 257	553 667	561 993	720 596	886 697
Taxa de crescimento anual		7,49 %	12,67 %	50,66 %	45,25 %	16,32 %	6,22 %	1,50 %	28,22 %	23,05 %

FONTE: MINERALS YEARBOOK, 1970

TAXA DE CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL ENTRE 1962 a 1970 = 21,26 %

(a) INCLUIDO EM OUTROS PAÍSES

CPRM

TABELA LI

PRINCIPAIS PAÍSES CONSUMIDORES E CONSUMO
(Toneladas métricas)

EXPORTAÇÃO DE CONCENTRADOS DE ILMENITA DA MALÁSIA

PAÍS / ANO	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
EUROPA										
Bélgica	5 095	—	17 663	13 302	20 125	(a)	—	—	—	—
França	30 168	31 442	57 330	53 348	24 813	(a)	—	—	—	—
Holanda	—	—	—	—	—	—	—	202	—	ND
Reino Unido	—	—	—	—	—	—	51	—	—	—
ÁSIA										
Japão	51 531	70 310	73 970	64 445	78 291	96 918	90 754	125 622	132 621	170 143
Singapura	—	—	—	—	—	—	2	3	9	—
OUTROS PAÍSES	21 794	1 539	431	244	289	21 348	—	—	—	—
TOTAL	108 588	103 291	149 376	131 339	123 519	118 266	90 756	125 625	132 630	170 143
Prod. total de conc. de ilmenita pela Malásia	108 585	103 290	149 376	131 339	123 519	118 266	90 807	125 827	132 630	192 458
Taxa de Crescimento Anual		—4,88%	44,62%	—12,07%	— 5,95 %	—4,25%	—23,22%	38,57%	5,41%	45,11%

FONTE: MINERALS YEARBOOK, 1970

TAXA DE CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL ENTRE 1962 e 1970 = 9,26 %

(a) INCLUÍDO EM OUTROS PAÍSES

(ND) DADOS NÃO DISPONÍVEIS

TABELA. LII

PRINCIPAIS PAÍSES CONSUMIDORES E CONSUMO
(toneladas métricas)

EXPORTAÇÃO DE CONCENTRADOS DE RUTILO DA AUSTRÁLIA

PAÍS \ ANO	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
AMERICA DO NORTE										
Estados Unidos	23911	32319	80046	97559	138329	123884	132470	149260	152760	174859
Canada	—	—	—	—	—	—	4916	24176	2715	10638
EUROPA										
Alemanha Ocidental	8940	8637	4511	9639	8211	9752	10381	7135	9975	5406
Bélgica	25 82	3379	2914	3889	3705	2236	(a)	(a)	(a)	(a)
Espanha	—	—	—	—	3038	NA	(a)	(a)	(a)	(a)
França	7334	7449	6294	8893	11574	12376	7922	8770	5499	5474
Holanda	12329	15773	9640	13795	11432	8944	19082	16624	22102	32705
Itália	5470	6883	6494	6215	5366	5704	(a)	(a)	(a)	(a)
Polônia	—	—	—	—	4203	NA	(a)	(a)	(a)	(a)
Reino Unido	14505	17252	14865	15592	17167	15734	16204	16849	31546	33963
Suécia	3641	4341	3984	4041	4302	3499	(a)	(a)	(a)	(a)
Suíça	—	—	—	—	1237	NA	(a)	(a)	(a)	(a)
ÁSIA										
Japão	12488	8435	11304	16177	11535	22164	29859	31105	29331	29990
OUTROS PAÍSES	10053	14706	16938	21207	14129	30712	42114	35653	49991	41077
TOTAL	101253	119174	156990	197007	234228	235005	262948	289572	303919	334112
Prod. total de conc. de rutilo pela Austrália	103061	121110	186204	185301	220822	251476	269779	292237	362064	368083
Taxa de crescimento anual		17,52%	53,75%	—0,48%	19,17%	13,88%	7,28%	8,32%	23,89%	16,62%

FONTE: MINERALS YEARBOOK, 1970

TAXA DE CRESCIMENTO MÉDIO ANUAL ENTRE 1962 e 1970 = 17,77%

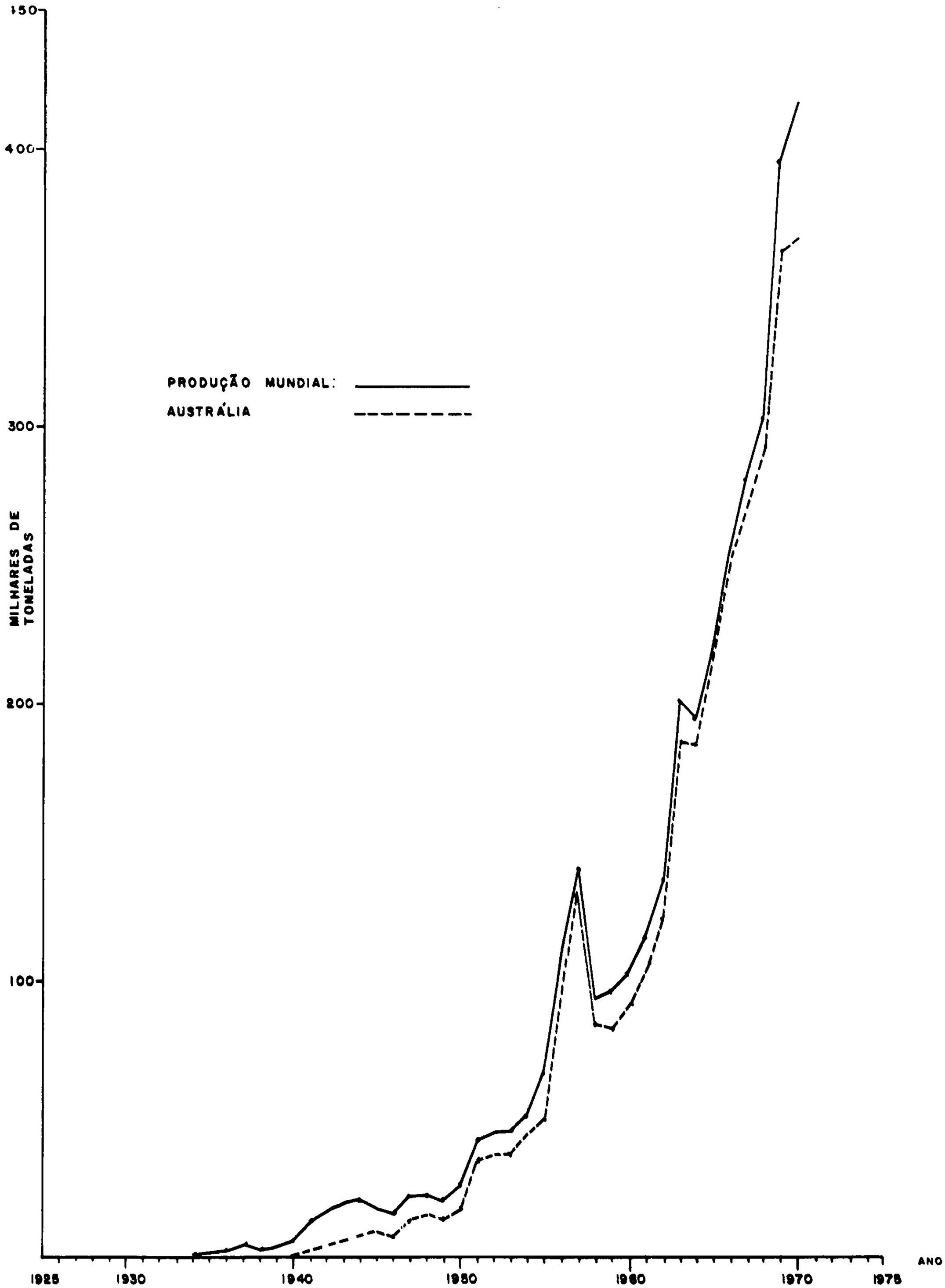
(a) INCLUIDO EM OUTROS PAÍSES

CPRM

FIGURA 48

CPRM

PRODUÇÃO DE CONCENTRADOS DE RUTILO



FONTE: DNPM, BOLETIM Nº 28 — 1973
PERFIL ANALÍTICO

pressão.

Implicações jurídicas, a partir de 1962, restringiram às usinas da CBTN (Buena e Cumuruxatiba) e à MIBRA sob contrato, a produção de ilmenita e de rutilo provenientes dos depósitos litorâneos contendo monazita associada.

Como o país, até 1972, não fabricava titânio-pigmentos, que absorvessem industrialmente a ilmenita, toda a produção era estocada. Consequentemente, as necessidades brasileiras em pigmentos de dióxidos de titânio sustentavam-se, integralmente, na importação. Atualmente o mercado brasileiro necessita de 22.000 toneladas ao ano, cota essa que vem sendo suprida pela TIBRÁS, inaugurada em 1971, em Camaçari, Bahia, sendo na atualidade, a única indústria da América Latina a produzir dióxido de titânio.

A principal fonte de titânio no Brasil é a ilmenita encontrada ao longo do litoral dos Estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia. Embora, recentemente, hajam surgido indicações de descobertas de ilmenita e ilmeno-magnetita associadas a piroxenitos e dunitos em complexos ultrabásicos e alcalinos, revelados em trabalhos de mapeamento em escala regional, em outros Estados.

Dados de CACEX-CIEF mostram que, em 1973, a importação brasileira de minerais e produtos de titânio, se comportou conforme os números fornecidos na tabela LIII.

A instalação da TIBRÁS, trouxe consigo substancial modificação no panorama nacional dos titano-pigmentos. Até então, as necessidades de pigmentos de titânio do país vinham sendo atendidas, integral-

TABELA - LIII

IMPORTAÇÃO BRASILEIRA DE ILMENITA, RUTILO E DERIVADOS

(1973)

ESPECIFICAÇÃO	PESO (Kg)	VALOR (US$)	% SOBRE TOTAL DE IMPORTAÇÕES	US$/t
Ilmenita	26.120.000	607.851	0,03	25,23
Rutilo	3.399.000	563.001	0,03	234,68
Titânio-Metálico	19.927	260.879	0,01	13.157,00
Ferro-Titânio e Ferro-Silício Titânico	14.000	15.389	0,00	1.099,21
Óxido de Titânio	1.982.000	1.082.178	0,05	546,00
TOTAL	1.414.827	2.529.293	0,12	572,9

Fonte: CACEX - CIEF, 1973

mente, pela importação.

A partir daí, houve uma paulatina redução na importação de dióxido de titânio. Paralelamente, a demanda de minério de titânio teve um incremento acentuado mas que não teve o reflexo esperado na produção interna dos concentrados de ilmenita (fig. 49).

A TIBRÁS, projetada para operar à base de ilmenita, poderá optar, por volta de 1980, pela utilização de rutilo ou de anatásio. Senão, vejamos a tabela LIV fornecida a seguir.

TABELA LIV

PROGRAMAÇÃO DE PRODUÇÃO
- TIBRÁS -

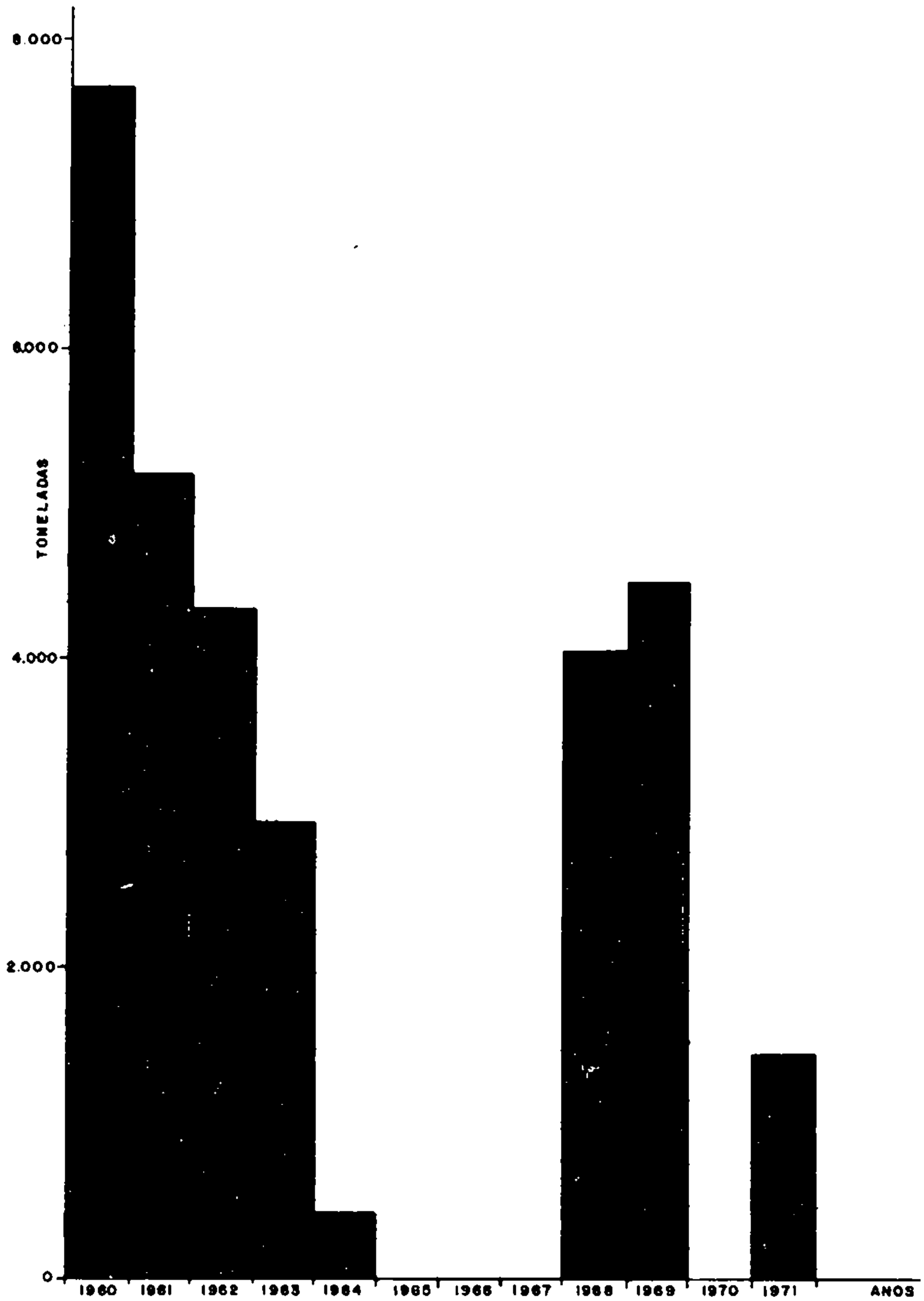
ANO	PROD. DE PIG.	CONSUMO	
		ILMENITA	RUTILO
1971	4.000	9.600	-
1972	16.000	38.400	-
1973	22.000	53.000	-
1974	30.000	72.000	-
1975	45.000	109.000	-
1976	45.000	109.000	-
1977	45.000	109.000	-
1978	45.000	109.000	-
1979	45.000	109.000	-
1980	90.000	218.000	50.000

Fonte: TIBRÁS, 1971

A produção de ilmenita da Usina de Buena (CBTN) poderá atender parte das necessidades da

CPRM

PRODUÇÃO DE ILMENITA
BRASIL



FONTE: Anuário Mineral Brasileiro, 1972

TIBRÁS, desde que se enquadre nas especificações requeridas para seu aproveitamento na obtenção de pigmentos.

Atualmente, a ilmenita de Guarapari (ES) com cotação em Salvador (BA) está tabelada ao preço de Cr$ 43/t (FOB) e Cr$ 200/t (CIF), obedecendo as seguintes especificações: TiO_2 (total) maior que 53,5%; Fe (total) menor que 30%; P_2O_5 menor que 1,15%; SiO_2 e insolúveis menor que 1,5%; V_2O_5 menor que 0,5% e finalmente Cr_2O_5 menor que 0,05%.

Paralelamente, os tipos de concentrados de rutilo produzidos pela USAM-CBTN (tab.LV) estão assim cotados:

TABELA LV

TIPOS COMERCIAIS DE RUTILO

TIPO COMERCIAL (RUT)	TEOR EM TiO_2	PREÇO (Cr$/t)	APLICAÇÃO
A	88,0-89,9	2.010,00	Matéria prima para fabricação de derivados de titânio.
B	90,0-91,9	2.240,00	e
C	92,0-95,9	2.410,00	Componentes de fluxos para solda elétrica.
D	mínimo 96,0	2.900,00	

Fonte: ESPECIFICAÇÕES CBTN, 1973

6.2 Monazita

6.2.1 Generalidades

A monazita é um fosfato de terras raras que, freqüentemente, apresenta em sua composição química algum conteúdo em tório.

A procura de monazita teve um significativo impulso quando verificou-se ser o tório um elemento com possibilidades de aplicação em reatores nucleares. O tório, como elemento fértil, pode ser transmutado em urânio. Quando o Th^{232} é bombardeado por neutrons, transforma-se em Th^{233}, elemento altamente radioativo, que se transforma em protactínio (Pa^{233}) indo, finalmente, transformar-se em U^{233}. Este último é um material altamente físsil, passível de ser utilizado como combustível em reatores de potência.

A importância do urânio e do tório tornou-se notável com o advento da chamada era nuclear. Ambos estão vinculados à produção de combustível para reatores, embora o tório ainda aguarde melhores perspectivas para um maior e melhor aproveitamento neste setor.

Atualmente, se tem notícia, que três sistemas de reatores regenerados de tório vem sendo desenvolvidos nos Estados Unidos, o HTGR ("High Termal Gas-Cooles Regenerator"), o MSRE ("Molten Salt Reactor Experiment") e o LWBR ("Light Water Breeder Reactor").

6.2.2 Mineralogia

A monazita é um mineral transparente a subtransparente em pequenos grãos, embora a alteração superficial possa torná-los opacos. A sua coloração varia entre tons amarelados. Mostra brilho resinoso a vítreo. Seu traço é branco, amarelo pálido ou castanho pálido e apresenta dureza de 5 a 5,5 na escala de Mohs. Possui susceptibilidade radioativa, propriedade derivada da presença de tório e de terras raras presentes no mineral. O tório encontra-se, comumente, associado a urânio, surgindo daí uma maior importância comercial da monazita.

A composição química da monazita apresenta, entre outros, os teores médios de óxidos relacionados a seguir:

Óxido de Cério.....	39 a 40%
Óxido de Tório.....	0 a 18%
Óxido de Zircônio.....	0 a 7%
Óxido de Ítrio.....	0 a 5%

Na monazita, o teor de óxidos de tório está entre 5 e 6% e em 100% de óxidos totais tem, aproximadamente, a seguinte distribuição em óxidos de terras raras:

Cério.....	até 47%
Lantânio..... ...	22%
Praseodímio.....	5%
Neodímio.....	18%
Samário.....	2%
Outros óxidos.....	6%

Além disso, mostra em geral, teores de óxidos de alumínio e ferro em torno de 0,1%, o mesmo valor para fosfato e, ainda, percentuais de óxidos de chumbo variando de 0,002 a 0,1%.

6.2.3 Usos e Consumos

A monazita, como já foi visto, é uma das principais fontes de tório e terras raras. O tório, além de sua aplicação para combustível de reatores, é utilizado também sob diversas formas, tais como:

Tório metálico: Cátodos, células fotoelétricas para ultra-violeta, ligas e catalisadores.

Óxido de Tório: Metalurgia, cerâmica, catalisadores, filamentos de tungstênio, tubos eletrônicos e camisas para lampiões incandescentes.

O mais importante uso para o tório metal tem sido na confecção de ligas com magnésio. Uma liga típica contém 96,3 % de magnésio, 3% de tório e 0,5 a 0,7 % de zircônio.

Os elementos denominados terras raras possuem, também, grande aplicação na indústria. A seguir relaciona-se os seus principais empregos:

CÉRIO: Pós para polimentos de lentes fotográficas, instrumento de precisão, espelhos e tubos de televisores. Em maiores quantidades ou misturado com o neodímio torna o vidro opaco aos efeitos da luz violeta (filtros óticos especiais, óculos escuros,

óculos especiais para soldadores). Utilizado também em tubos de televisores a cores para reduzir a descoloração e em ligas não ferrosas (alumínio e magnésio).

NEODÍMIO: Indústria de vidro, principalmente para vidros de óculos de proteção (absorve a luz amarela), tem propriedade de colorir o vidro sem alterar o índice de refração, em aparelhos de raio "laser", em televisores a cores, melhora o brilho de contraste das imagens recebidas através de uma absorção seletiva nos filtros.

PRASEODÍMIO: Aumenta a absorção infra-vermelha do vidro, em mistura com óxidos de zircônio é empregado em azulejos de cores especiais, colore o vidro sem alterar o índice de refração.

EURÓPIO: Em tubos de televisores a cores, como fósforo vermelho, em combustíveis nucleares: sendo um fator de controle de energia atômica nos reatores e ainda em lâmpadas de vapor de mercúrio.

ÍTRIO: Utilizado conjuntamente com o gadolínio em televisores a cores, em lâmpadas de vapor de mercúrio em ligas de ferro-ítrio-gadolínio e de ítrio-alumínio, estabiliza o zircônio e material refratário. Esta última ainda uma utilização em potencial.

GADOLÍNIO: Eletrônica de micro-ondas em comunicações espaciais.

LANTÂNIO: Corrige o índice de refração e tem empre

go em ótica de alta precisão.

MISTURAS DE TERRAS RARAS: A principal aplicação tecnológica tem sido o uso de uma mistura de cloreto de terras raras no "CRACKING" do petróleo.

METAL: O metal de terras raras, sob a forma de ligas de ferro-cério, tem largo emprego em metalurgia e na fabricação de pedras de isqueiros. O "MISCHMETAL", denominação para identificar uma mistura em forma metálica de elementos de terras raras, é utilizado para limpar gás de tubos a vácuo.

A descoberta do fósforo vermelho, empregado em televisores a cores, a partir do európio e do ítrio incrementou, sensívelmente, a aplicabilidade industrial das terras raras.

Em cada televisor utiliza-se, em média, 14 gramas de fósforo vermelho. Como, somente nos Estados Unidos fabricam-se, anualmente, 2,5 milhões de aparelhos, provocando um consumo de fósforo vermelho na ordem de 34 toneladas, que representa, aproximadamente, uma tonelada de óxido de európio e 13 toneladas de óxido de ítrio. Como o preço por libra (0,4536 kg) de óxido de európio é US$ 800 e o de óxido de ítrio é US$ 50, isto equivaleu a um acréscimo, em torno de US$ 3 milhões anuais, no mercado de terras raras, neste país, a partir de 1964.

O consumo industrial, norte-americano, de terras raras, em fins de 1966, estava assim distribuído:

Eletrônica.....73%
Indústria Petrolífera.....10%
Mischmetal..... 4%

Pós para Polimentos.....4%
Eletrodos de Carvão.....4%
Diversos.....5%

6.2.3.1 Mercado Internacional

Os depósitos conhecidos e economicamente lavráveis, em 1968, visando a produção de tório e terras raras estão relacionados na tabela LVI fornecida a seguir.

TABELA LVI

RESERVAS MUNDIAIS DE MONAZITA
(1968)

PAÍSES	MONAZITA (t)	TERRAS RARAS CONTIDAS (t)
Índia	5.000.000	3.000.000
Estados Unidos	1.100.000	660.000
Austrália	800.000	480.000
União Soviética	500.000	300.000
Brasil	300.000	180.000
RAU	200.000	120.000
Madagascar	100.000	60.000
Coréia do Sul	90.000	55.000
Tailândia	25.000	16.000
Malásia	18.000	11.000
África do Sul	15.000	9.000
Ceilão	10.000	6.000

Fonte: "Mineral Facts Problems", 1970.

O Brasil, a Índia e os Estados Unidos foram durante muito tempo grandes produtores de monazita. A partir de 1974, a Índia nacionalizou suas jazidas e em 1951 fato semelhante aconteceu no Brasil, restringindo a exportação desse bem mineral nestes países.

Atualmente, o grande produtor de monazita é a Austrália, responsável por 1/3 da produção mundial.

Os dados sobre reservas de tório, no contexto mundial, mostram muitas lacunas. Tal circunstância, deve-se ao fato da própria natureza nuclear deste elemento e a conseqüente limitação de mercado externo dos países detentores das reservas, que se refletem pelo desestímulo para a descoberta de novos depósitos e estudos detalhados dos já conhecidos.

Em 1965, o "European Nuclear Energy Agency" (ENEA), publicou algumas considerações sobre mercado de minérios cujo preço de extração e processamento oscilassem de cinco a dez dólares por libra de ThO_2. Até hoje, esses números são considerados, estimando-se como ideais custos inferiores a dez dólares por libra.

As reservas mundiais de tório, em 1972, obtidas a partir da monazita e outros tipos de minérios, estão assim distribuídas (tab. LVII).

Os preços do tório são inteiramente dependentes dos preços das terras raras contidas.

Durante algumas décadas, os preços da monazita estiveram relativamente estáveis. Em 1968, a monazita detrítica estava cotada entre 180 e 200 dólares por tonelada longa (baseada no conteúdo em oxidos de

terras raras), o que equivalia de 8 a 9 cents por libra.

TABELA LVII

RESERVAS MUNDIAIS

TÓRIO

PAÍS	RESERVA	
	INDICADA	INFERIDA
Índia	100.000	500.000
Estados Unidos	100.000	500.000
Canadá	60.000	100.000
Austrália	30.000	50.000
Brasil	10.000	20.000
Malásia	5.000	10.000
Outros	10.000	50.000
TOTAL	365.000	1.030.000

Fonte: "Commodity Data Summaries - Bureau of Mines", 1973

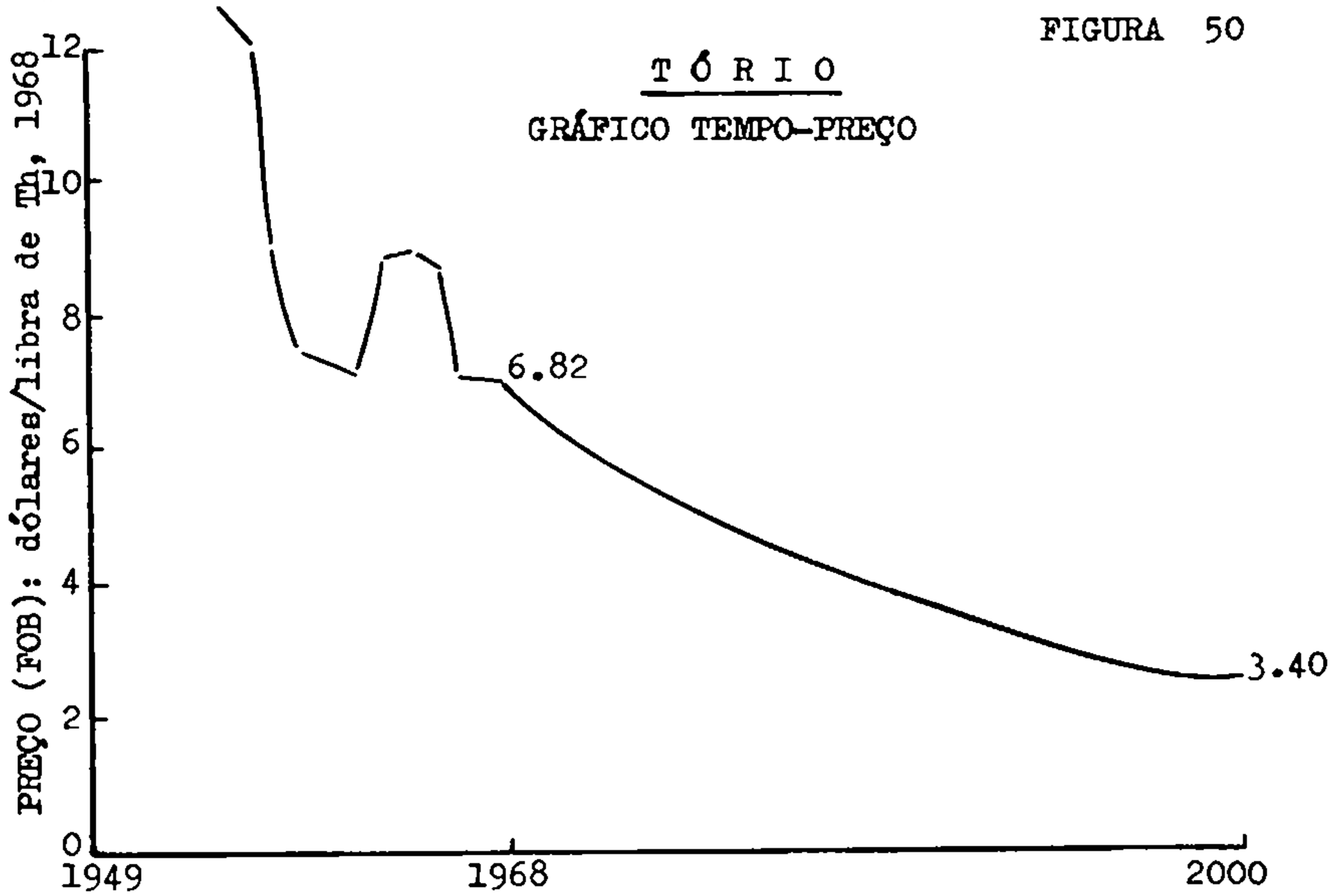
Os depósitos de pláceres, devido a própria situação geológica, podem baratear os custos de lavra da monazita, uma vez que são várias as frações comerciáveis obtidas (ilmenita, zirconita, rutilo, etc). A produção da monazita nesses tipos de depósitos tem sido, através de exemplos internacionais, cerca de um décimo da de ilmenita. Devido a este fato, o suprimento daquele mineral-minério no mercado mundial é muito ligado à demanda da ilmenita e extensivamente à da zirconita e do rutilo.

As perspectivas de mercado, como mostra a figura 50, resumem-se na queda gradativa no preço da libra de tório. Ultimamente, a abundância das reservas conhecidas e a carência na demanda, não tem fomentado um maior desenvolvimento na pesquisa.

6.2.3.2 Mercado Nacional

O Brasil, até 1951, foi um dos grandes exportadores de concentrados de monazita. Porém, a partir daquela data, os trabalhos de lavra e tratamento da monazita ficaram sob controle do governo federal, ficando proibida a saída de tório do país.

FIGURA 50



No período de 1967 a 1972 foram desenvolvidas, pela CNEN, alguns trabalhos de pesquisa que revelaram a situação das reservas de monazita em areias, mostrada na tabela LVIII.

Existem grandes perspectivas de que no futuro o uso do tório como combustível nuclear modifique o panorama no mercado internacional, tornando-o mais importante do que um simples subproduto de terras raras.

TABELA LVIII

RESERVAS BRASILEIRAS DE MONAZITA

Monazita Detrítica em Depósitos Praiais

(em toneladas)

	DATA DA ESTIMATIVA	RESERVA MEDIDA	TOTAL POR ESTADOS
Tipiti - RJ	1972	6.000	
Manguinhos - RJ	1967	1.670	7.670 Rio de Janeiro
Boa Vista - ES	1967	6.000	
Área de Guarapari - ES	1972	1.800	
Norte de Vitória - ES	1968	6.000	13.800 Espírito Santo
Joacema - BA	1967	650	
Cumuruxatiba - BA	1972	4.500	5.150 Bahia
	TOTAL	26.620	
		RESERVA INFERIDA	
Tibau, Cunhau, Estrela - RN	1946	650	650 - RN
Barreirinhas - MA	1967	20.000	20.000 - MA
	TOTAL	20.650	

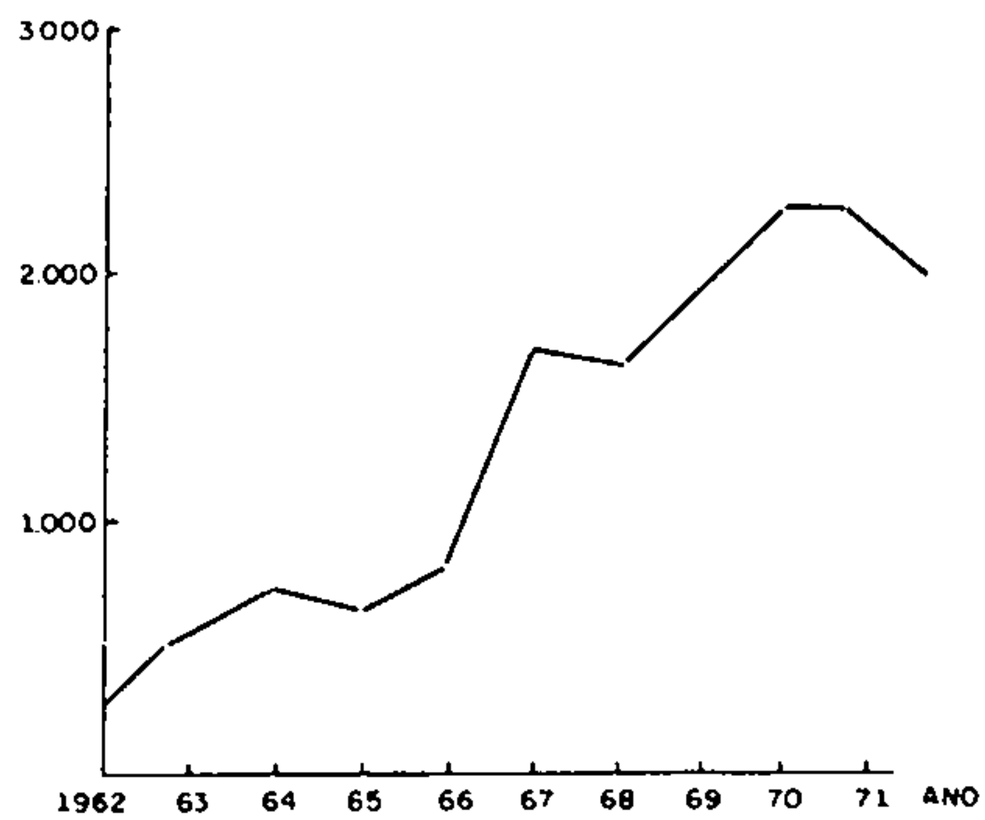
Fonte: DNPM - Boletim 28 - "Perfil Analítico do Tório e Terras Raras", 1973

Tal fato tornariam viáveis as extrações de torita do Morro do Ferro e do pirocloro de Araxá, Salitre e Serra Negra, em Minas Gerais.

A produção da monazita no Brasil foi sempre crescente de 1965 até 1970, com exceção de um pequeno decréscimo em 1968. Atualmente o quase esgotamento das altas concentrações de Itabapoana e a interrupção de Cumuruxatiba, refletiram numa queda geral de produção. Como demonstra a figura 51.

FIGURA 51

PRODUÇÃO DE MONAZITA
(1961/72)



Todos os concentrados de monazita produzidos pelas usinas de Barra de Itabapoana (CBTN) e MIBRA em Guarapari são absorvidos e tratados pela USAM (Usina Santo Amaro CBTN) produzindo-se compostos de terras raras, tório e urânio.

O concentrado chega a usina com um teor médio variável de 65 a 85% em monazita, após sofrer uma nova concentração atinge 99% quando então é processado quimicamente para obtenção dos seguintes produtos:

TERRAS RARAS

Cloreto de Terras Raras

Carbonato de Terras Raras

Óxidos de Terras Raras

Sulfeto de Terras Raras

NITRATOS

Nitrato de Tório

Nitrato de Cério

Os resíduos de tório e uranato de sódio são encaminhados a CNEN e caracterizados como materiais estratégicos do âmbito da energia nuclear.

Segundo dados da USAM, em 1972, a distribuição do mercado para compostos de terras raras, no Brasil, se comportou assim:

TABELA LIX

MERCADO PARA COMPOSTOS DE TERRAS RARAS

SETOR COMPRADOR	VENDAS (%)
Óticas	52
Vidros e Cristais	10
Eletrônica	28
Diversos	10

Sabe-se que até 1951, foi em torno de 95.000 toneladas a exportação brasileira de concentrados de monazita.

Atualmente, toda monazita produzida é tratada pela CBTN, que coloca no mercado produtos

de terras raras (tab. LX).

6.3 Zirconita

6.3.1 Generalidades

O zircônio, descoberto em 1789, teve sua emergência comercial 150 anos mais tarde, nos Estados Unidos. Suas aplicações industriais tiveram um maior incremento a partir da metade do século XX, mas desde 1925 que se vem produzindo zircônio com altos graus de pureza.

O uso do metal zircônio tem considerável importância na confecção de equipamentos para processamento químico e em reatores nucleares. A procura do zircônio metal, em ligas, na indústria de ferro e do aço para confecção de moldes de fundição, na indústria de cerâmica refratária e na indústria de abrasivos, tem sido cada vez maior.

Nos Estados Unidos, os concentrados de zirconita estão cotados em bases mínimas de 66% de ZrO_2, equivalendo a 98,2 % de zirconita. Quando importada, o mercado americano exige um mínimo de 65% de ZrO_2, que equivalem a 96,7% de zirconita pura.

Zirkita - denominação comercial para misturas de zirconita ($ZrSiO_4$) e baddeleyta(ZrO_2).

Zircaloy - 1 - liga de esponja zirconífera contendo 2,5%, em peso, de estanho.

Zircaloy-2 - liga de esponja zirconífera, contendo 1,2 a 1,7% de Sn; 0,7 a 0,20% de Fe; 0,05 a 0,15% de Cr e 0,03 a 0,08% de Ni.

TABELA LX

COMPOSTOS QUÍMICOS OBTIDOS PELA USAM/CBTN A PARTIR DA MONAZITA

NOME TÉCNICO-CBTM	FÓRMULA	APLICAÇÕES INDUSTRIAIS	PREÇO NO MERCADO INTERNO (Cr$/t)
Carbonato de Terras Raras —(CBTR)	$(Ce,La,Nd,Pr,Sm,...)_2 (CO_3)_3$	Matéria-prima para obtenção de óxidos de terras raras Composição de vidros óticos	9.400
Cloreto de Terras Raras (CTR)	$(Ce,La,Nd,Pr,Sm...)Cl_3, (H_2O)_x$	Obtenção de terras raras individuais ou em grupos Componentes dos núcleos de eletrodos de carvão par lâmpadas de arco Produção de "Mischmetal" para ligas pirofóricas e ligas metálicas Fabricação de pós para polimento fino Composição de vidro ótico	3.500
Fosfato Trissódico (FTS)	$Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$	Tratamento de água de caldeira e água industrial Lavagem e limpeza de feltros Dissolução de caseína Proteção de sacaria contra influência de ácidos contidos ou gerados em fertilizantes minerais Limpesa dos corpos de aquecimento a vapor Preparos de couros e peles Lavagem e desengorduramento de cerdas e crinas Acabamento de fios ou tecidos de algodão Purga das sedas Classificação do caldo na indústria açucareira Lavagem e desengorduramento de vasilhames de vidro Constituinte de produtos detergentes Atividades na indústria de sabões	1.600
Nitrato de Cério (NC)	$Ce(NO_3)_3$	FABRICAÇÃO DE CAMISAS INCANDESCENTES PARA LAMPIÕES DE ILUMINAÇÃO	59.500
Nitrato de Tório (NT)	$Th(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$	FABRICAÇÃO DE CAMISAS INCANDESCENTES PARA LAMPIÕES DE ILUMINAÇÃO	59.500
Óxidos de Terras Raras (OTR)	$(La,Nd,...)_2O_3 + CeO_2$	Polimento de vidro ótico Polimento de tubos de televisão Fabricação de carvões para arco voltáico	35.800

FONTE: Especificações CBTN, 1973

CPRM

6.3.2 Mineralogia

Todos os minerais de zircônio contêm uma pequena percentagem de háfnio, sendo que este elemento devido ao seu elevado ponto de fusão e grande poder de absorção de neutrons teve, recentemente, seu emprego desenvolvido pela engenharia nuclear.

Embora muitos minerais tenham o zircônio como constituinte fundamental ou ocasional, apenas a zirconita ($ZrSiO_4$) e a badeleíta (ZrO_2) são considerados, atualmente, minerais comercialmente importantes daquele elemento, com destaque especial para o primeiro.

A zirconita é encontrada em granitos, granodioritos, pegmatitos, basaltos, diabásios, calcários, arenitos, conglomerados, xistos e gnaisses. Porém, em rochas, raramente se encontra economicamente. Ocorre, em concentrações importantes em areias de praia e aluviões, acompanhada de ilmenita e rutilo e, ocasionalmente, ouro, cassiterita, monazita e xenotima.

A zirconita cristaliza no sistema prismático, apresentando brilho vítreo e coloração amarela, marrom, verde-pálido ou marrom-avermelhada.

6.3.3 Usos e Consumos

Mais da metade da produção de zirconita encontra mercado na forma mineral, o restante é absorvido na elaboração do zircônio metal, ligas e compostos diversos.

Enormes aplicações tem a zirconita em refratarios, especialmente em revestimento de mol-

des de fundição e em tintas esmaltadas. Como óxido, o zircônio serve de pigmento-verniz para produtos cerâmicos.

Os compostos de zircônio são utilizados também em tinturas, impermeabilização de tecidos e em joalheria. Uma mistura aquosa de óxido de zircônio tem utilização no polimento de lentes óticas.

Os baixos coeficientes de absorção de neutrons e uma baixa radioatividade após exposição a radiações fazem do zircônio (livre de háfnio) um elemento de emprego na estrutura de reatores nucleares.

O zircônio se presta ainda como isolante de condensadores e anticorrosivo em aços inoxidáveis.

A adição de menos de 1% de zircônio aumenta a solidez e ductibilidade do magnésio metal e das ligas de zinco-magnésio, magnésio-terras raras e tório-magnésio.

Adições acima de 1% de zircônio às ligas com o colômbio, asseguram alta resistência à corrosão de metais líquidos alcalinos , elevadas temperaturas e contribuem para aumentar a dureza das ligas. Ligas de zircônio-colômbio são usadas como super-condutores magnéticos.

Há muitas pequenas aplicações para os compostos de zircônio em mistura com produtos químicos, como por exemplo, em pastas dentais através do hexa-fluor-zircanato de estanho como profilaxia da cárie dentária.

6.3.3.1 Mercado Internacional

Recentemente, as areias cromi-

tíferas têm substituído as zirconíticas na indústria para moldes de fundição (refratários), devido a estabilidade de preço daquelas no mercado internacional.

Os óxidos de titânio e os de estanho poderão ser substituídos pelos óxidos de zircônio em cerâmicas e esmaltes, considerando-se os altos graus de opacidade destes.

Enquanto a demanda para todos os metais tem uma estimativa de crescimento de 3 a 4%, o zircônio tem apresentado uma taxa de crescimento em torno de 15%, com uma previsão, que terá que alcançar 25% dentro de cinco anos para suprir os futuros mercados. A instauração de muitos reatores nucleares para energia elétrica muito tem contribuído para o crescimento das necessidades de zircônio. A tabela LXI mostra as reservas mundiais de zirconita.

Os preços até março de 1973, foram os seguintes:

ZIRCÔNIO DE BAIXA PUREZA - US$ 3,50 por libra;

ZIRCÔNIO DE ALTA PUREZA - (para reatores nucleares) US$ 4,75 a US$ 5,00 por libra; e

ESPONJA DE HÁFNIO - US$ 35,0 a 42,00 por libra.

Em alguns casos, dependendo das especificações, produtos de qualidades nucleares podem chegar até US$ 100,0 por libra.

A areia zirconítica australiana, com especificações de 66-67% de ZrO_2, máximo de TiO_2 0,1% está cotada CIF (portos australianos) a A$ 90,0 - 110,0 por tonelada longa.

A zirconita americana tem, no

mercado doméstico, preço na ordem de US$ 56,50 por tonelada (US$ 116 por tonelada de zircônio contido), FOB, Starke, Flórida.

TABELA LXI

RESERVAS MUNDIAIS
ZIRCONITA

PAÍS	RESERVA (ton curta x 1.000)	
	ZIRCONITA	ZIRCÔNIO EQUIV.
Austrália	6.500 (*)	3.250
Serra Leoa	1.000 (*)	500
Austrália	1.200 (**)	600
Índia	3.360 (**)	1.680
Estados Unidos	12.500 (**)	6.250
União Soviética	6.000 (**)	3.000
Ceilão	1.000 (**)	500
Outros (+)	1.260 (**)	1.500
TOTAL	32.820	17.280

Fonte: Mineral Facts and Problems, 1970

\+ Inclue: República Sul - Africana, República Árabe Unida, Brasil e Tailândia

* Associada com rutilo

** Associada com ilmenita

6.3.3.2 Mercado Nacional

O Brasil, embora sem estar ain

da plenamente consciente da demanda crescente de zircônio, se enquadra entre os maiores produtores mundiais (tab. LXII).

TABELA LXII

PRODUÇÃO MUNDIAL DE ZIRCONITA

PAÍS	TONELADA x 1.000
Estados Unidos	12.581
Índia	3.360
Austrália	2.882
Brasil	2.552
Ceilão	1.000
República Sul Africana	546
Outros (*)	404
TOTAL	23.343

Fonte: "Mineral Facts and Problems", 1968

* Inclue: República Costa do Marfim, República da Coréia, República da Nigéria e Uruguai.

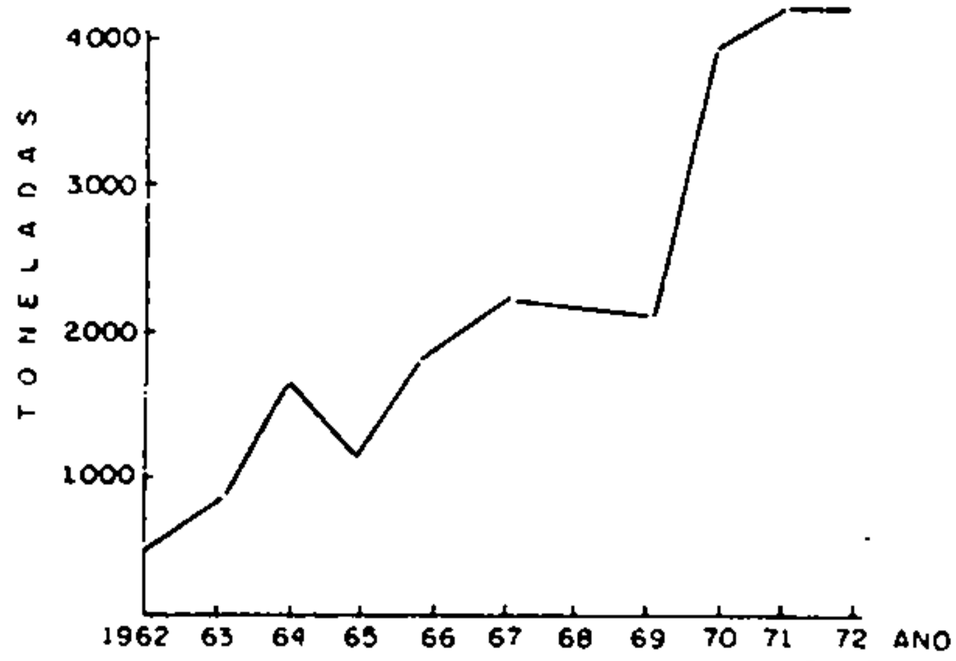
Dados do Departamento Nacional de Produção Mineral, mostram o seguinte:

RESERVAS DE ZIRCONITA - SITUAÇÃO EM 1972

ESTADO	RESERVA MEDIDA (em toneladas)
Rio de Janeiro	38.000
Bahia	5.200
Espírito Santo	16.800
TOTAL	60.000

FIGURA 52

PRODUÇÃO DE ZIRCONITA
BRASIL



Esses dados de produção, algo tímidos quando confrontados com as necessidades crescentes do mercado mundial, motivam novos investimentos em pesquisas de minerais de zirconita (fig. 52 e tab. LXIII).

TABELA LXIII

COMÉRCIO EXTERIOR

BRASIL
ZIRCONITA

ANO	EXPORTAÇÃO		IMPORTAÇÃO	
	QUANTIDADE (t)	VALOR US$ (FOB)	QUANTIDADE (t)	VALOR US$ (CIF)
1961	54	8.321	-	-
1962	-	-	-	-
1963	-	-	-	-
1964	-	-	-	-
1965	-	-	-	-
1966	-	-	1.016	95.644
1967	-	-	2.117	201.193
1968	-	-	1.455	137.579
1969	-	-	4.639	410.483
1970	-	-	2.507	227.027
1971	-	-	5.083	493.740
1972	-	-	5.635	654.382

Fonte: CACEX, CIEF, DNPM - 1973

Os constantes aumentos na procura da zirconita, principalmente aquela utilizada em cerâmica porcelanizada, para construção civil e na metalurgia com destaque para o setor siderúrgico, particularmente indústrias automobilísticas e mecânicas (tab. LXIV), favoreceram um maior destaque por parte da CBTN para estes produtos.

TABELA - LXIV

DISTRIBUIÇÃO DOS SETORES COMPRADORES

CBTN

ZIRCONITA

TIPOS DE ZIRCONITA E SETORES COMPRADORES	PERCENTUAL SETORIAL (aproximado)
ZIRCONITA ALW	
cerâmica	85
papel	4
óticas	4
diversos (incluindo revendedores)	7
ZIRCONITA ALM	
automobilística	31
cerâmica	28
química	11
metalúrgica (incluindo fundição)	8
soldas e abrasivos	6
vidros	4
diversos (incluindo revendedores)	12
ZIRCONITA A	
metalúrgica (incluindo fundição)	87
cerâmica	11
diversos	3
ZIRCONITA P/FUNDIÇÃO	
metalúrgica (incluindo fundição)	93
mecânica	6
diversos	1
ZIRCONITA A-200	
metalúrgica (incluindo fundição)	62
cerâmica	16
automobilística	13
mecânica	7
diversos	2
ZIRCONITA ALS	
cerâmica	91
ótica	6
diversos	3
ZIRCONITA ULTROX	
cerâmica	98
papel	2
ZIRCONITA A2L	
cerâmica	87
diversos (incluindo revendedores)	13

Fonte: DNPM, Perfil Analítico - Boletim nº 28, 1973

7. APROVEITAMENTO DAS CONCENTRAÇÕES

7.1 Lavra

Os métodos de extração utilizados em depósitos praiais, que se tem notícia, são: Lavra por Desmonte Hidráulico ("Slucing or Hydraulicking"), Método de Mineração a Seco ("Dry Method") e Dragagem ("Dredging"), sendo que este último tem sido o mais intensivamente empregado.

O desmonte Hidráulico vem sendo o método utilizado pela "Titanium Ilmenite Deposits Company" nas jazidas situadas na parte oeste da Austrália. O minério, constituído de material granular transicionando para leitos mais compactos é desagregado hidraulicamente e lançado através de canais até alcançar um sistema de bombas. Como auxiliares na execução do desmonte são utilizados tratores para a remoção prévia do material da frente de serviço.

O método de mineração a seco tem sido o menos empregado, mundialmente. Algumas minerações situadas no litoral Leste e Oeste da Austrália, como a "Westralian Sands Ltd.", têm utilizado este tipo de lavra. Na execução da extração do material são usados escavadeiras, "draglines" e caminhões. Atualmente a CBTN vem utilizando este método nos trabalhos de lavra no litoral de Itabapoana.

No processo de dragagem, em geral, as concentrações são preliminarmente decapeadas e o material considerado estéril vai sendo lançado às margens da faixa removida.

As dragas executam o trabalho

de coleta do minério e o bombeiam para uma unidade de concentração, geralmente fixada na própria barcaça.

Os trabalhos de extração dos concentrados de minerais pesados ocasionam o aparecimento de significantes quantidades de material lamacento, vindo a constituir em um sério problema para a efetivação da mineração.

Em geral, estes sedimentos contêm grandes quantidades de material caulínico, além de matéria orgânica.

Os problemas ambientais são uma constante nos trabalhos de lavra neste tipo de depósito.

Um procedimento que vem sendo adotado por algumas minerações é submeter o material lamacento a um processo de acidificação e sedimentação em grandes lagoas de deposição. Tendo-se a precaução de neutralizar com cal a água, antes de seu novo aproveitamento na instalação.

7.2 Beneficiamento CBTN

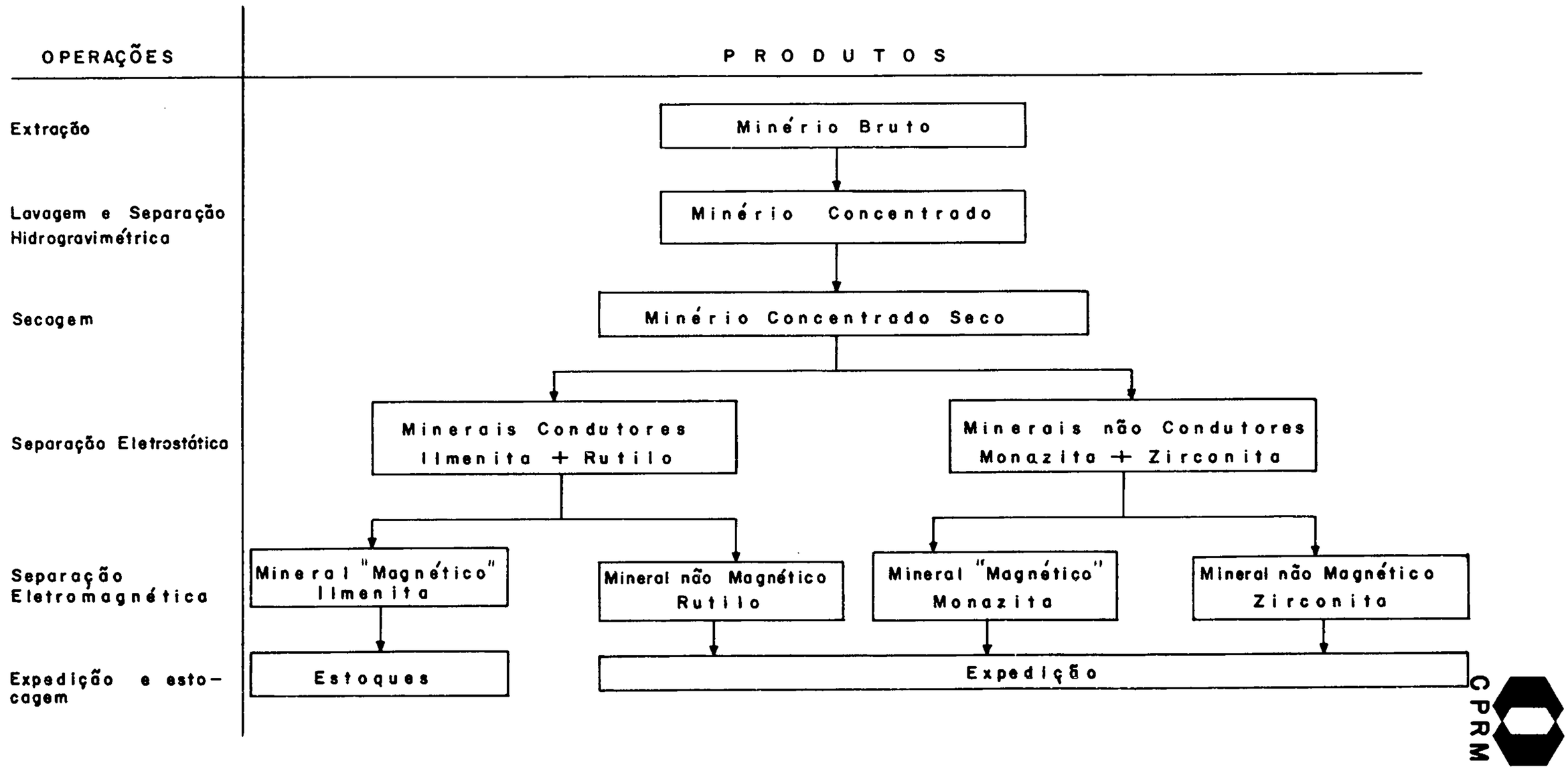
O minério bruto, retirado dos corpos mineralizados descritos, tem processamento nas instalações da CBTN na vila de Buena e em Tipiti, visando a separação dos seus componentes industrializáveis.

A seguir descreve-se, brevemente, as várias fases do processo atualmente utilizado para a obtenção das frações de monazita, zirconita, ilmenita e rutilo. A figura 53 mostra esquematicamente.

Extração do Minério: Lavra mecanizada a céu aberto e trans

FIGURA 53

FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO



FONTE- OESA: Estudo de viabilidade da constituição da COMANBRA,(rel. Int. para a CNEN), 1968

porte para Tipiti, próximo ao rio Itabapoana, onde estão instaladas os espirais de Humphreys.

Lavagem e Separação Hidrogravimétrica: O minério, misturado fartamente com água, é submetido à ação das espirais para separação dos constituintes pesados, resultando em um minério concentrado. O produto em seguida é transportado através de caminhões de Tipiti até a usina distante, aproximadamente, 20 km.

Secagem: Os concentrados são submetidos a secagem em forno rotativo. Calcula-se em torno de 40 % o teor de umidade nestes concentrados.

Separação Eletrostática: Após a secagem, os concentrados são introduzidos em um separador eletrostático "Carpco", com funcionamento baseado nas propriedades de condutividade elétrica de cada constituinte. Ao final dessa operação tem-se duas frações: a condutora, composta por ilmenita + rutilo e, a não condutora: monazita + zirconita.

Separação Eletromagnética: Cada fração condutora e não condutora é levada, separadamente, à ação de campos de forças eletromagnéticas em unidades "Exolon", "Memco" e "Carpco" resultando na individualização de quatro componentes de acordo com a susceptibilidade magnética relativa de cada um: mais magnéticos - monazita e ilmenita, menos magnéticos - rutilo e zirconita. Resultando assim em quatro componentes: monazita, ilmenita, zirconita e rutilo.

7.3 Industrialização CBTN

Os produtos originários dos depósitos litorâneos de Itabapoana passam, na Usina de Santo

Amaro (USAM), sucessivos tratamentos físicos e químicos.

Monazita - A fração monazita com teores acima de 80 %, é processada em separadores eletromagnéticos, eliminando-se as frações ilmenita, ilmenita + monazita e zirconita, atingindo coeficientes de 99% em monazita. Em seguida, o concentrado é levado a um moinho com a finalidade de reduzir a granulometria para o processamento químico. Este se inicia pelo ataque alcalino com utilização de soda cáustica em tinas de dissolução e estabilização em tanques de lixiviação. O material, depois de estabilizado, segue para os filtros-prensa de ferro, indo constituir uma mistura de produtos não solúveis (Torta) contendo urânio e tório, além de um filtrado (água-mãe do fosfato de sódio). Esse filtrado é bombeado a cristalizadores, separando-se cristais de fosfato trissódico e recuperando-se solução de soda.

Paralelamente, a "torta" sofre um processo de homogeneização e neutralização através da ação de ácido nítrico, solubilizando-se os componentes de terras raras e precipitando urânio e tório. Uma filtragem posterior retém o chumbo e os radioativos em filtros-prensa, concentrando cloreto de terras raras.

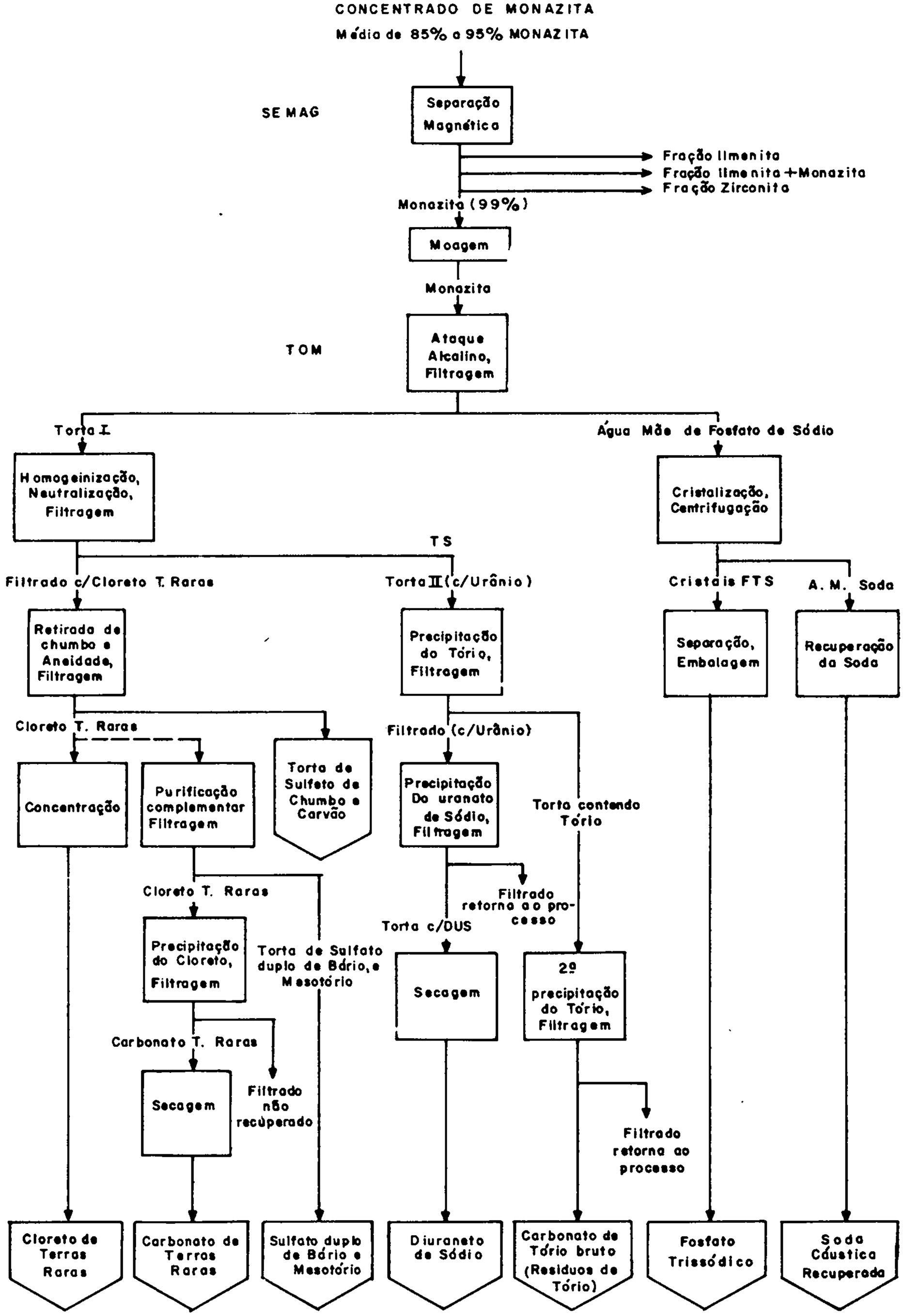
Parte do cloreto é purificado mediante nova filtragem que retém uma torta de sulfato duplo de bário e mesotório, embalada também como produto final. O filtrado dessa operação se transforma em carbonato de terras raras, quando acrescido de barrilha.

Ao final das operações subsequentes (fig. 54) tem-se a obtenção de cloreto de terras raras, carbonato de terras, sulfato duplo de bário e mesotório, diuraneto de sódio, carbonato bruto de tório (resíduos de tório), fosfato trissódico e soda cáustica recupe-

FIGURA 54

CPRM

FLUXOGRAMA LINHA DA MONAZITA



FONTE: Perfil Analítico do Tório e Terras Raras — DNPM — Boletim Nº 28, 1973

rada.

Torna-se evidente que o rendimento na industrialização está condicionado às concentrações relativas da areia utilizada.

No ano de 1972 entraram na USAM cerca de 2 milhões de toneladas de monazita bruta com um teor médio de 82,4% em monazita, tendo sido de 168 mil toneladas o consumo médio mensal.

Zirconita - Os concentrados de zirconita que chegam à USAM sofrem novos processos de separação eletrostática, separação magnética, separação em mesa vibratória, lavagem e secagem. O material não condutor origina primeiramente a zirconita A2L. Esta, após, calcinação, redução do tamanho e filtragem resulta na zirconita ALF e retém um produto que depois de moído e filtrado forma a zirconita ALW (granulação mais fina) e a zirconita ALM (granulação mais grosseira).

O material condutor passa por contínuas operações de separação magnética, moagem, tratamento químico, dando origem a zirconita A 200, zirconita ALS e zirconita fundição (fig. 55 e tab. LXV).

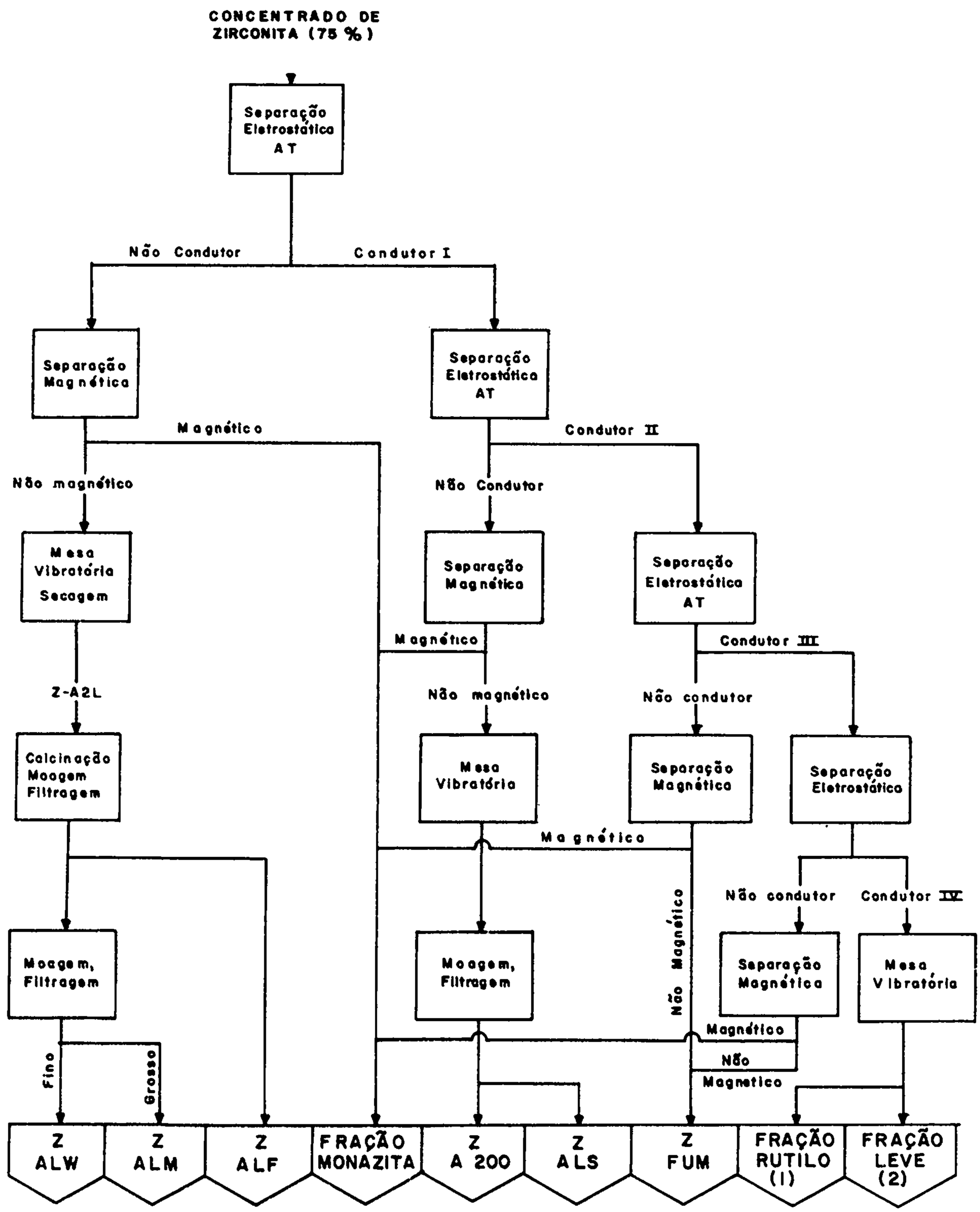
Em 1972, foram consumidos 5 mil toneladas de concentrados de zirconita bruta, com teor médio acima de 75% de zirconita.

Ilmenita - A ilmenita sofre apenas um processo de reconcentração mediante separação magnética (fig. 56).

Foram consumidas, em 1972, cerca de 1.1000 toneladas de concentrados de ilmenita com um teor médio acima de 95% de ilmenita. Acrescenta-se a isso aproximadamente 120 toneladas de concentrados de ilme

FIGURA 55

FLUXOGRAMA DA ZIRCONITA



(1) — Máximo 10 % de Sílica

(2) — Contém Sílica, Rutilo, Zirconita

FONTE: Perfil Analítico do Tório e Terras Raras – DNPM – Boletim Nº 28, 1973

TABELA LXV

COMPOSTOS QUÍMICOS OBTIDOS PELA USAM/CBTN A PARTIR DA ZIRCONITA

DENOMINAÇÃO INDUSTRIAL / ESPECIFICAÇÃO	ZIRCONITA A	ZIRCONITA A 200	ZIRCONITA A_2L	ZIRCONITA ALM	ZIRCONITA ALS	ZIRCONITA ALW	ZIRCONITA FUNDIÇÃO
Zircônio (ZrO_2)	64,5 %	62,5%	65 %	65% mínimo	62,5 %	65%	62%
Silicio (SiO_2)	34,0 %	36,0 %	33,5% máx.	33,5 % máx	36,0 %	33,5%	34%
Ferro (Fe_2O_3)	0,5 % máximo	0,5% máx.	0,05 % máx.	0,05% máx.	0,5% máx.	0,05%	1,5% máx.
Titânio (TiO_2)	0,5 % máximo	0,5% máx.	0,1 % máx.	0,10%máx.	0,5% máx.	0,10% máx.	1% máx.
Granulometria	> 90% mat. passa peneira 60 malhas. Todo mat. passa peneira 40 malhas	98% (-200 malhas) mínimo	100% passa peneira 40 MESH	99% (-270 malhas) min. 90%(-400 malhas) min.	99,9% abaixo de 37 micra.	100% abaixo de 37 micra 90% entre 5-20 micra.	Não é classificado 98% passa na peneira 60 malhas
OBSERVAÇÕES			Fosfato (P_2O_5) - Traços Sulfato: Isento				Silica livre 10% máximo
PREÇO (Cr$ / t):	870,00	1.050,00	1.500,00	3.100,00	2.680,00	3.600,00	510,00
APLICAÇÕES INDUSTRIAIS	Moldes para fundição Tijolos refratários Fabricação de fritas	Tintas de faceamento para moldes de fundição. Opacificante cerâmico Polimento bruto de vidro Fabricação de isoladores elétricos e térmicos Opacificante para esmalte porcelanizado	Tipos especiais de opacificantes	Opacificante para cerâmica Tintas de faceamento para moldes de fundição Opacificante para esmaltes porcelanizados	Polimento bruto de lentes Moldes de fundições p/plasticos Aditivo p/melhorar as qualidades de opacificantes	Opacificante para cerâmica sanitária Opacificante para louças de cozinha Pigmento para esmalte porcelanizado Polimento bruto de lentes Fabrico de isoladores elétricos e térmicos	Moldes para fundição

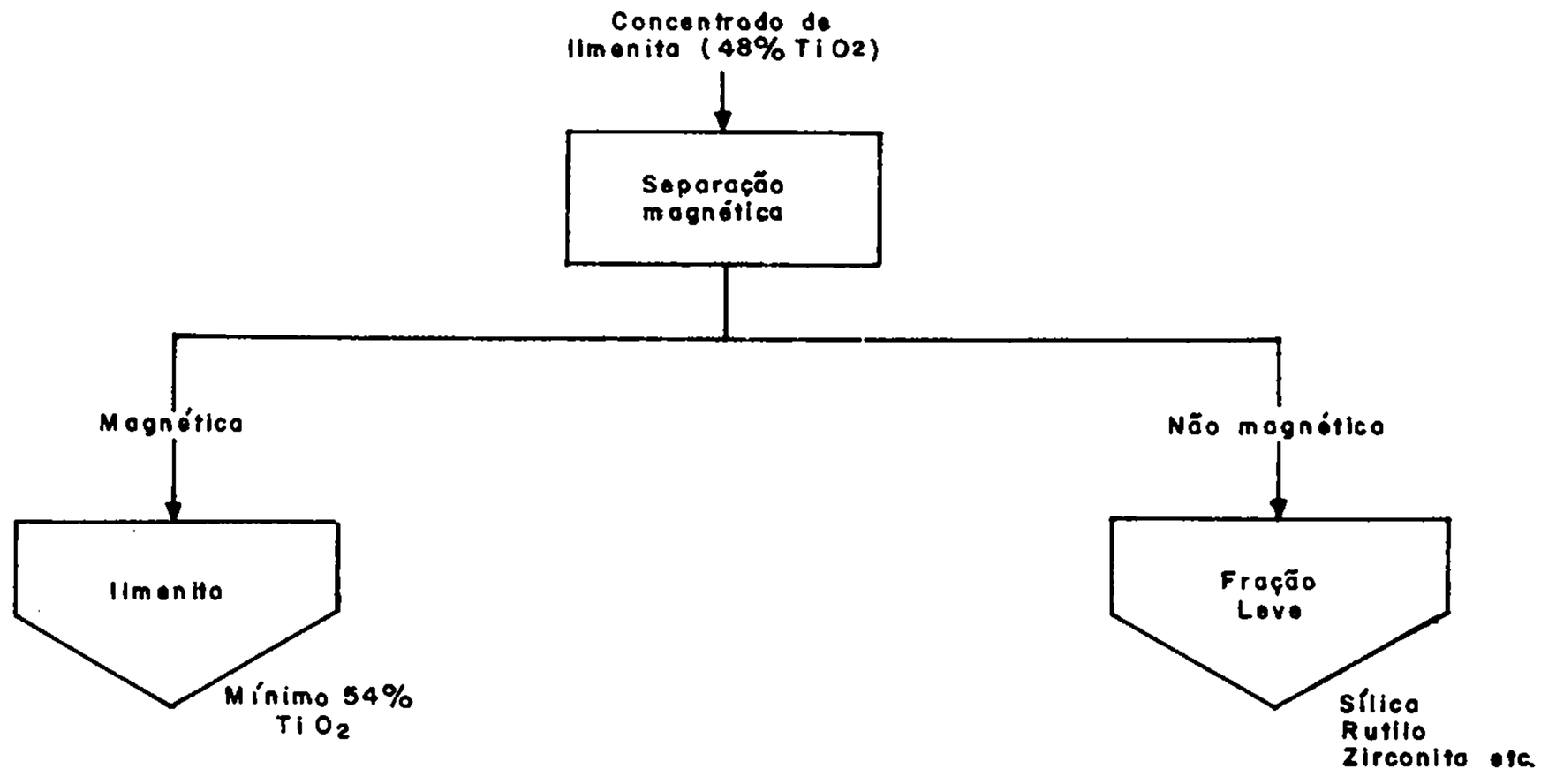
FONTE: Especificações CBTN, 1973

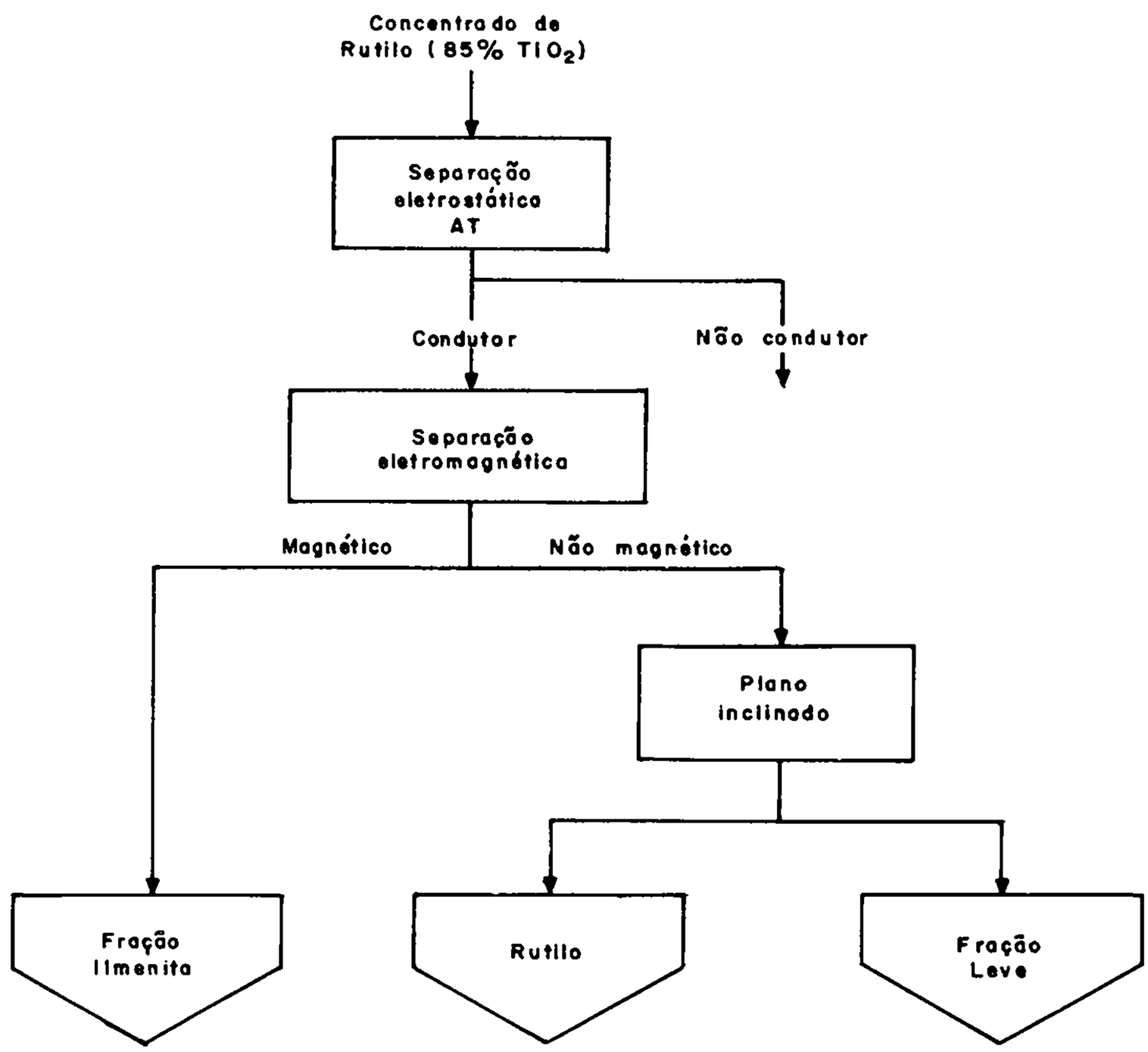
Preços: Usina Santo Amaro (USAM — São Paulo)

CPRM

FIGURA. 56

FLUXOGRAMA DE ILMENITA E RUTILO





FONTE: Perfil Analítico do Tório e Terras Raras — DNPM — Boletim Nº 28, 1973

nita originados da separação eletromegnética da linha da monazita, com um teor médio de 55% de ilmenita.

Rutilo - A fração rutilo é submetida a uma separação eletrostática inicial, que isola uma fração condutora. Esta passa por um processamento eletromagnético com segregação da ilmenita. A fração não magnética é então lançada em um plano inclinado separando-se uma fração leve do rutilo (fig. 56).

Em 1971, cerca de três mil quilogramas de concentrados de rutilo com teor médio acima de 39%, foram consumidos. Em 1972, não houve beneficiamento de rutilo, tendo sido produzidas 316 toneladas como subproduto do beneficiamento da zirconita.

As figuras 57 a 60 mostram a produção dos concentrados de minerais pesados da Usina de Barra de Itabapoana no período de 1962 a 1973.

FIGURA 57

PRODUÇÃO DE ILMENITA
USINA BARRA DE ITABAPOANA
(CNEN — CBTN)

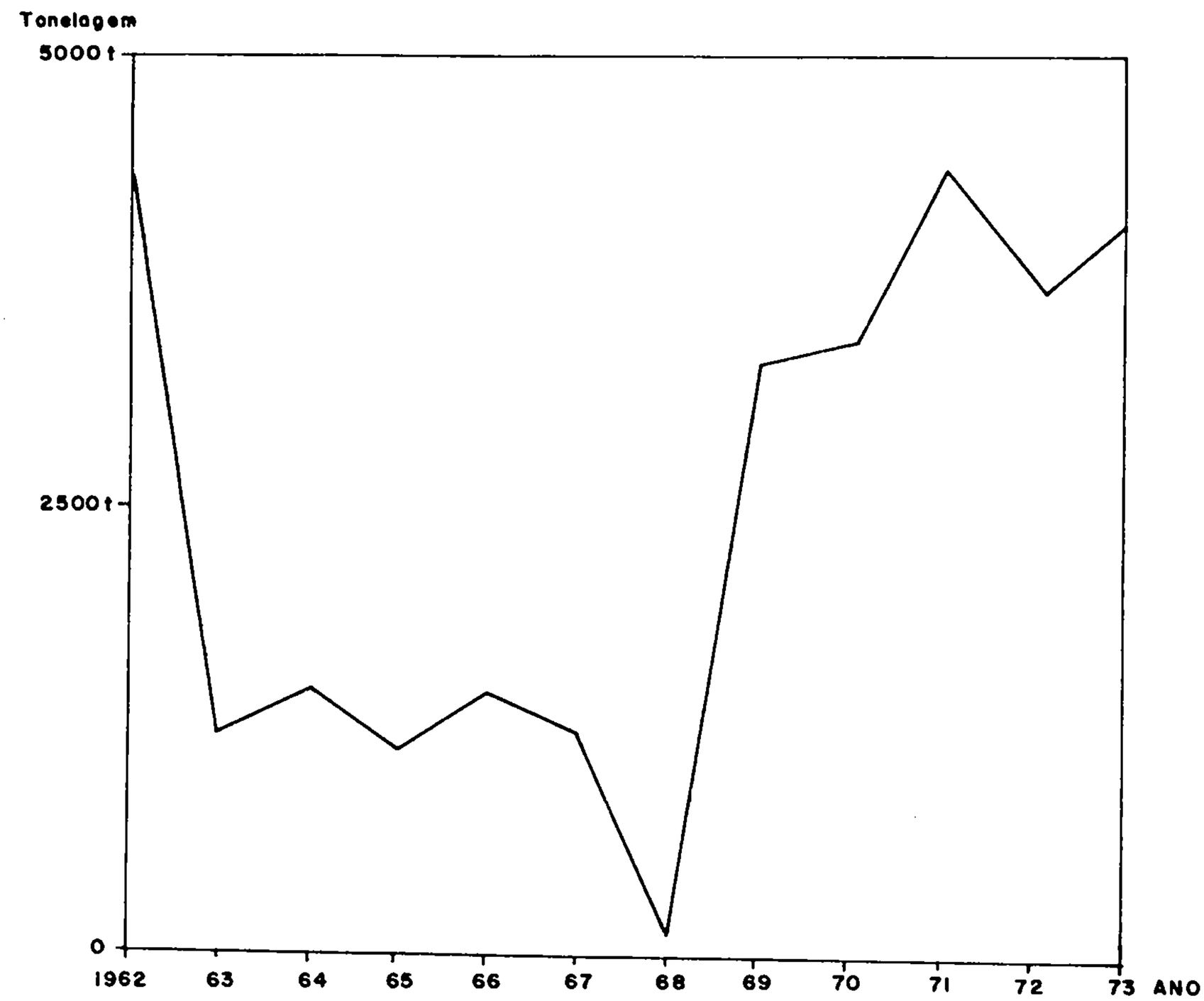


FIGURA 58

PRODUÇÃO DE MONAZITA
USINA BARRA DE ITABAPOANA
(CNEN — CBTN)

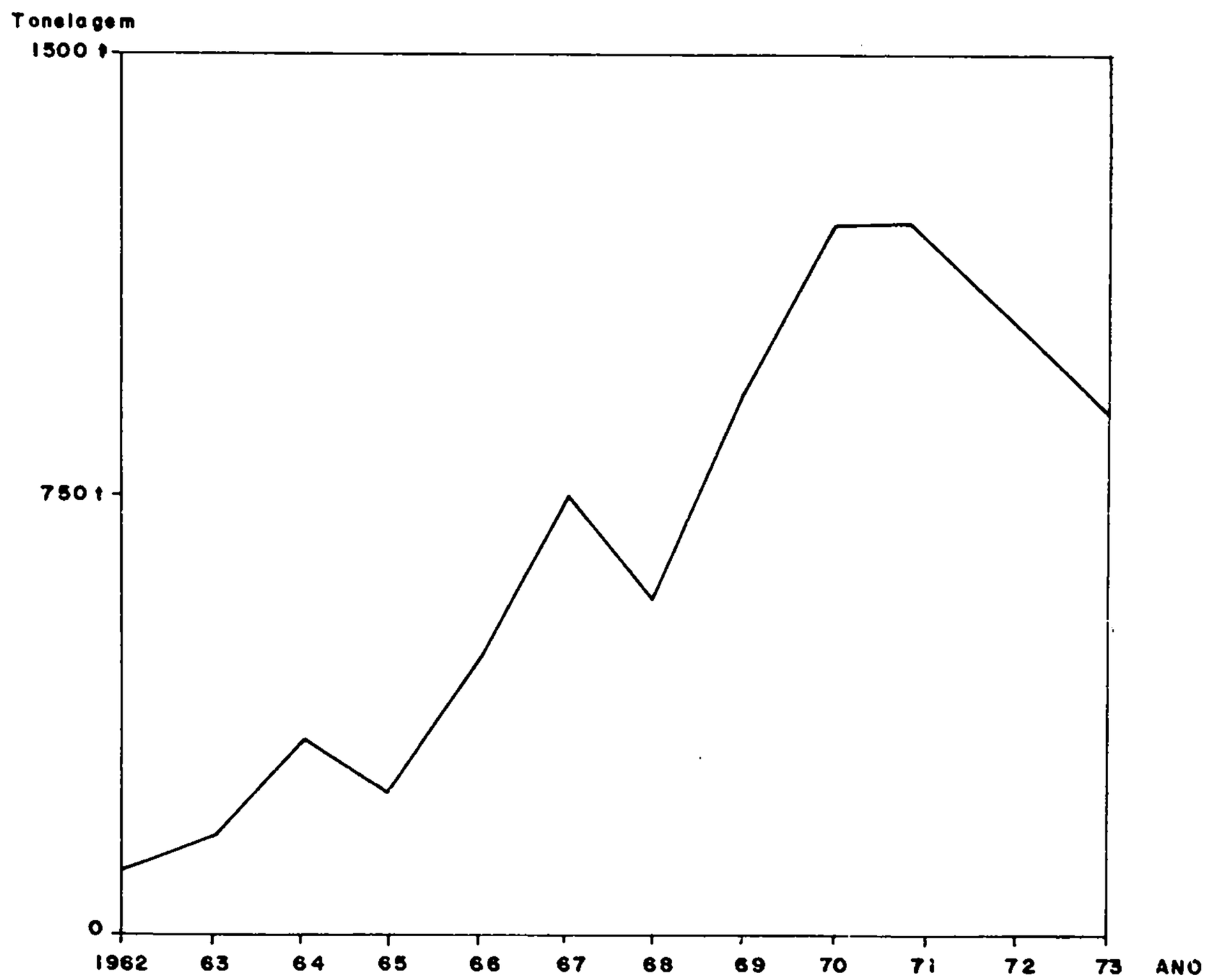


FIGURA 59

CPRM

PRODUÇÃO DE ZIRCONITA
USINA BARRA DE ITABAPOANA
(CNEN — CBTN)

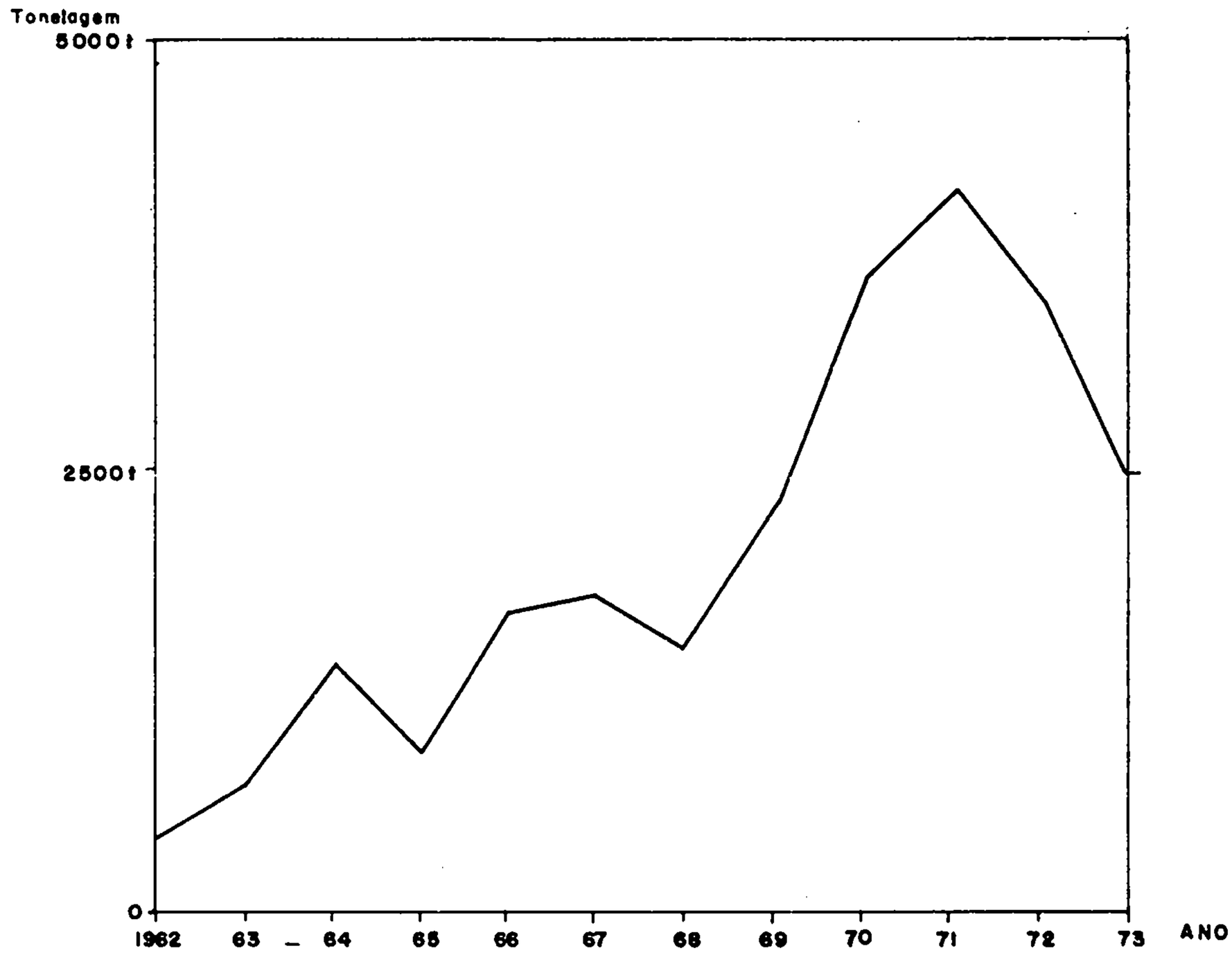
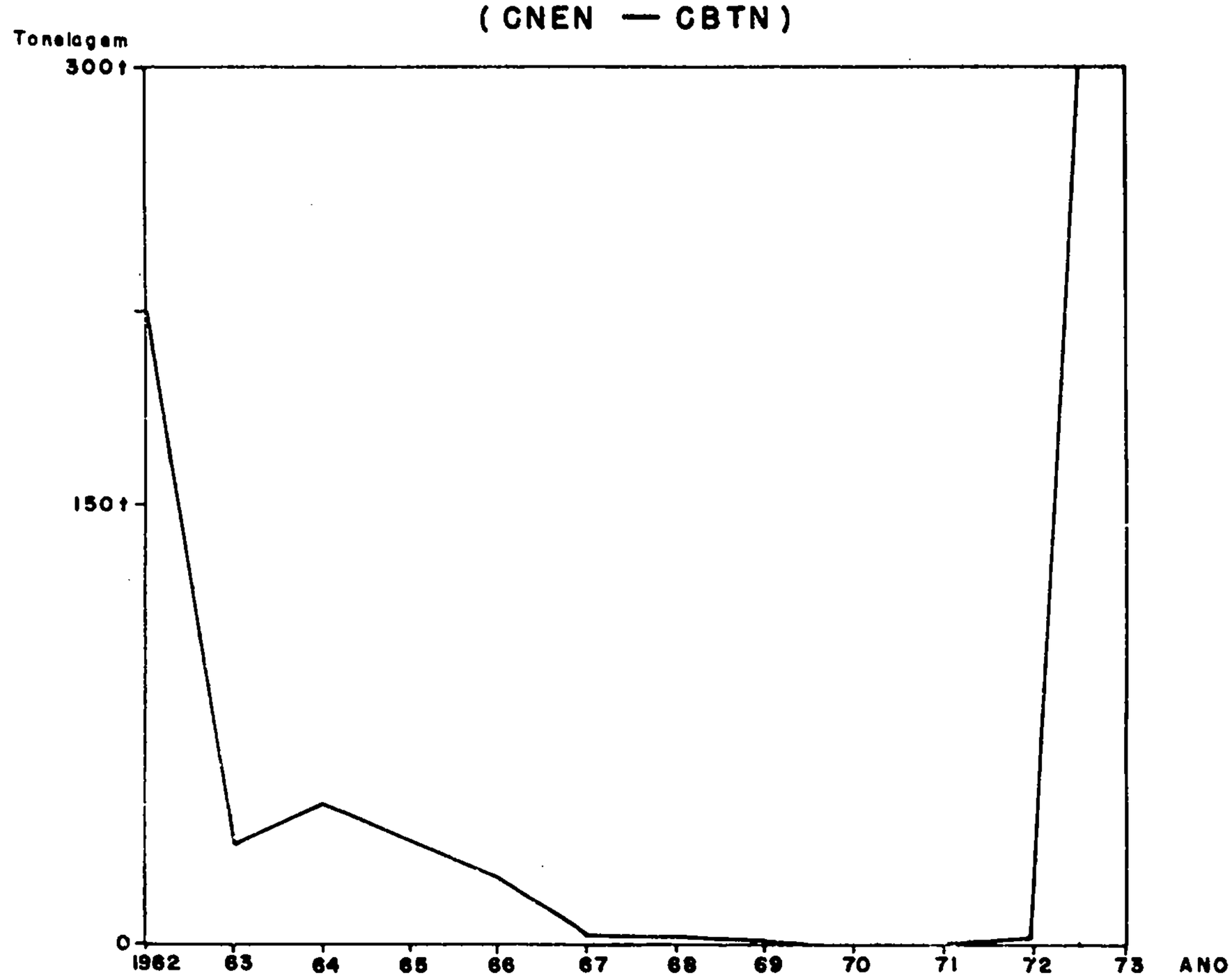


FIGURA 60

PRODUÇÃO DE RUTILO
USINA BARRA DE ITABAPOANA
(CNEN — CBTN)



8. CONSIDERAÇÕES GENÉTICAS

Existe no litoral brasileiro uma flagrante constância entre a presença dos depósitos arenosos contendo minerais pesados e a proximidade de ocorrência do Grupo Barreiras. Esta observação cresce de importância considerando-se o fato de que, geralmente, em âmbito regional, onde os sedimentos deste grupo estão mais próximos da linha de costa, as concentrações de minerais pesados em pláceres se apresentam mais ricas. Uma hipótese a considerar na explicação desse acontecimento seria, que a presença de uma topografia contrastante provocada pelos afloramentos do Grupo Barreiras, freqüentemente em elevações e formando falésias, funcionariam como verdadeiros anteparos, que auxiliados pelas formas adequadas da linha costeira, confinariam o material arenoso colocando-o a disposição do movimento oscilatório das ondas em um trabalho comparável ao realizado por um "jig". Esse deslocamento repetitivo das areias executado pela água do mar, separaria mecanicamente os minerais leves dos pesados, arrastando ambos no movimento da onda em direção ao continente e depositando os mais pesados pela menor competência da água no movimento de retorno.

O material detrítico original seria carreado do continente através da rede de drenagem, especialmente pelo trabalho dos rios de grande vazão, e distribuídos através de correntes marinhas pela zona de plataforma sendo posteriormente, por correntes marinhas favoráveis, trazidos até as praias.

A desagregação do material das rochas do "interlands" resultaria da atuação do intemperismo e conseqüente remoção química e mecânica dos minerais, acompanhado de um trabalho seletivo, atuante também durante a efetivação do transporte em direção ao litoral (vide ítem 3.2).

Outra hipótese, admitida por vários autores, aponta os sedimentos do Grupo Barreiras como portadores das primeiras concentrações de minerais pesados atuando, então, como "proto-monério". Seguir-se-ía, uma reconcentração do material desagregado do Barreiras através da ação das ondas, principalmente nas frentes "vivas" de falésias, reconcentrando os minerais e originando, finalmente, os depósitos.

As ocorrências mundiais distribuídas em zonas litorâneas, indicam que os importantes depósitos de pláceres praiais tendem a se situarem em faixas costeiras estáveis e ao longo de orlas oceânicas que tenham uma plataforma com suave declividade em direção ao mar.

É importante ressaltar também que as regiões onde os depósitos deste tipo são relativamente ricos são constituídas por terrenos onde o intemperismo, favorecido pelo clima, ocasionou uma fase de laterização na qual os minerais ferro-magnesianos foram atacados. Neste processo desempenhou papel importante o aplainamento erosivo ocorrido durante o Ciclo Geomórfico Sul-Americano, que atuou do Cretáceo Superior ao Neoceno, promovendo uma profunda seleção pela eliminação dos minerais poucos estáveis ao mesmo tempo em que concentrava os mais resistentes por processos de lixiviação e laterização.

No final do terciário ocorreu um levantamento do continente mantendo-se estável, no entanto, a zona litorânea. Este movimento epirogenético propiciou uma aceleração da erosão dos solos antigos, através do rejuvenescimento da drenagem, sendo o material transportado em direção às faixas costeiras indo constituir o Grupo Bar-

reiras.

Estes acontecimentos reforçam a hipótese que atribue as concentrações de minerais pesados a partir de reconcentrações dos sedimentos do Grupo Barreiras. De acordo com o Gillson (1961), os sedimentos basais do Barreiras são relativamente ricos em minerais pesados, por ter este sido formado às custas do material advindo das camadas superiores dos antigos solos, que continham maiores concentrações desses minerais.

O fato das concentrações de minerais pesados detríticos, de interesse econômico, constituídos pela assembléia-tipo: ilmenita, monazita, zirconita e rutilo estarem condicionados a depósitos preferentemente praiais, advém da necessidade da presença de um ambiente de alta energia e larga extensão para favorecer acumulações minerais suficientemente ricas e extensas.

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1ª. A aplicação da radiometria, com utilização de cintilômetros e/ou gamâmetros, mostrou-se eficaz na prospecção de concentração de minerais pesados tipo plácer praial, que apresente monazita associada. Em geral, valores de 100 a 150 "cps" (cintilometria) e 40 "cps" (gamametria) definem concentrações acima de 5% de minerais pesados;

2ª. A investigação de níveis arenosos com possibilidades de conterem concentrações de minerais pesados no interior do Grupo Barreiras, demonstrou, que apenas as zonas transicionais dos cordões litorâneos para os sedimentos argilosos do referido grupo podem apresentar possibilidades de conterem teores econômicos desses minerais;

3ª. Os ensaios de magnetometria executados, mostraram a validade do emprego deste método em trabalhos prospectivos de minerais pesados em areias, especialmente em áreas onde existam teores significativos de magnetita participando da assembléia mineralógica;

4ª. Os testes de sísmica de refração, apesar de demonstrarem eficácia na determinação da espessura do pacote arenoso, não apresentaram custos suficientemente baixos para competir com as investigações utilizando sondagem mal. Isso torna-se mais notável considerando-se, que concentrações situadas a grandes profundidades tendem a ter o seu interêsse econômico reduzido;

5ª. Ficou esclarecido, que o emprego da eletrorresistividade para a finalidade proposta, pelos problemas operacionais descritos, não é viável em áreas com idêntico comportamento geológico;

6ª. As reservas de minerais pesados em concentrações maiores que 5% desses minerais estão englobadas na tabela LXVI.

TABELA LXVI - RESERVAS DE MINERAIS PESADOS DOS CORPOS (toneladas)

FRAÇÃO / RESERVA	ILMENITA	MONAZITA	ZIRCONITA + RUTILO	RETIDOS	TOTAL
MEDIDA	525.526	31.883	259.859	210.578	1.027.846
INDICADA	144.379	8.768	65.230	49.644	268.021
INFERIDA	88.751	6.284	40.754	34.093	169.882
TOTAL	758.656	46.935	365.843	294.315	1.465.749

Análises mais apuradas executadas pela CPRM(vide ítem 5.3 - tab. XXIV a XXVII) nas frações relacionadas, demonstraram a seguinte participação efetiva dos minerais: Fração "ilmenita": (75 a 99)% de ilmenita, média de 89%; Fração "monazita": (57 a 85)% de monazita, média de 76%; Fração "zirconita + rutilo": (57 a 80) % de zirconita e (11 a 26)% de rutilo, média de (66 e 17)%, respectivamente. Por outro lado a fração "retidos" mostrou uma participação de (9 a 63)% de ilmenita e até 7% de rutilo.

7ª. A comprovação de teores satisfatórios de TiO_2 nas amostr representativas dos corpos, principalmente onde foram acusados teores mais elevados de ilmenita na fração CBTN, indica que poderão ser alcançados teores mais apropriados a comercialização desse produto depen-

dendo da execução de um adequado refinamento do concentrado da ilmenita.

8ª. Recomenda-se a análise do conteúdo de háfnio na zirconita da área pesquisada. Este elemento, devido ao seu elevado ponto de fusão e grande poder de absorção de neutrons teve seu emprego desenvolvido, recentemente, pela engenharia nuclear. A esponja de háfnio está cotada, aproximadamente, a US$ 40,0 por libra. Todos os minerais de zirconita contêm háfnio;

9ª. Sugere-se a dosagem dos teores de TiO_2, Fe_2O_3 e SiO_2 no rutilo e ZrO_2 e SiO_2 na zirconita, já que as análises inseridas neste relatório são referentes, apenas, aos teores destes óxidos na fração "zirconita + rutilo". Deve-se também determinar a participação dos elementos de terras raras, tório e urânio na monazita. A execução dessas análises está a cargo da CBTN;

10ª. Considera-se as áreas compreendidas entre os cordões mineralizados, definidos neste projeto, e a linha de praia atual altamente prospectivas. As áreas limítrofes, situadas a Oeste destes cordões, devem ser consideradas também como passíveis de investigações;

11ª. A execução de uma sistemática de amostragem, por níveis, em linhas selecionadas e transversais aos corpos mineralizados investigados neste Projeto, seria recomendável dependendo da necessidade de um controle vertical dos teores de minerais pesados, em função do método de lavra a ser empregado na área;

12ª. Sugere-se a prospecção, através de reconhecimento ra -

diométrico acompanhado de alguma amostragem, nas zonas adjacentes ao Norte e ao Sul da área do projeto, incluídas duas ocorrências já conhecidas, uma na fazenda Santo Antônio, município de São João da Barra (RJ) e outra na localidade de Marobá no Estado do Espírito Santo;

13ª. A experiência desenvolvida nos trabalhos de pesquisa evidenciou que, em situações idênticas, deverão ser aplicados os métodos de prospecção e pesquisa descritos, com variações a depender da assembléia de minerais presentes na área a ser estudada. Basicamente sugere-se para o desenvolvimento de um programa preliminar de pesquisa o seguinte procedimento:

a) Fotointerpretação com delimitação das faixas arenosas destacando-se os cordões litorâneos eventualmente presentes;

b) Sondagem estratégica visando, preliminarmente, a elucidação dos constituintes participantes da "suite" mineralógica, objetivando determinar a viabilidade da pesquisa bem como traçar suas diretrizes;

c) Cintilometria prospectiva, em escala de reconhecimento, para a detectação de zonas de concentração de minerais pesados contendo monazita ou outro qualquer mineral que apresente radioatividade;

d) Opcionalmente, a utilização da magnetometria com aparelhagem portátil de alta sensibilidade (precisão de $\pm$ 1 "gamma") poderá contribuir para prospecção de concentrações de minerais pesados, especialmente se o

conteúdo de magnetita for relativamente elevado;

e) Sondagem prospectiva em malha de reconhecimento no sentido de avaliar a distribuição dos minerais pesados e eventuais concentrações.

10. BIBLIOGRAFIA

MABESOONE, J.M.; CAMPOS E SILVA, A; BEURLEN, K - Estratigrafia e Origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. R. BRAS. GEOC., São Paulo, SOC. BRAS. GEOL., V. 2 (3): 173 - 188, set. 1972. il.

MACDONALD, Eoin H. - Manual of Beach Mining Pratice 2 ed. Camberra, Australian Government Publishing Service, 1973.

MACIEL, Aluísio Castanho & CRUZ, Paulo Roberto - Perfil Analítico do Tório e Terras Raras. Rio de Janeiro, DNPM, 1973. 72 p. il. (Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral, Bol. 28).

PARFENOFF, A.; POMEROL, C.; TOURENO, J. - Les mineraux in grains métodos d'etude et determination. 2. ed. Paris, Masson, 1970. 720 p. p. 50 - 126.

PETTIJOHN, F.J. - Sedimentary rocks. 2 ed. N. York, Harper & Bros., 1957. 718 p. il.

QUEIROZ NETO, José Pereira de - "Os solos". In: Azevedo, Aroldo de - Brasil, a terra e o homem. q ed. rev. São Paulo, Cia. Edit. Nacional, 1968. 4 v. v. 1 p. 463 - 508.

ROUTHIER, P. - Les Gisements metalliféres: geologie et principes de recherche. Paris, masson, 1963. 2 v. il

SAGATZKI, J. - "Prospection des gites detritique". In: Lambert, R - Manual du Prospecteur. Paris, BRGM, |s.d.| 212 p il. p. 1-100.

SILVEIRA, João Dias da - "Morfologia do litoral". Azevedo,

Aroldo de - Brasil, a terra e o homem. 2 ed. rev. São Paulo, Cia. Edit. Nacional, 1968. 4 v. v. 1 p. 253 - 305.

STAMPER, John W. - "Titanium". In: EUA. Departament of Interior. Bureau of mines - Minerals facts and problems. Washington, U.S. Dept. of Int. Library, 1970. 1291 p. p 773 - - 794.

STAMPER, John W. & CHIN, Edmond - "Rare - earth elements". In: EUA. Departament of Interior. Bureau of mines - Minerals facts and problems. Washington, U.S. Deptº. of. Int. Librari, 1970. 1291 p. p. 681 - 696.

- "Zirconium". In: EUA. Departament of Interior. Bureau of mines - Minerals facts and problems. Washington, U.S. Dept. of Int. Library, 1970. 1291 p. p. 825-835.

IBM - Numerical Surface Techniques and Contour Map Plotting, version 2, 1130, CX - IIX, 1130 CX - 38X. 1970. 70 p. il.

AB' SABER, A.N - "O relevo brasileiro e seus problemas". In: Azevedo, Aroldo de - Brasil, a terra e o homem. 2. ed. rev. São Paulo, Cia. Edit. Nacional, 1968. 4 v. v.1 p. 135-217.

ADAMS, John A.S. & LOWDER, Wayne M. - The Natural Radiation Environment. Chicago, William Marsh Rice University, 1964. 1069 p.

ANDRADE, Gilberto Osório de - "Os climas". In: Azevedo, Aroldo de - Brasil, a terra e o homem. 2. ed. rev. São Paulo, Cia. Edit. Nacional, 1968. 4 v. v. 1 p. 397 - 456.

ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO. Rio de Janeiro, MME - DNPM. 1973. 329 p. il.

AMARANTE ROMARIZ, Dora de - "A vegetação". In: Azevedo, Aroldo de - Brasil, a terra e o homem. 2 ed. rev. São Paulo, Cia Edit. Nacional, 1968. 4 v. v. 1 p. 521 - 548.

BAKER, George - Detrital Heavy Mineral in Natural Accumulates. Melbourne, the Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 1962, 146 p. il. (Monograph Series 1).

BARRETO, L.A & FERRAZ PINTO, A.C. - Projeto Cumuruxatiba. Relatório final inédito. CPRM. CNEN, 1972 73 p. il.

BATEMAN, Alan M. - Yacimientos Minerales de Rendimento Economico | Economic mineral deposits | Trad. José L. Amorós. Barcelona, Ed. Omega, 1957. 975 p. p. 224 - 228.

BIGARELLA J.J. & ANDRADE, G.O. de - Considerações sobre a

estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco-Grupo Barreiras. Arq. Inst. Ciên. Terra, Recife, univ. Recife, 2: 2 - 14. 1964.

ESPECIFICAÇÕES USAM - CBTN. São Paulo, CBTN, 1973

EUA. Departament of the Interior. Bureau of mines - Minera la Yearbook. Washington, U.S Government Printing Office, 1971. 4 v. v.4.

FERREIRA NETO, Yusley - Perfil Analítico do Titânio. Rio de Janeiro, DNPM, 1973. 77p. il. (Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral, Bol. 23).

GUILCHER, André - "Morfologia Litoral". In: - Morfologia Litoral Y Submarina.2 ed. Barcelona, Ediciones Omega S.A, 1957. 1 v. 9 - 183.

KRUMBEIN, W.C. & PETTIJOHN? F.J. - Manual of sedimentary petrography. N. York, Appleton Century. 1938. 549 p. il.

KRUMBEIN, W.C. & SLOSS, L.L. - Stratigraphy and sedimentation. S. Francisco, W.H. Freeman & Co., 1958. 497 p. il.

LAMEGO, Alberto Ribeiro - A faixa costeira de Vitória. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, DNPM, 1949. 68 p.

LEONARDOS Jr. O.H. & SANTOS, L.C.S - Proveniência dos depósitos de monazita do Estado da Guanabara. Miner. Metal, Rio de Janeiro, 36 (333): 28 - 30, set, 1972.

11. ILUSTRAÇÕES FOTOGRÁFICAS

FOTO Nº 1 — Leitos de concentrações de minerais pesados intercalados com material estéril. Jazidas de Asmos

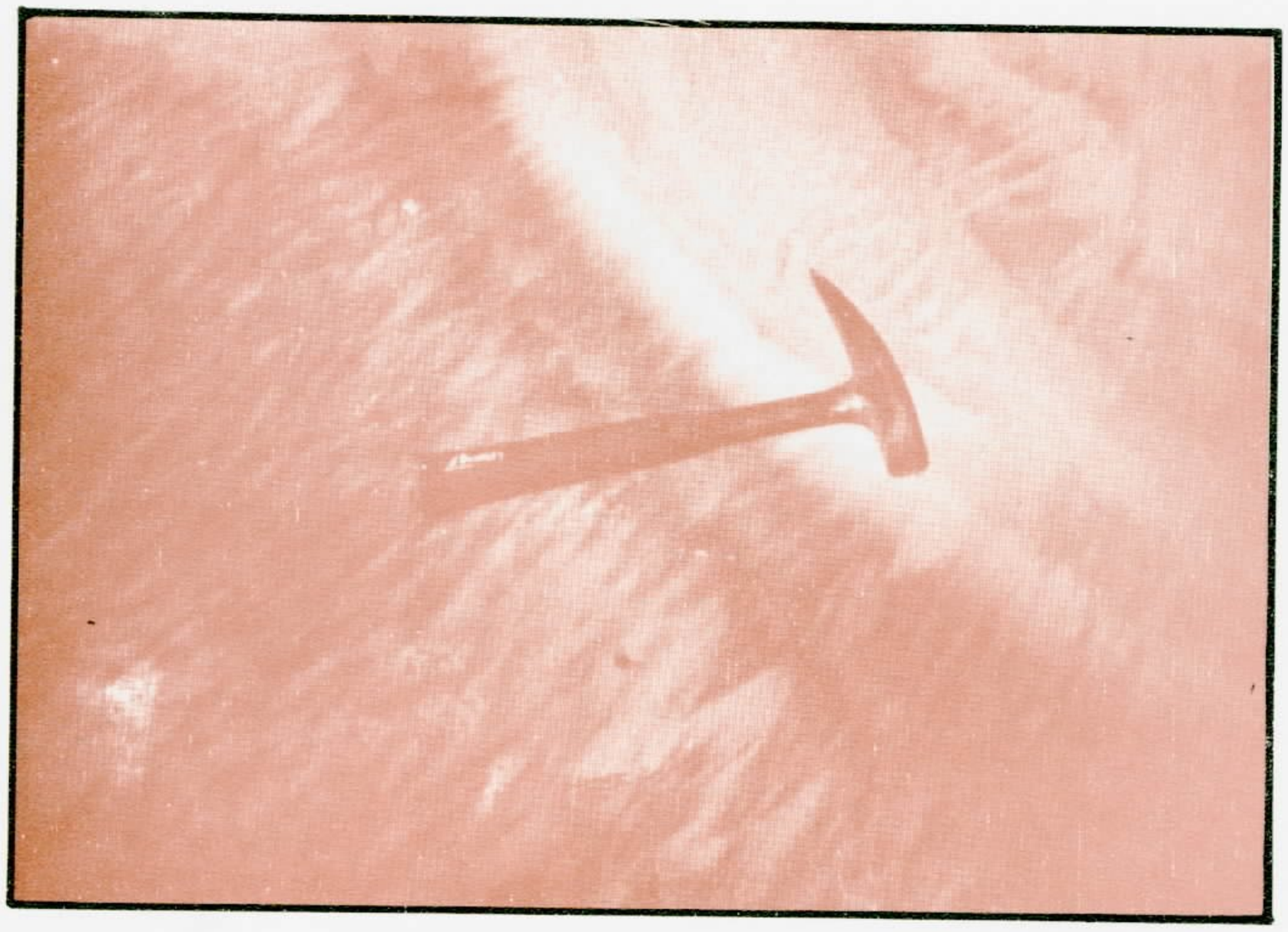


FOTO Nº 2 — Deposição em praia atual. Ponta do Retiro II

FOTO Nº 3 — Panorama da falésia viva na praia de Lago Doce.

FOTO Nº 4 — Aspecto de lavra em Tipiti.

FOTO Nº 5 — Vista de perfil do cordão litorâneo em Guaxindiba

FOTO Nº 6

Falésia na praia de Lagoa Doce

FOTO Nº 7 Detalhe da falésia mostrando concreções ferruginosas

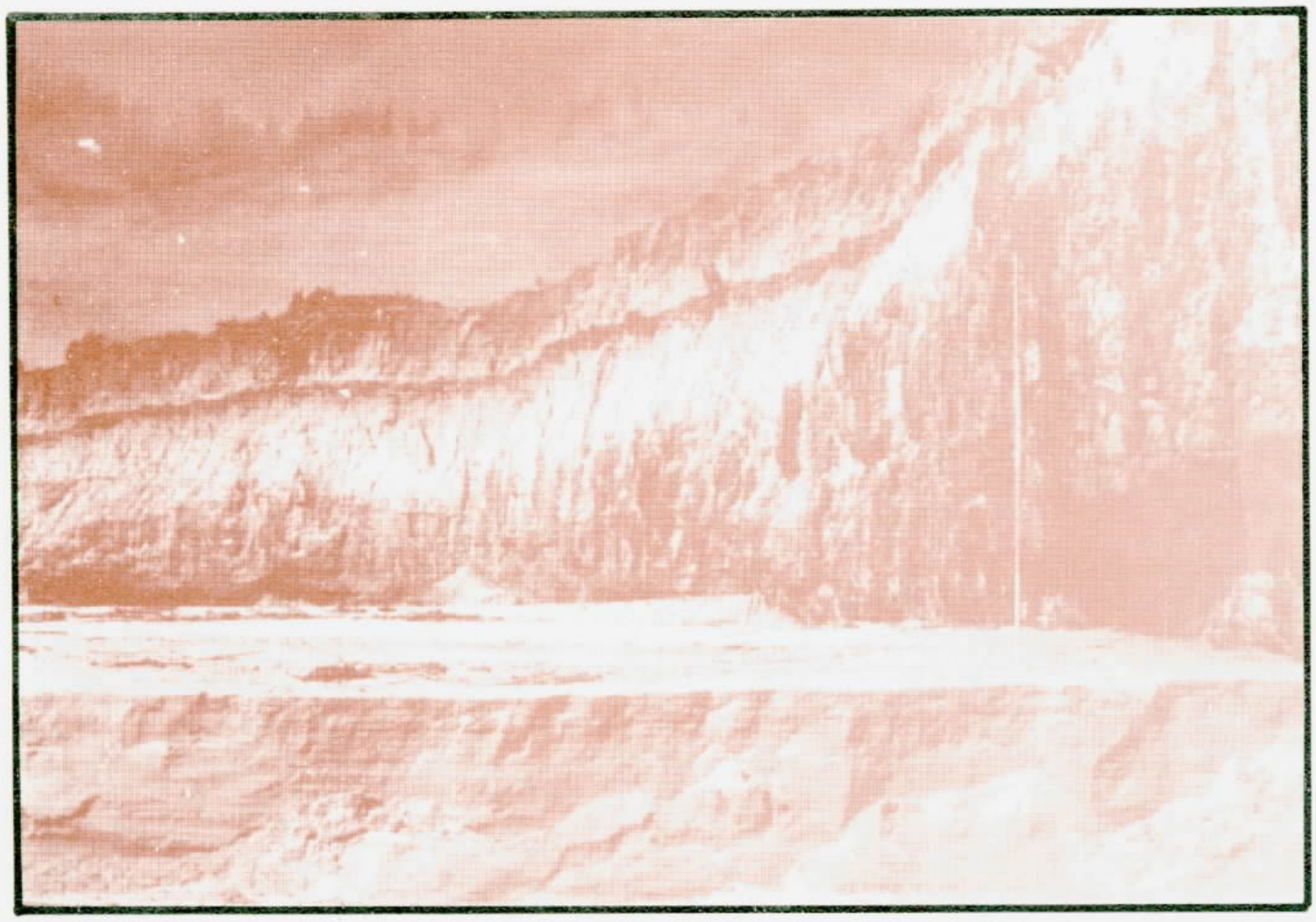


FOTO Nº 8 — Praia atual confinada pela falésia.

FOTO Nº 9
Execução do perfil radiométrico na frente da falésia

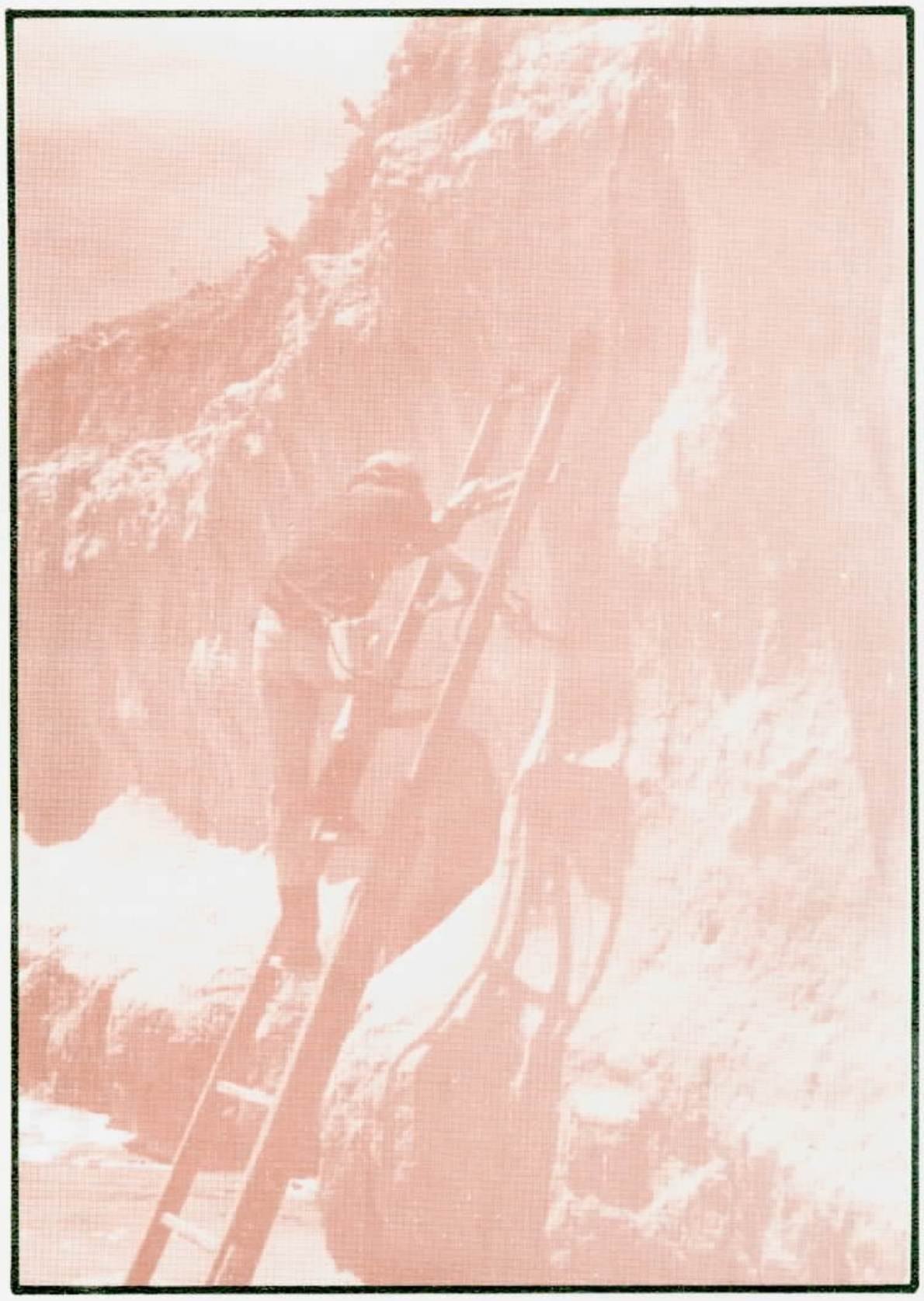


FOTO Nº 10 – Levantamento cintilométrico prospectivo.

FOTO Nº 11 — Idem foto anterior

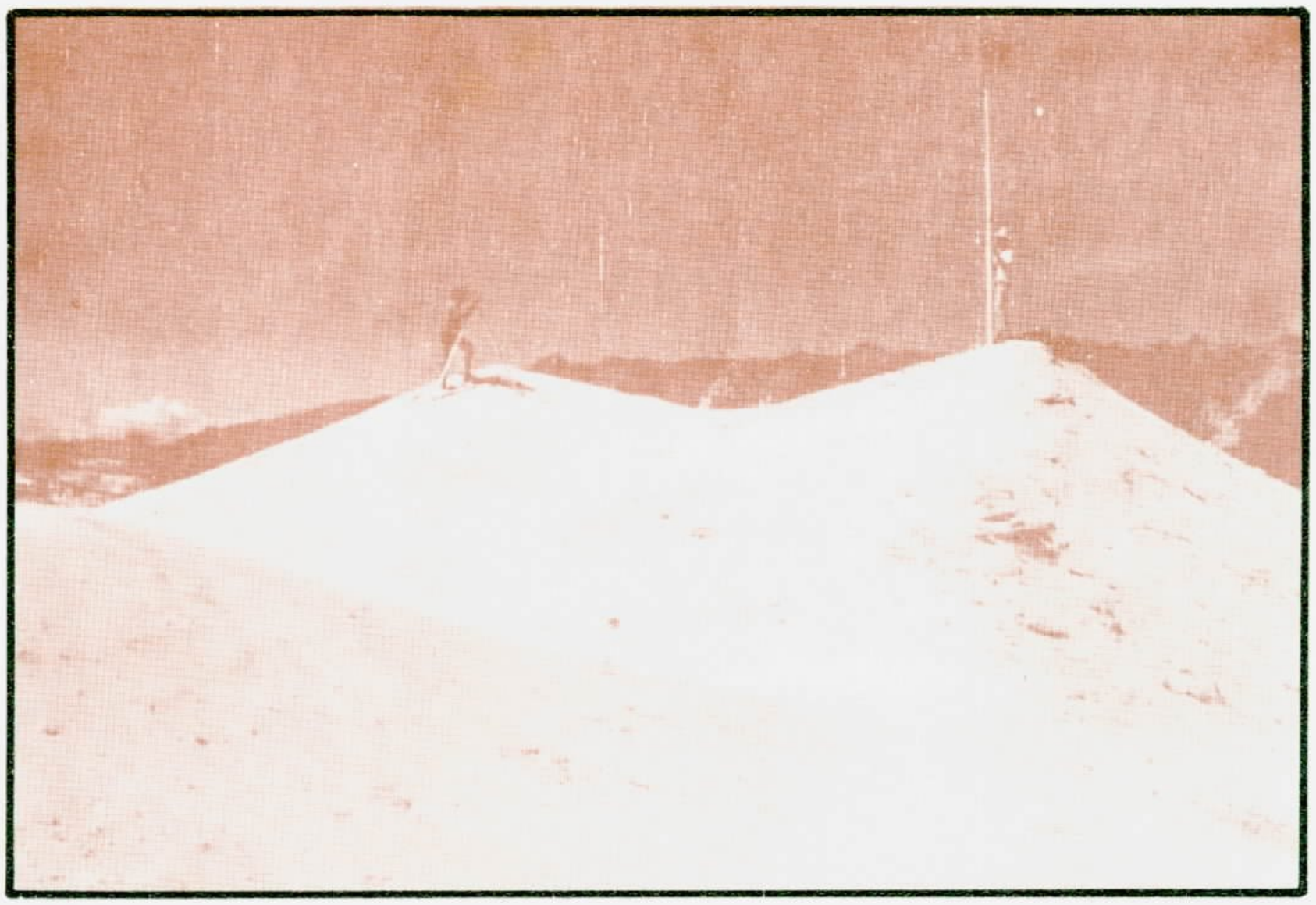


FOTO Nº 12 — Serviços topográficos em Asmos. Ao fundo trecho de falésia "morta"

FOTO Nº 13 — Amostragem a trado em Manguinhos

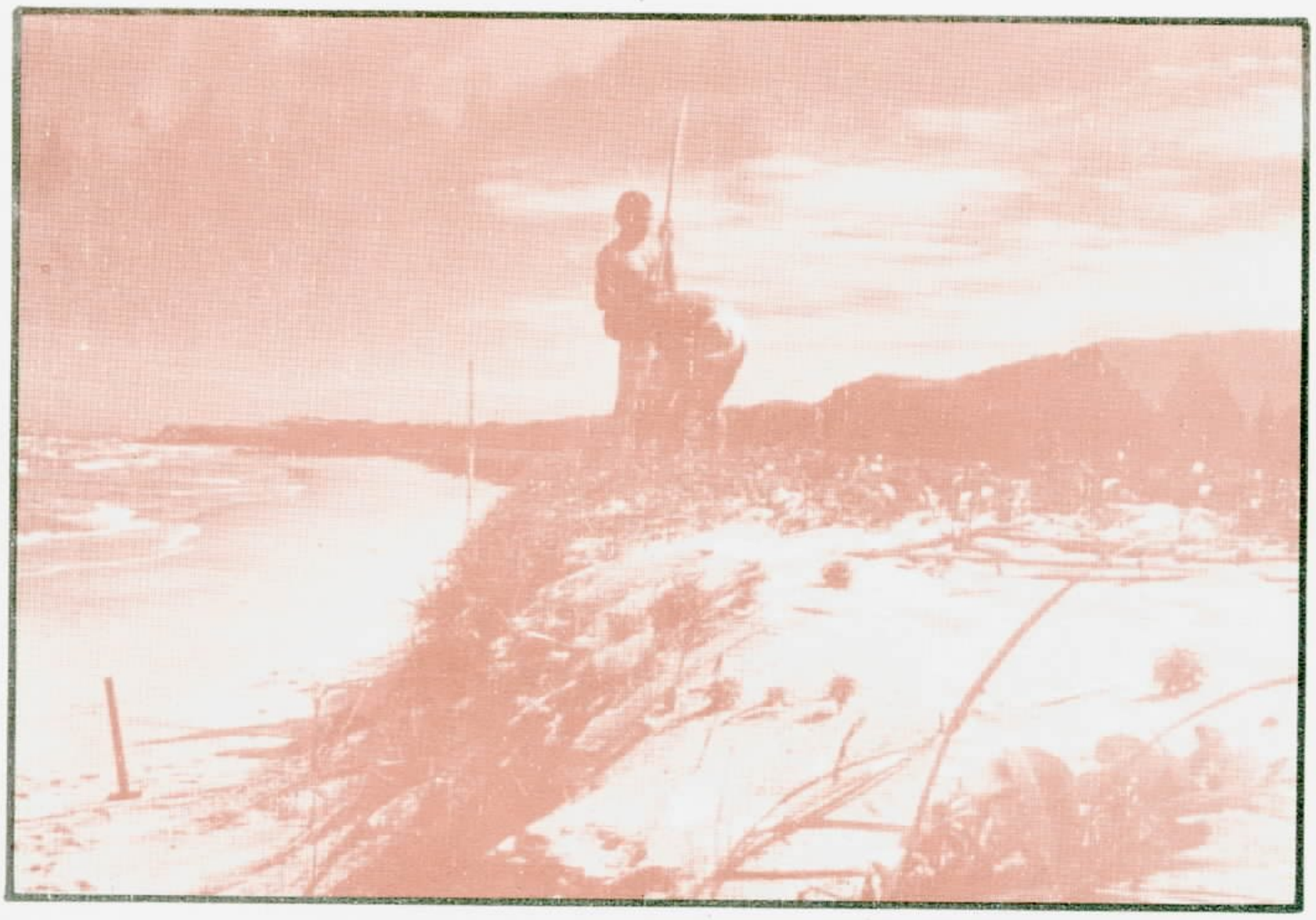


FOTO Nº 14 — Utilização de "sludge pump" em trecho de antepraia

FOTO Nº 15 — Praia atual. Amostragem a trado.

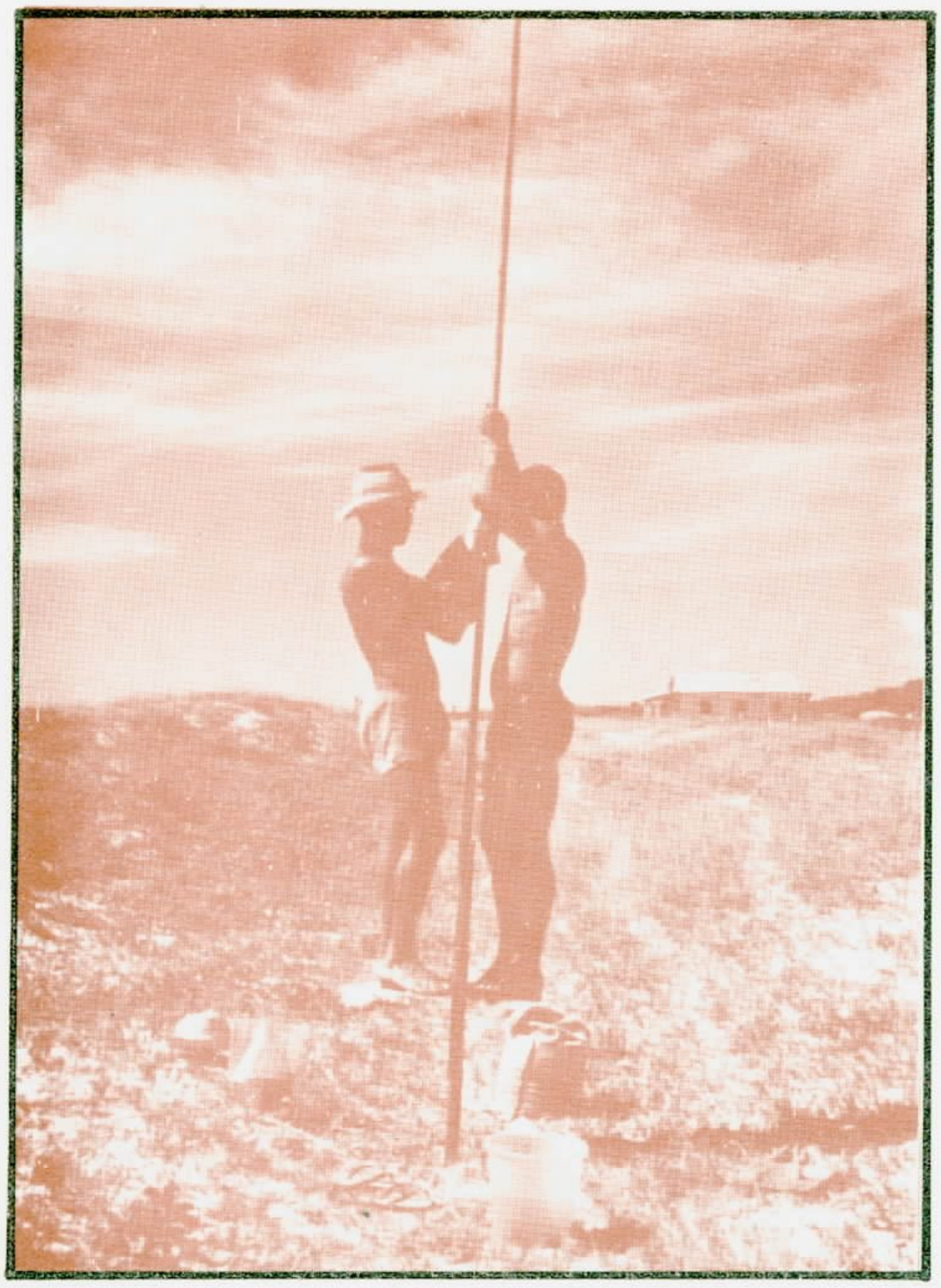


FOTO Nº 16
Operação com "sludge pump".

FOTO Nº 17– Idem foto anterior.

FOTO Nº18 — Vista de uma picada transversal.

FOTO Nº 19 — Execução do furo de sondagem WS-PR.

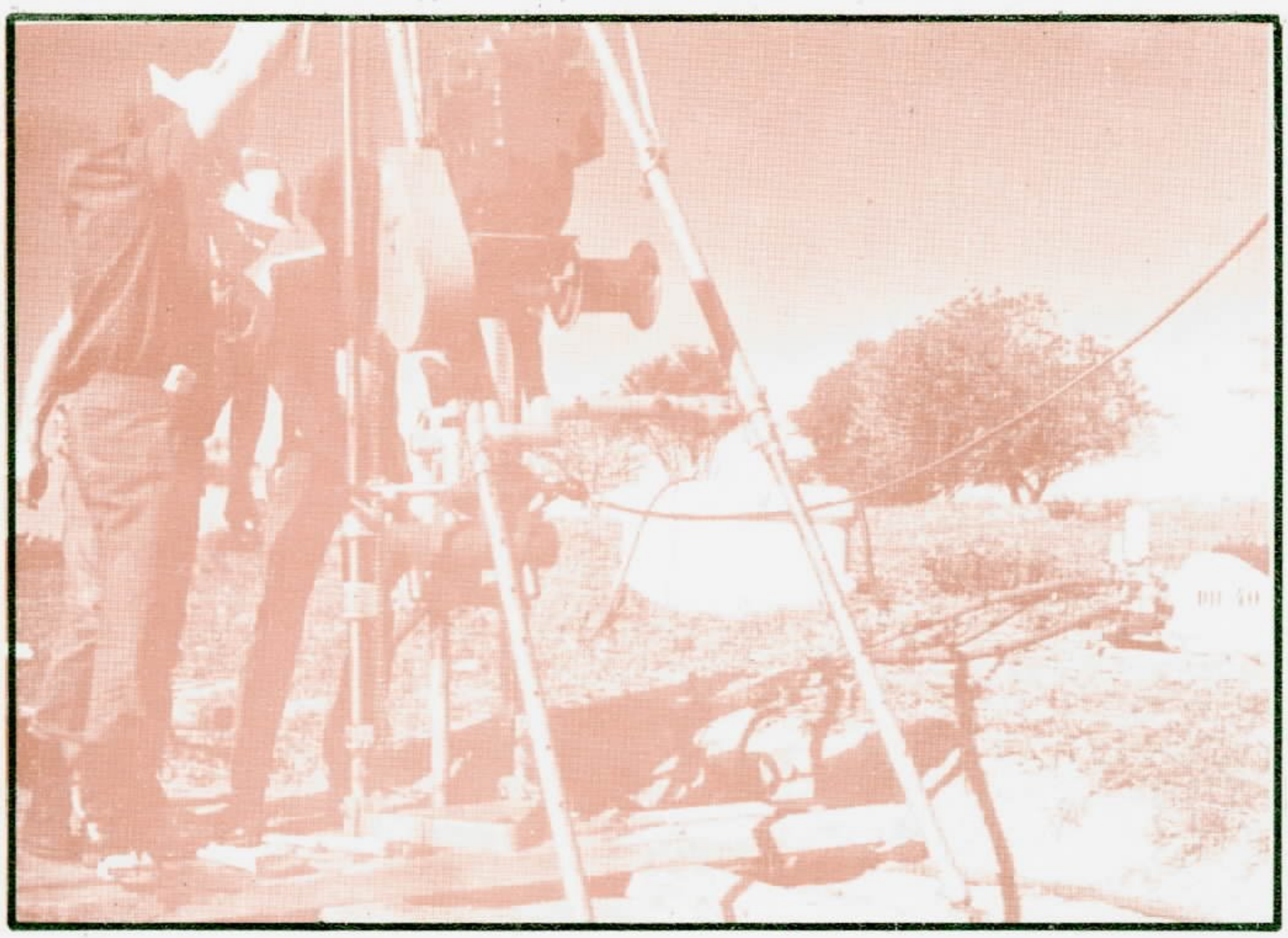


FOTO Nº 20 — Sonda "Winkie" operando sobre plataforma

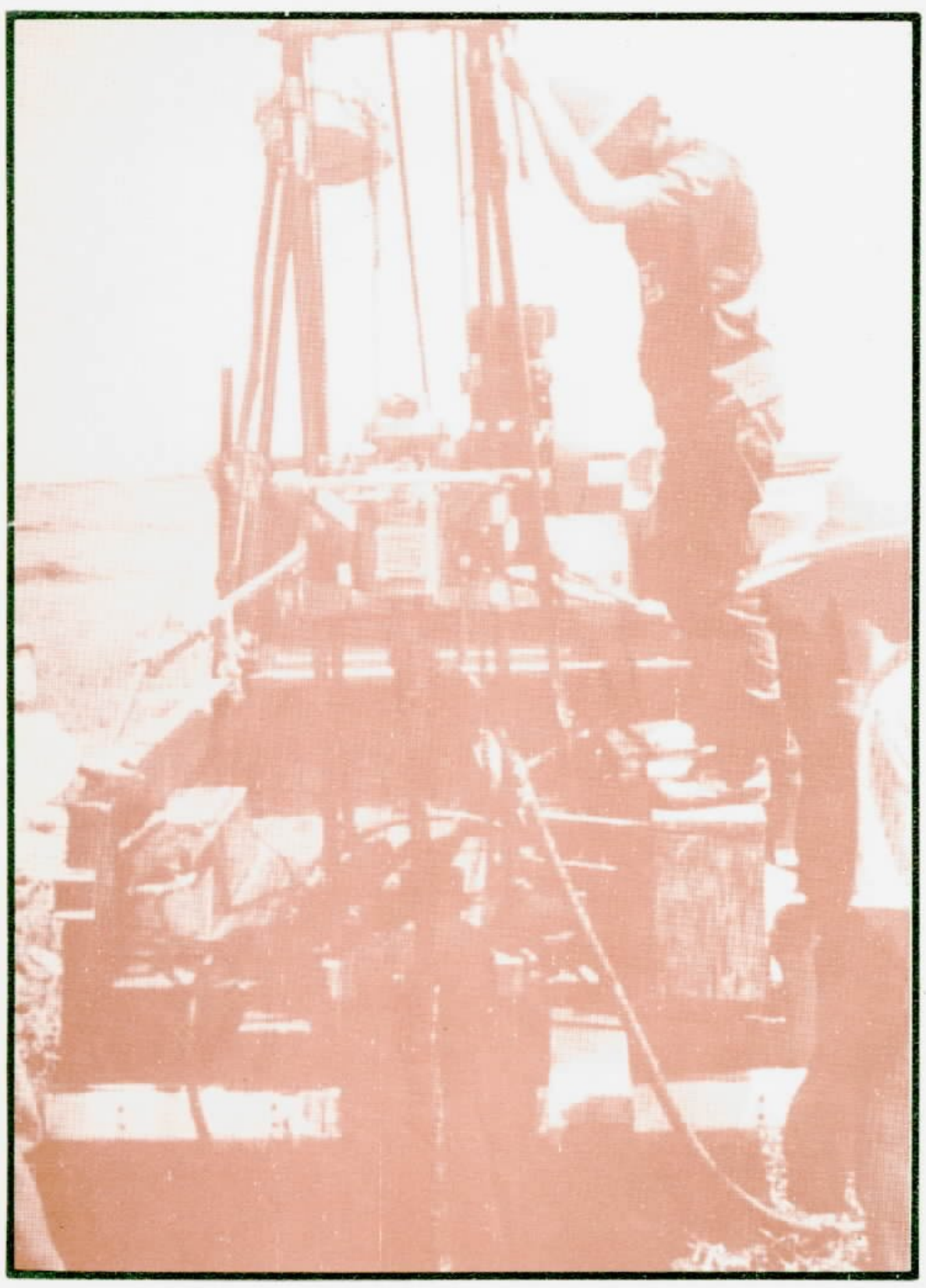


FOTO Nº 21
Sonda "Winkie" acoplada em veículo tipo "pick-up."

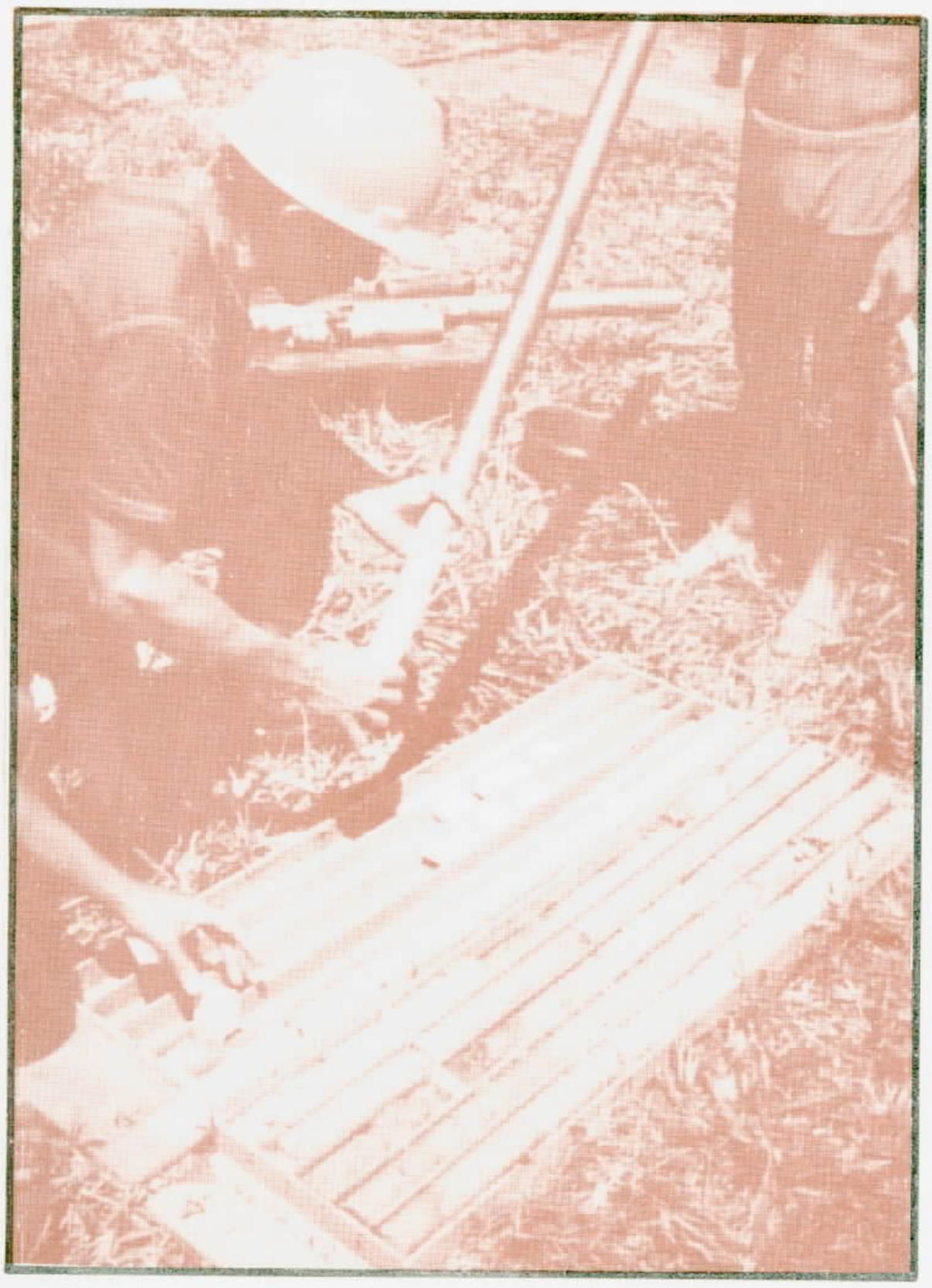


FOTO Nº 22 — Testemunhos da sondagem no Grupo Barreiras

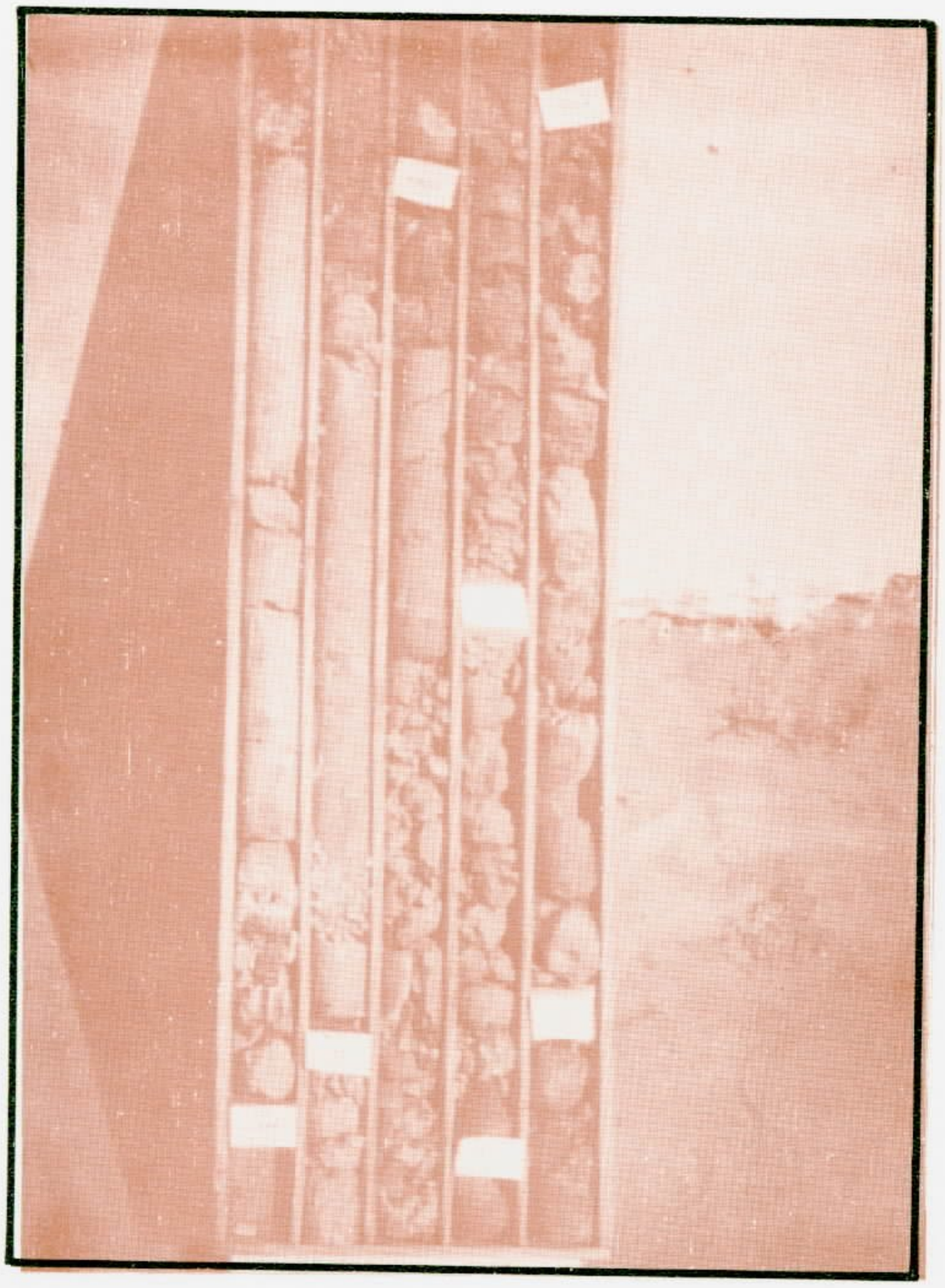


FOTO Nº 23
Testemunhos do
furo WS — L 10.4

FOTO Nº24— Amostragem a trado mecânico.
Ao fundo encosta de falésia

FOTO Nº 25 — Ensaio de sísmica de refração

FOTO Nº 26 — Idem foto anterior

FOTO Nº 27 — Ensaios magnetométricos em Guaxindiba.

FOTO Nº 28 — Escritório do projeto na vila de Buena.

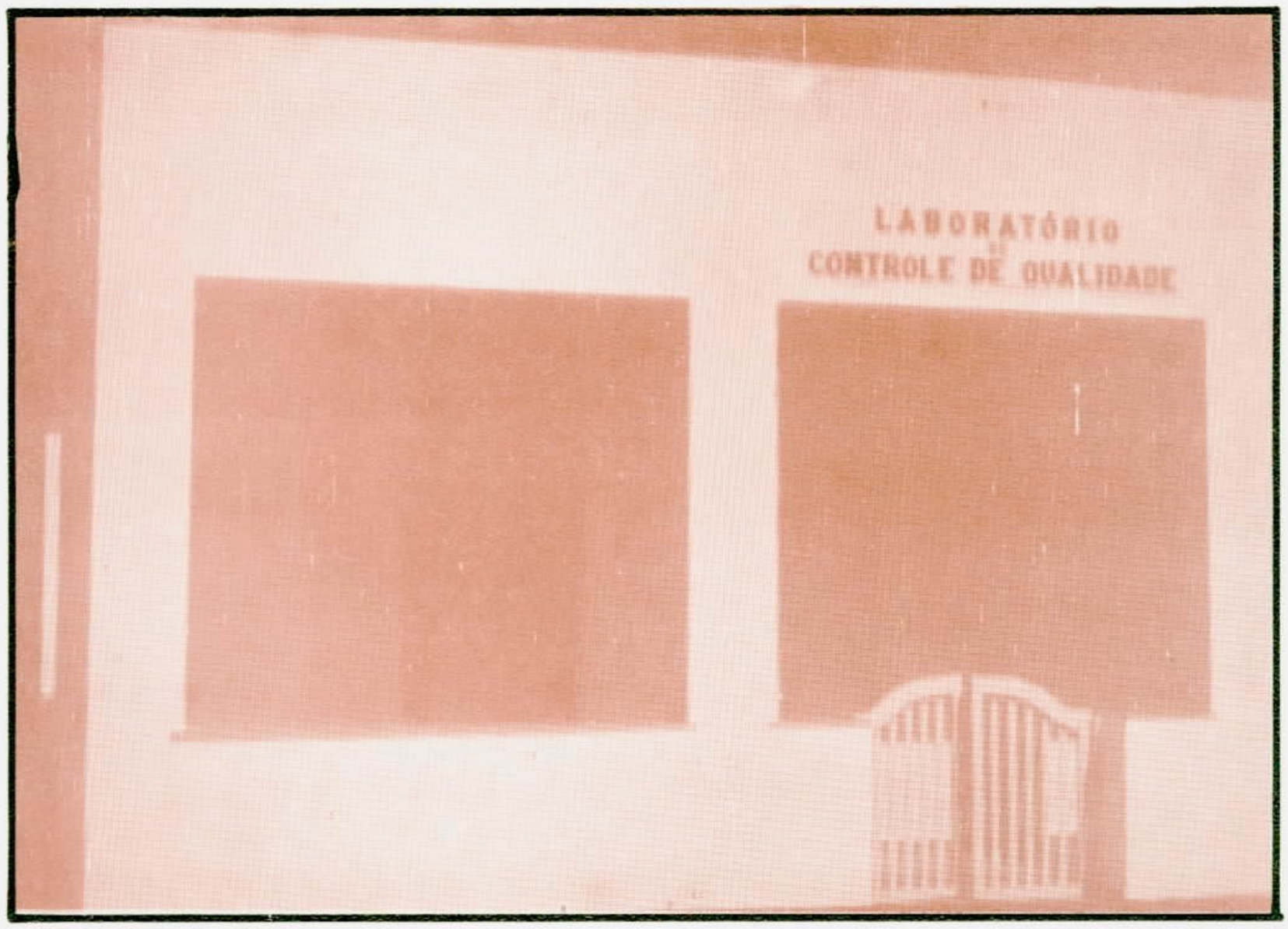


FOTO Nº 29 — Laboratório da CBTN em Buena.

FOTO Nº 30 – Preparação das amostras no laboratório.

FOTO Nº 31
Secagem das amostras nas dependências da usina

FOTO Nº 32— Monazita (aumento aprox.40 X)

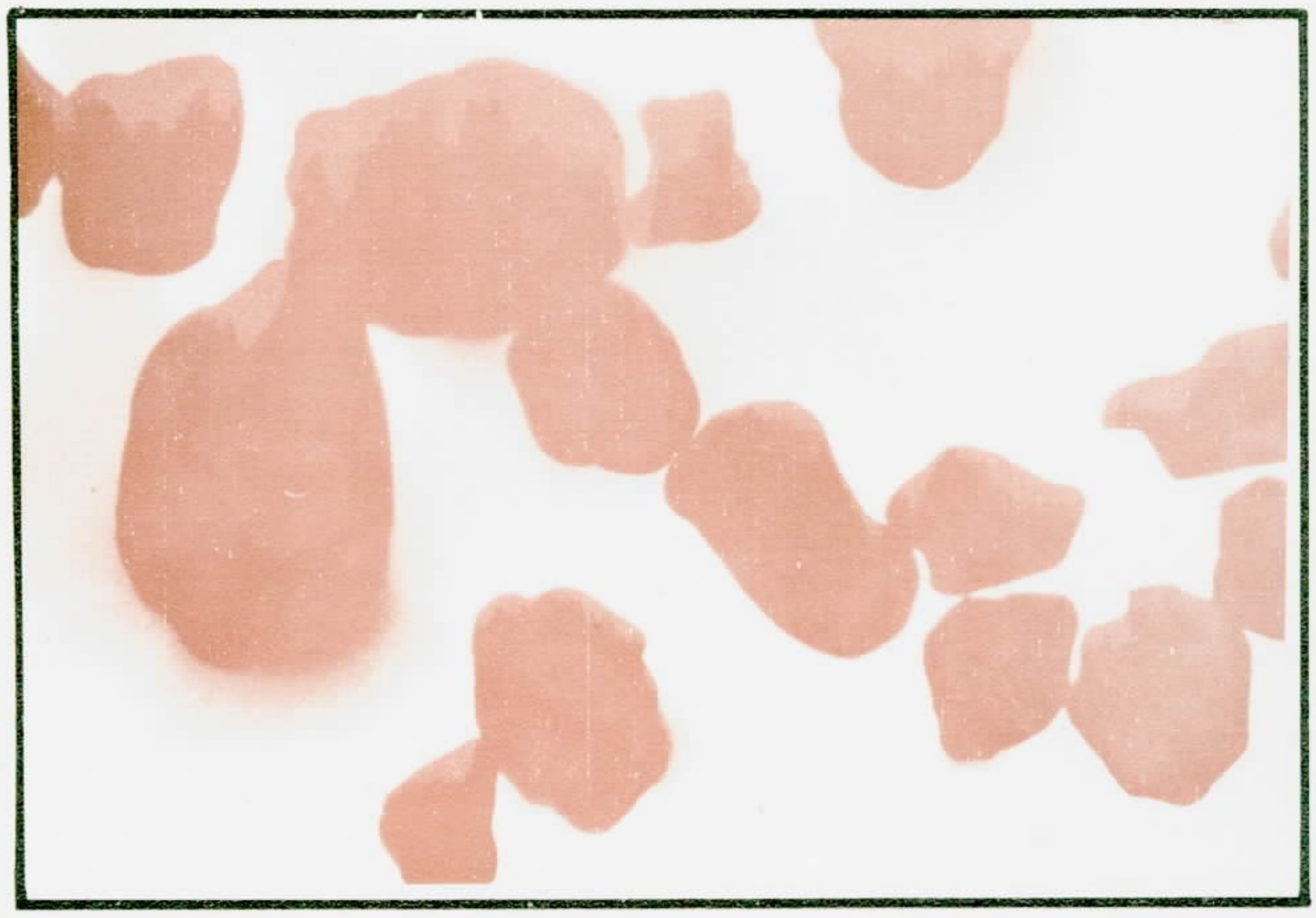


FOTO Nº 33— Ilmenita (aumento aprox.40 X)

FOTO Nº 34 — Rutilo(aumento aprox.40 X)

FOTO Nº 35— Zirconita (aumento aprox.100 X)

FOTO Nº 36 — Tipiti. Estação de tratamento com espirais de Humphreys

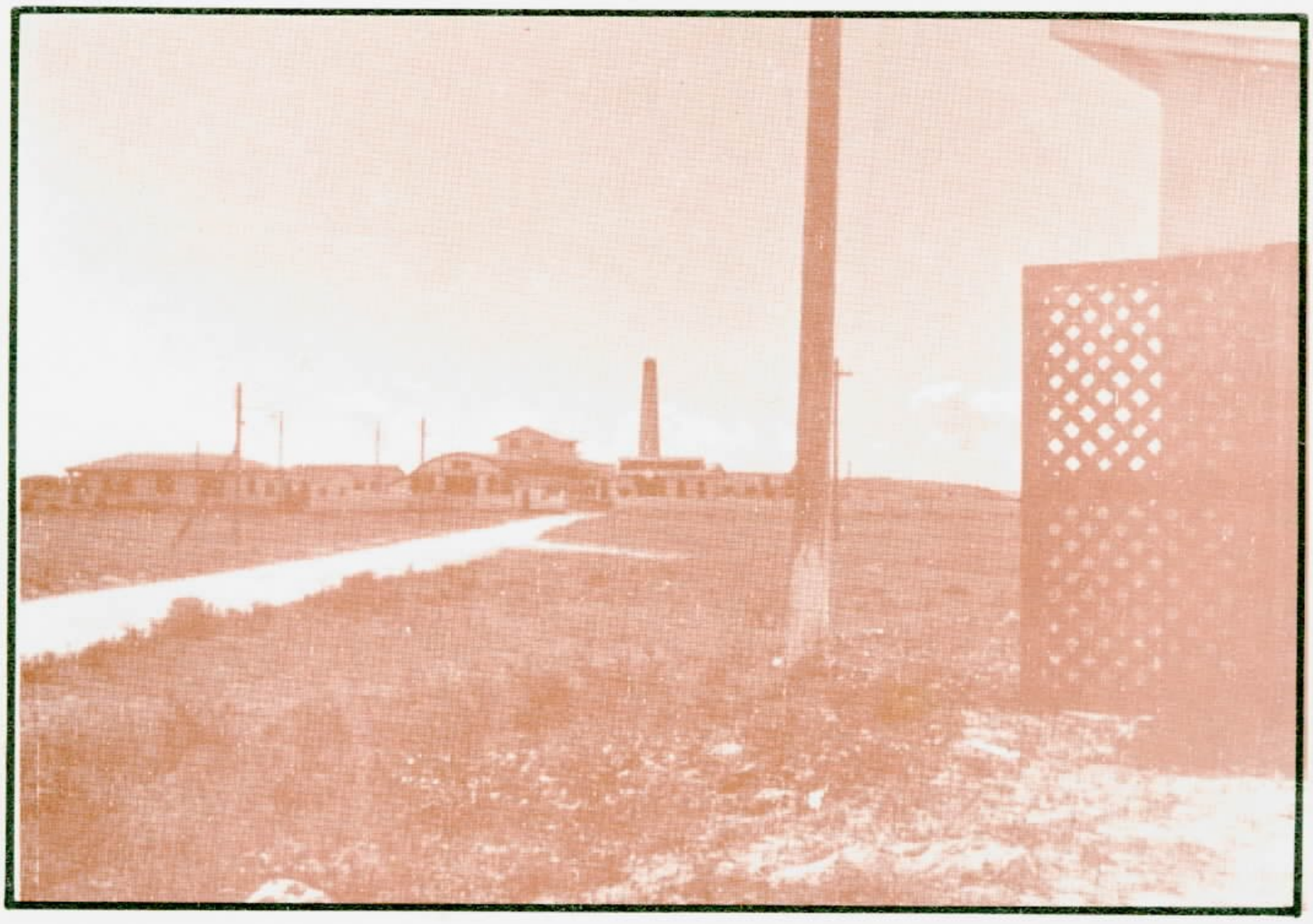


FOTO Nº 37 — Panorama da usina de Buena - CBTN

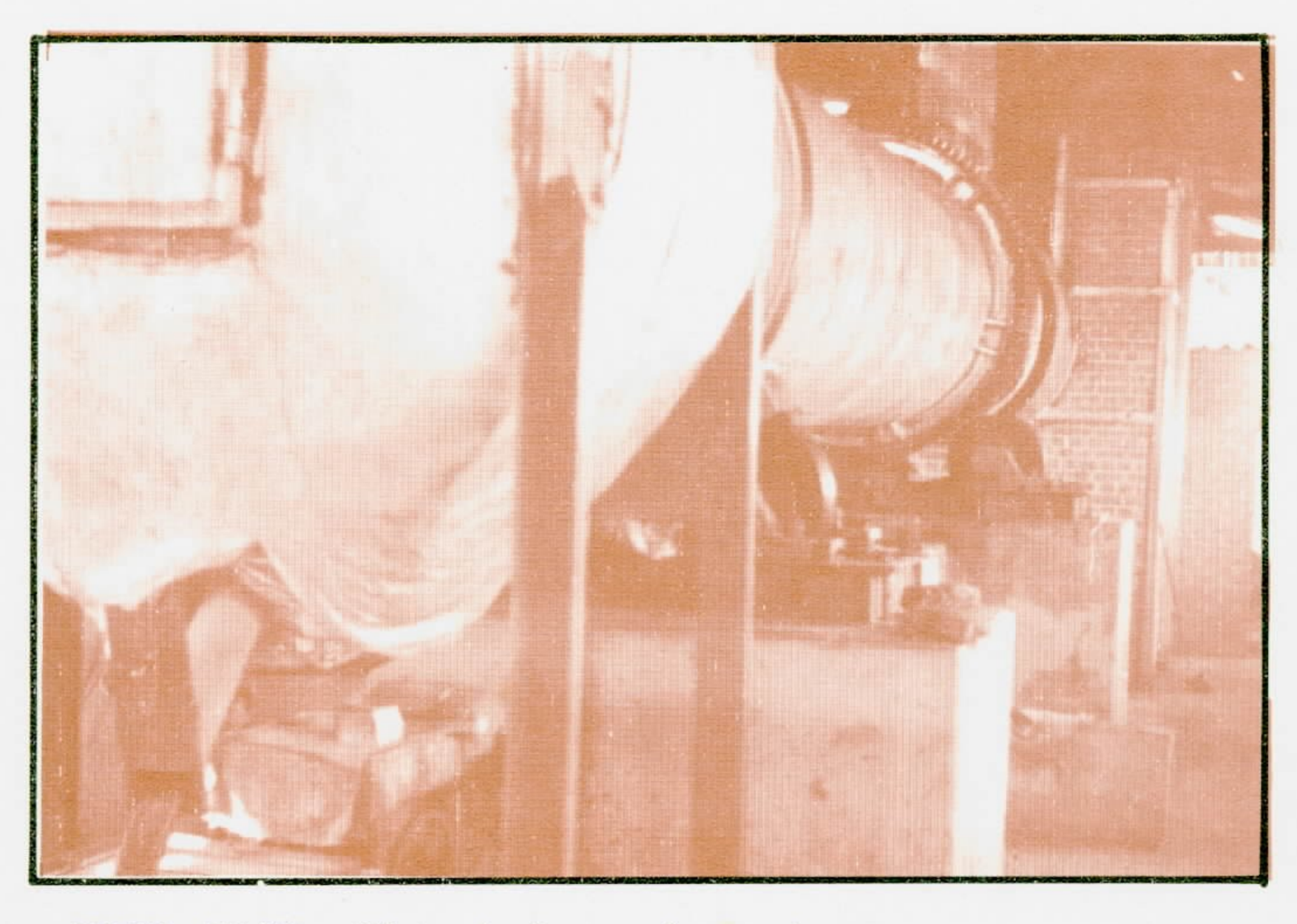


FOTO Nº 38 — Vista do forno da usina

FOTO Nº 39 — Estocagem das concentrações de minerais pesados

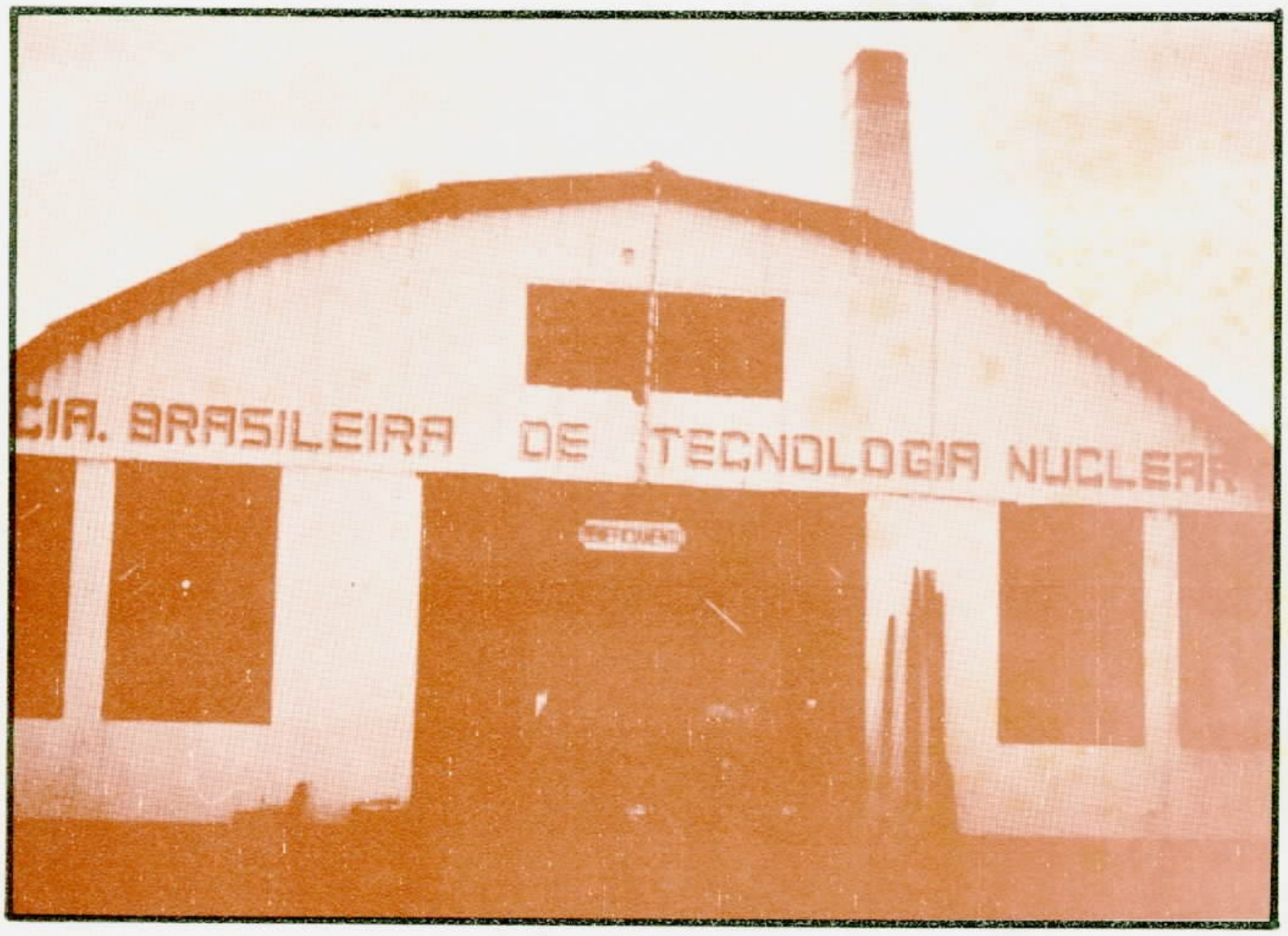


FOTO Nº 40 — Usina de beneficiamento da CBTN, em Buena