MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

CONVÊNIO DNPM - CPRM

PROJETO COBRE - CURAÇÁ

RELATÓRIO FINAL

GEOLOGIA ECONÔMICA DO DISTRITO CUPRÍFERO DO RIO CURAÇÁ

BAHIA BRASIL

TEXTO

VOLUME I - A

I-96

CPRM

SUREMI
SEDOTE

ARQUIVO TÉCNICO
Relatório n.º 459 - 3
N.º de Volumes: 30 v.: 1A
OSTENSIVO

PHH - 010759

Inácio de Medeiros Delgado

João Dalton de Souza

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

DIRETORIA DE OPERAÇÕES

AGÊNCIA SALVADOR

1975

PROJETO COBRE - CURAÇÁ

RELATÓRIO FINAL

ÍNDICE DOS VOLUMES

VOL.	I - A	TEXTO	GEOLOGIA ECONÔMICA DO DISTRITO CUPRÍFERO DO RIO CURAÇÁ
VOL.	I - B	ANEXO	MAPAS
VOL.	II - A	TEXTO	GEOLOGIA DO DISTRITO CUPRÍFERO DO RIO CURAÇÁ
VOL.	II - B	ANEXO	MAPAS DE PONTOS E CAMINHAMENTO E MAPAS GEOLÓGICOS
VOL.	II - C	ANEXO	FICHAS DE DESCRIÇÃO DE AFLORAMENTOS
VOL.	II - D	ANEXO	FICHAS DE DESCRIÇÃO DE AFLORAMENTOS
VOL.	II - E	ANEXO	FICHAS DE DESCRIÇÃO DE AFLORAMENTOS
VOL	II - F	ANEXO	FICHAS DE DESCRIÇÃO DE AFLORAMENTOS
VOL	II - G	ANEXO	FICHAS DE DESCRIÇÃO DE AFLORAMENTOS
VOL	II - H	ANEXO	FICHAS DE DESCRIÇÃO DE AFLORAMENTOS
VOL	II - I	ANEXO	FICHAS DE ANÁL. PETROGRÁFICAS E BOLETINS DE ANÁL QUÍMICAS
VOL	III	TEXTO	NOTA EXPLICATIVA DAS FOLHAS GEOLÓGICAS 15'x 15'
VOL	IV - A	TEXTO	METODOLOGIA E SISTEMÁTICA DE PROSPECÇÃO
VOL	IV - B	ANEXO	PLANTAS E PERFIS
VOL	V - A	TEXTO	PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE CORRENTE
VOL	V - B	ANEXO	MAPAS GEOQUÍMICOS
VOL	VI - A	TEXTO	PESQUISA COMPLEMENTAR DE ALGUMAS ÁREAS MINERALIZADAS
VOL	VI - B	ANEXO	PLANTAS E PERFIS
VOL	VII - A	TEXTO	PROSPECÇÃO DOS ALVOS
VOL	VII - B	ANEXO	PLANTAS E PERFIS
VOL.	VII - C	ANEXO	PLANTAS E PERFIS
VOL	VII - D	ANEXO	PLANTAS E PERFIS
VOL.	VII - E	ANEXO	PLANTAS E PERFIS
VOL	VII - F	ANEXO	CADERNETAS DE GEOFÍSICA E BOLETINS DE ANÁLISES QUÍMICAS
VOL	VIII - A	TEXTO	DEPÓSITOS DE COBRE DE L. DA MINA E C. VELHO - FAZ ANGICO
VOL	VIII - B	ANEXO	PLANTAS E PERFIS
VOL	VIII - C	ANEXO	PERFIL COMPOSTO DE SONDAGEM
VOL	IX - A	TEXTO	DEPÓSITO DE COBRE DE PIRULITO - FAZ. SERTÃOZINHO
VOL	IX - B	ANEXO	PLANTAS E PERFIS
VOL	IX - C	ANEXO	PERFIL COMPOSTO DE SONDAGEM

CPRM

A P R E S E N T A Ç Ã O

CPRM

O Projeto Cobre do Vale do Curaçá, executado sob os auspícios do DNPM, objetivou a pesquisa geológica do distrito mineralizado em cobre, situado no norte do Estado da Bahia.

A crescente demanda da importação de cobre no País, motivou a criação deste projeto para os estudos da área do vale do Curaçá onde pesquisas anteriores de âmbito regional, executadas também sob os auspícios do DNPM, revelaram a ocorrência de inúmeros corpos máficos-ultramáficos com indícios de mineralizações cupríferas. A existência, nesta área, do conhecido corpo de Caraíba, descoberto no fim do século passado, ressaltava a potencialidade do Distrito Cuprífero do Vale do Curaçá.

Iniciado o projeto, em 1965, logo após a promulgação do Decreto Lei nº 55.837 que constitui o "Plano Mestre Decenal para Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil", este projeto visava a pesquisa de um bem mineral de mais alto sentido estratégico e relevância para o interesse nacional, na área mais prospectiva do País.

Os primeiros trabalhos foram realizados pela GEOSOL, empresa contratada pelo DNPM que em julho de 1969 apresentava a este órgão um relatório consubstancioso sobre as pesquisas empreendidas, com parecer favorável a continuação dos trabalhos. Estes foram desenvolvidos, na época, diretamente pelo DNPM, até julho de 1970, quando passaram à direção da CPRM.

Conduzido por uma jovem equipe técnica, recém-saída da Universidade, compreende-se a razão das dificuldades defrontadas, inicialmente, para o encaminhamento das diversas atividades especializadas como geoquímica, geofísica e sondagem. É natural, portanto, que de princípio o progresso tenha sido lento, refletindo-se na produtividade da equipe, imbuida da preocupação profissional de levar a pesquisa adiante, sem comprometer o seu nível técnico.

Com este espírito a pesquisa foi realizada, sem nenhuma outra orientação técnica que não fosse a cultivada pela equipe do projeto, apoiada nos trabalhos anteriormente executados pela GEOSOL.

Ao final dos trabalhos, consubstanciados em nove volumes de texto acompanhados de 21 volumes de anexos, sumarizados neste volume I, espera-se ter atingido os objetivos do projeto, tão bem preconizados pelo DNPM.

Desenvolveu-se pesquisas de metodologias, com testes de vários métodos geofísicos (elétricos, magnéticos, eletromagnéticos e gravimétricos); aprimorou-se a utilização dos métodos geoquímicos (de sedimentos de corrente e solo); concluiu-se o levantamento geológico de todo o distrito cuprífero na escala 1:25.000 que constitui, ao nosso ver, uma fundamental contribuição a regionalização da pesquisa detalhada; estudou-se detalhadamente dois depósitos de cobre (Lagoa da Mina e Cerca do Velho) elaborando-se o cálculo das suas reservas; descobriu-se mais dois depósitos cupríferos (Pirulito e Santa Fé) tendo-se executado o cálculo da reserva de cobre do primeiro e estimada a do segundo; selecionou-se uma série de áreas-alvos com indícios de mineralizações de cobre e com anomalias geofísicas e/ou geoquímicas a serem testadas por sondagem prospectivas; definiu-se controles geológicos regionais e locais das mineralizações de cobre, emitiu-se parecer sobre a potencialidade dos diversos tipos de ocorrências cupríferas distribuídas pelo distrito mineralizado e sugeriu-se um programa de pesquisa dividido em três etapas, apoiado nos elementos originados da pesquisa do projeto.

Afora esses resultados, o Projeto Cobre contribuiu para a formação técnica especializada de vários profissionais em geologia que participaram de seus trabalhos de pesquisas e constituiu, nos moldes como foi conduzido, o programa de pesquisa mineral integrado, desenvolvido neste País, onde a exploração mineral foi cultivada mais proficuamente.

CPRM

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

RESUMO

1. INTRODUÇÃO 1
   1.1. Histórico 2
   1.2. Objetivos do projeto 9
   1.3. Localização e acesso 10
   1.4. Técnicos vinculados ao programa 12
   1.5. Distribuição das matérias do relatório 16
2. ASPECTOS GEOGRÁFICOS E GEOMORFOLÓGICOS DO VALE DO CURAÇÁ 19
   2.1. Aspectos fisiográficos 20
      2.1.1. Clima 20
      2.1.2. Vegetação 20
      2.1.3. Hidrografia 22
   2.2. Aspectos geomorfológicos 23
   2.3. Aspectos sócio-econômicos 25
3. TRABALHOS ANTERIORES 28
4. METODOLOGIA DA PESQUISA 45
   4.1. Mapeamento geológico 46
   4.2. Geoquímica 50
      4.2.1. Geoquímica de sedimentos de corrente 50
         4.2.1.1. Os testes realizados 51
         4.2.1.2. Sumário dos resultados 52
      4.2.2. Geoquímica de solo residual 56
         4.2.2.1. Perfil pedológico 59
         4.2.2.2. Estudo orientativo no corpo de Pirulito 62
            4.2.2.2.1. Amostragem de rotina e técnicas analíticas. 62

4.2.2.2.2. Técnicas estatísticas utilizadas 64
4.2.2.2.3. Ambiente geoquímico em termos de pH e Eh ... 65
4.2.2.2.4. Distribuição dos metais no solo residual.. 66
4.2.2.3. Sumário dos resultados 71
4.3. Geofísica 79
4.3.1. Polarização induzida 79
4.3.1.1. Instrumentação e técnica operacional 80
4.3.1.2. Elementos usados na interpretação 83
4.3.1.3. Limitações e produção 85
4.3.1.4. Sumário dos resultados 85
4.3.2. Magnetometria 86
4.3.2.1. Instrumentação e técnica operacional 87
4.3.2.2. Elementos usados na interpretação 87
4.3.2.3. Limitações e produção 93
4.3.2.4. Sumário dos resultados 94
4.3.3. Gravimetria 95
4.3.3.1. Instrumentação e técnica operacional 95
4.3.3.2. Elementos usados na interpretação 98
4.3.3.3. Limitações e produção 99
4.3.3.4. Sumário dos resultados 101
4.3.4. AFMAG..... 102
4.3.4.1. Instrumentação e técnica operacional 102

4.3.4.2. Elementos usados na interpretação. 102
4.3.4.3. Limitações e produção 104
4.3.4.4. Sumário dos resultados 105
4.4. Trincheiras e poços de pesquisa 105
4.5. Sondagem 106
4.6. Testemunhos de sondagem 108
4.7. Análises químicas 109
4.8. Cálculo das densidades 112
4.9. Cálculo das reservas 114
4.10. Sistemática de prospecção 118
4.11. Dados físicos de produção 122
5. GEOLOGIA REGIONAL 126
6. SÍNTESE DA GEOLOGIA DO DISTRITO CUPRÍFERO DO RIO CURAÇÁ 133
6.1. Estratigrafia e petrografia 134
6.1.1. Grupo Caraíba 135
6.1.1.1. Fundamentos da subdivisão estratigráfica 135
6.1.1.2. Sequência Rio Curaçá 142
6.1.1.2.1. Unidade Poço de Fora. 143
6.1.1.2.2. Unidade Serra da Barriguda 145
6.1.1.2.3. Unidade Mari 146
6.1.1.2.4. Unidade Arapuá 147
6.1.1.2.5. Unidade Cachoeira ... 148
6.1.1.3. Sequência Tanque Novo 149
6.1.1.3.1. Unidade Bom Despacho. 151
6.1.1.3.2. Unidade Banguê 153
6.1.1.3.3. Unidade Bogó 154
6.1.1.3.4. Unidade Pedreiras ... 155
6.1.1.4. Principais litologias individua

lizadas dentro das Sequências Rio Curaçá e Tanque Novo 155
6.1.1.4.1. As rochas calco-silicatadas 155
6.1.1.4.2. Os quartzitos ferríferos 157
6.1.1.4.3. As rochas máficas-ultramáficas 158
6.1.1.5. Rochas granitóides, metassomatitos e diaftoritos associados ... 168
6.1.1.5.1. Sienito gnáissico Poço de Fora-Itiúba ... 168
6.1.1.5.2. Gnaisses porfiroblásticos 169
6.1.1.5.3. Granitos diversos ... 169
6.1.1.5.4. Unidade Capivara 171
6.1.2. Diques básicos 171
6.1.3. Grupo Canudos 172
6.1.3.1. Unidade Vermelhos 173
6.1.3.2. Unidade Veneza 175
6.1.4. Diques de quartzo 176
6.1.5. Sedimentos recentes 176
6.2. Geologia estrutural 177
6.2.1. A estrutura do Grupo Caraíba 177
6.2.2. A estrutura do Grupo Canudos 181
7. PESQUISA DO DISTRITO CUPRÍFERO DO RIO CURAÇÁ 183
7.1. Prospecção geoquímica de sedimentos de corrente. 184
7.1.1. Especificações técnicas 186
7.1.2. Cálculos estatísticos do "background" e "threshold" 187
7.1.3. Critérios utilizados para a interpretação dos dados 192

7.1.4. Apresentação dos resultados 193
7.2. Pesquisa detalhada de áreas selecionadas 194
7.2.1. Pesquisa das ocorrências cupríferas 196
7.2.2. Pesquisa dos Alvos "S" 213
7.2.3. Pesquisa dos Alvos "L" 235
7.3. Pesquisa dos depósitos de cobre 250
7.3.1. Descrição sumária dos depósitos 251
7.3.1.1. Depósitos de Caraíba e Baraúna--Imburana (Jazimento de Caraíba) 251
7.3.1.2. Depósito de Surubim 255
7.3.1.3. Depósito de Lagoa da Mina 257
7.3.1.4. Depósito de Cercado Velho 264
7.3.1.5. Depósito de Pirulito 270
7.3.1.6. Depósito de Santa Fé 276
7.3.2. Mineralizações 277
7.3.2.1. Aspectos macroscópicos 277
7.3.2.2. Aspectos microscópicos 280
7.3.2.3. Quimismo 281
7.3.2.4. Considerações comparativas sobre os aspectos químicos-mineralógicos dos depósitos cupríferos do vale do Curaçá 288
7.3.3. Reservas do minério de cobre 290
7.3.3.1. Minério de cobre oxidado 290
7.3.3.2. Minério de cobre sulfetado 292
7.3.3.3. Subprodutos 298
8. METALOGÊNESE 301
8.1. Origem das rochas máficas-ultramáficas 302
8.2. Eventos geológicos e metalogênicos 314
8.3. Tipos genéticos das mineralizações 314
8.4. Controle das mineralizações 321
8.4.1. Controle determinante-litológico 321

8.4.2. Controle regional-subestratigráfico 323
8.4.3. Controles locais 324
8.5. Agrupamento hierárquico das unidades espaciais metalogênicas 326
9. ASPECTOS DA ECONOMIA MINERAL DO COBRE 329
9.1. Introdução 330
9.2. Situação internacional 332
9.3. Situação nacional 340
9.4. Conclusões 350
10. CONSIDERAÇÕES SOBRE O APROVEITAMENTO DOS DEPÓSITOS DE COBRE 355
10.1. Análise das dimensões em relação ao conjunto dos jazimentos do mundo 356
10.2. Análise das dimensões em relação ao tipo de jazimento 361
10.3. Considerações finais 362
11. PLANO INTEGRADO DE PESQUISA PARA O VALE DO CURAÇÁ ... 364
12. CONCLUSÕES E SUGESTÕES 375
13. BIBLIOGRAFIA 389

CPRM

LISTA DE TABELAS

Tabela I - Relação das manchas de rochas máficas-ultramáficas do vale do Curaçá prospectadas pela GEOSOL, por geoquímica em solo residual, e áreas nas quais aquela empresa realizou levantamento geoquímico experimental em sedimentos fluviais..... 3

Tabela II - Áreas do vale do Curaçá onde os trabalhos de prospecção desenvolvidos pela GEOSOL revelaram mineralização cuprífera, incluindo áreas importantes e não importantes..... 4

Tabela III - Relação das áreas pesquisadas diretamente pelo DNPM e respectiva quantificação dos serviços de campo executados no período de abril de 1968 a junho de 1970... 6

Tabela IV - Relação das áreas pesquisadas pela CPRM e respectiva quantificação dos serviços de campo executados no período de julho de 1970 a setembro de 1973..... 8

Tabela V - Concentrações de cobre e níquel em sedimentos de corrente na ocorrência de Murcho..... 54

Tabela VI - Sumário (parcial) das estatísticas para as populações do Alvo-Teste segundo os quatro níveis testados..... 70

Tabela VII - Sumário da regressão linear múltipla sequencial para o Alvo-Teste..... 72

Tabela VIII - Quadro da susceptibilidade magnética de diferentes tipos litológicos do vale do Curaçá..... 90

Tabela IX - Grupos de diferentes susceptibilidades magnéticas encontradas para os tipos litológicos do vale do Curaçá..... 91
Tabela X - Produção média dos trabalhos de magnetometria no vale do Curaçá..... 94
Tabela XI - Produção média dos trabalhos de gravimetria na área da fazenda Angico..... 101
Tabela XII - Relação das densidades, determinadas em laboratório, de amostras de testemunhos de sondagem..... 113
Tabela XIII - Densidades médias de rochas félsicas, máficas e ultramáficas, determinadas em laboratório, de amostras de testemunhos de sondagem..... 113
Tabela XIV - Dados físicos de produção do Projeto Cobre distribuídos de acordo com as fases de execução direta dos serviços pela GEOSOL, DNPM e CPRM..... 123
Tabela XV - Valores de "background" e "threshold", calculados estatisticamente, nas diversas populações geoquímicas dos sedimentos de corrente..... 188
Tabela XVI - Localização dos Alvos prospectados em relação as bases planimétricas e aos marcos de cimento que constituem os pontos de amarração..... 195
Tabela XVII - Sondagens executadas pelo DNPM na ocorrência cuprífera de Arapuá..... 198
Tabela XVIII - Teores médio de cobre nas trincheiras de Paredão..... 207
Tabela XIX - Análise espectrográfica semi - quantitativa de amostras de testemunhos de sonda

gem do corpo de Cercado Velho..... 282
Tabela XX - Análise espectrográfica semi-quantitativa de amostras de testemunhos de sondagem do corpo de Lagoa da Mina..... 282
Tabela XXI - Análise espectrográfica semi-quantitativa de amostras de testemunhos de sondagem do corpo de Pirulito..... 283
Tabela XXII - Correlação dos teores de ouro e cobre determinados em amostras de testemunhos de sondagem dos corpos de Lagoa da Mina e Cercado Velho..... 285
Tabela XXIII - Reservas inferidas de minério de cobre oxidado do Distrito Cuprífero do Rio Curaçá, com base nos trabalhos de pesquisa do Projeto Cobre..... 291
Tabela XXIV - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado da jazida de Caraíba..... 293
Tabela XXV - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado do depósito de Baraúna-Imburana..... 293
Tabela XXVI - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado do depósito de Lagoa da Mina.. 293
Tabela XXVII - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado do depósito de Cercado Velho... 293
Tabela XXVIII - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado do depósito de Pirulito..... 293
Tabela XXIX - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado do depósito de Surubim, calculada para um teor de corte de 0,45% Cu... 294
Tabela XXX - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado dos principais depósitos atual

mente conhecidos no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá, para um teor de corte de aproximadamente 0,60% Cu..... 296

Tabela XXXI - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado dos principais depósitos atualmente conhecidos no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá, para um teor de corte de aproximadamente 0,40% Cu..... 296

Tabela XXXII - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado dos principais depósitos atualmente conhecidos no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá, para um teor de corte de aproximadamente 0,20% Cu..... 296

Tabela XXXIII - Percentual de contribuição das reservas de minério de cobre sulfetado de cada um dos principais depósitos em relação a reserva global do vale do Curaçá, atualmente conhecida..... 297

Tabela XXXIV - Conteúdo de ouro, supostamente inferido, para as reservas de minério de cobre sulfetado dos principais depósitos atualmente conhecidos no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá, para um teor de corte de aproximadamente 0,40% Cu..... 299

Tabela XXXV - Distribuição geoquímica de elementos traços em anfibolitos do vale do Curaçá..... 305

Tabela XXXVI - Distribuição geoquímica de elementos traços em gabros e noritos do vale do Curaçá..... 309

Tabela XXXVII - Distribuição geoquímica de elementos traços em piroxenitos, peridotitos e serpen

tinitos do vale do Curaçá..... 309
Tabela XXXVIII - Comparação das médias geoquímicas de elementos traços das rochas ultramáficas e máficas com rochas do vale do Curaçá.... 311
Tabela XXXIX - Principais eventos geológicos e metalogênicos do Pré-Cambriano do vale do Curaçá..... 315
Tabela XL - Relação das unidades espaciais metalogênicas definidas para o Distrito Cuprífero do Rio Curaçá..... 327
Tabela XLI - Importações e exportações mundiais de bens minerais (1968)..... 333
Tabela XLII - Investimentos na indústria de minerais metálicos..... 334
Tabela XLIII - Projetos programados para os metais não ferrosos para o período 1973-1976..... 335
Tabela XLIV - Reservas identificadas e hipotéticas de cobre..... 336
Tabela XLV - Principais países produtores, importadores, exportadores e consumidores de cobre..... 338
Tabela XLVI - Consumo do cobre estimado por setores.... 341
Tabela XLVII - Consumos"per capita"mundiais de cobre (kg/hab)..... 342
Tabela XLVIII - Consumos aparentes mundiais de cobre.... 343
Tabela XLIX - Produção nacional de cobre..... 344
Tabela L - Importação (-) e exportação(+)de cobre.. 344
Tabela LI - Reservas nacionais de cobre..... 345
Tabela LII - Projeção da demanda nacional de cobre... 346
Tabela LIII - Número de pedidos de pesquisa para cobre..... 347

Tabela LIV - Número de alvarás de pesquisa para cobre..... 347
Tabela LV - Número de alvarás de renovação para cobre..... 347
Tabela LVI - Área dos alvarás para cobre..... 348
Tabela LVII - Titulares dos alvarás para cobre..... 348
Tabela LVIII - Balanceamento de oferta e demanda, incluindo iniciativas previstas e projetos condicionais propostos para cobre..... 352
Tabela LIX - Projeção da oferta de cobre primário, por projetos..... 352
Tabela LX - Investimentos necessários no período 1974-1983 - Projetos previstos e condicionais..... 352
Tabela LXI - Classes de dimensões médias dos campos mineralizados inventariados no mundo.... 356
Tabela LXII - Classes de dimensões médias dos corpos mineralizados inventariados no mundo.... 357
Tabela LXIII - Classificação das dimensões dos campos mineralizados do vale do Curaçá, ao nível de conhecimento atual..... 357
Tabela LXIV - Classificação das dimensões dos corpos mineralizados do vale do Curaçá, ao nível de conhecimento atual..... 358

LISTA DE FIGURAS

Figura - 1 - Mapa de localização da área do Projeto Cobre. 11
Figura - 2 - Localização, código e noma das folhas mapeadas. 47
Figura - 3 - Representação gráfica dos valores de cobre total dosados em amostras arenosas de sedimentos de corrente, coletadas próximo a superfície, na área da ocorrência cuprífera de Paredão (seg. Ladeira et alii,1969).... 53
Figura - 4 - Representação gráfica dos valores de cobre total dosados em amostras argilosas de sedimentos de corrente, na área da ocorrência cuprífera de Paredão (seg. Ladeira et alii, 1969) 53
Figura - 5 - Representação gráfica dos valores de cobre total dosados em amostras argilosas de sedimentos de corrente, na área da ocorrência cuprífera de Murcho 53
Figura - 6 - Representação gráfica dos valores de cobre solúvel, dosados em amostras argilosas de sedimentos de corrente na área da ocorrência cuprífera de Murcho. 53
Figura - 7 - Perfis geoquímicos verticais desenvolvidos sobre os solos derivados das rochas máficas-ultramáficas da área-teste de Pirulito. 61
Figura - 8 - Mapa de distribuição geoquímica de cobre no horizonte C do solo residual da área teste de Pirulito 68
Figura - 9 - Perfis geoquímicos de cobre, cromo, níquel

e cobalto nos diferentes horizontes pedológicos (Perfil B-B_1). 69
Figura - 10 - Ilustração do dispositivo do arranjo polo--dipolo 81
Figura - 11 - Esquema de plotação dos dados do arranjo polo-dipolo utilizado pelo Projeto Cobre.. 82
Figura - 12 - Ilustração do dispositivo do arranjo dipolo-dipolo. 82
Figura - 13 - Esquema de plotação dos dados do arranjo dipolo-dipolo utilizado pelo Projeto Cobre. 82
Figura - 14 - Perfis experimentais de IP com arranjo dipolo-dipolo no corpo de Surubim (A) e com o arranjo polo-dipolo no corpo de Lagoa da Mina (B). 84
Figura - 15 - Anomalia magnética padrão de intensidade total, na proximidade do equador magnético, para um modelo teórico de uma esfera.. 87
Figura - 16 - Histograma de frequência para os valores de susceptibilidade magnética determinados em diversos tipos litológicos comuns ao vale do Curaçá 92
Figura - 17 - Polígono de fechamento das unidades gravimétricas na área da fazenda Angico 96
Figura - 18 - Mapa de fechamento, ajustamento e distribuição de erros de gravimetria para a área teste de Lagoa da Mina (Pontos de 1ª ordem) 97
Figura - 19 - Mapa de fechamento, ajustamento e distribuição de erros de altimetria para a área teste de Lagoa da Mina (Pontos de 1ª ordem) 97
Figura - 20 - Ilustração de uma anomalia gravimétrica positiva relacionada a um corpo esférico. .. 98

Figura - 21 - Modelo gravimétrico do corpo de Lagoa da Mina 100
Figura - 22 - Ilustração referente a um "crossover" sobre um corpo condutor de postura vertical. 103
Figura - 23 - "Crossovers" típicos obtidos em perfis realizados sobre a área do Alvo S-1,com AFMAG. 104
Figura - 24 - Ilustração da ficha, utilizada pelo Projeto Cobre, para relação das amostras de testemunhos analisadas para cobre. 110
Figura - 25 - Ilustração do perfil composto de sondagem, utilizado pelo Projeto Cobre, que reune todos os dados de campo e de laboratório de um determinado furo 110
Figura - 26 - Dados físicos de produção do Projeto Cobre e grau de participação da GEOSOL, DNPM e CPRM na execução direta dos serviços de pesquisa. 124
Figura - 27 - Coluna lito-estratigráfica do Distrito Cuprífero do Rio Curaçá. 138
Figura - 28 - Correspondência entre as formações litológicas dos Grupos Rio Curaçá e Tanque Novo, de Ladeira et Brockes Jr. (1969), e as unidades litológicas da nova subdivisão estratigráfica. 139
Figura - 29 - Seção geológica serra de João Domingos-Pinhões-Poço de Fora-serrote do Souza. 141
Figura - 30 - Localização das folhas geológicas com indicação das áreas prospectadas com geoquímica de sedimentos de corrente. 185
Figura - 31 - Histograma e gráfico de frequência acumulativa para cobre total em sedimentos de cor

rente caracterizando uma distribuição log-normal da população geoquímica da Unidade Mari. 190

Figura - 32- Histograma e gráfico de frequência acumulativa para cobre total em sedimentos de corrente caracterizando uma distribuição normal da população geoquímica da Unidade Bom Despacho e uma curva típica da mistura de duas populações ("anômala" e de"background")191

Figura - 33 - Esboço geológico da ocorrência cuprífera de Arapuá com localização das obras de pesquisas. 197

Figura - 34 - Mapa de isoteores de cobre da ocorrência cuprífera de Chico Ferreira com base em amostragem de canal 200

Figura - 35 - Mapa geológico da ocorrência cuprífera de Chico Ferreira. 201

Figura - 36 - Mapa geológico da ocorrência cuprífera de Mina Velha do Buião 203

Figura - 37 - Mapa geológico de parte da ocorrência cuprífera de Paredão e distribuição dos teores de amostras de canal das trincheiras.. 206

Figura - 38 - Mapa geológico da ocorrência cuprífera de Senhor de Lisboa. 209

Figura - 39 - Mapa de distribuição geoquímica para cobre na ocorrência cuprífera de Murcho. 211

Figura - 40 - Mapa geológico da ocorrência cuprífera de Murcho. 212

Figura - 41 - Mapas de contorno das anomalias de IP (A), geológico (B) e de perfis de AFMAG (C) do Alvo S-1. 214

Figura - 42 - Mapa dos dados de prospecção (A) e contornos de fator de condução metálica (MCF) em planta (B) e em perfil (C) da área do detalhe sul do Alvo S-1. 216
Figura - 43 - Esboço geológico (A) e distribuição geoquímica para cobre (B) do Alvo S-2. 218
Figura - 44 - Mapa de distribuição geoquímica para cobre da área de detalhe do Alvo S-2. 219
Figura - 45 - Mapa geológico da área de detalhe do Alvo S-2. 220
Figura - 46 - Distribuição geoquímica para cobre na área de detalhe do Alvo S-7. 222
Figura - 47 - Mapa de integração dos dados de prospecção (A), geoquímica (B) e intensidade magnética total (C) do Alvo S-12 (Santa Fé)..... 225
Figura - 48 - Mapa de integração dos dados de prospecção do Alvo S-29 (Suçuarana). 228
Figura - 49 - Distribuição geoquímica para cobre do Alvo S-40. 230
Figura - 50 - Mapa geológico do Alvo S-40. 231
Figura - 51 - Mapa de distribuição geoquímica para cobre do Alvo S-41. 233
Figura - 52 - Mapa de intensidade magnética total com interpretação qualitativa do Alvo S-41. 234
Figura - 53 - Mapa geológico do Alvo L-1. 237
Figura - 54 - Pesquisa de detalhe da ocorrência cuprífera de Cupim (Alvo L-1), incluindo prospecção geoquímica (A), mapeamento geológico (B) e polarização induzida (C). 239
Figura - 55 - Mapa de distribuição geoquímica para cobre do Alvo L-2 (áreas de detalhe). 241

Figura - 56 - Mapa geológico do Alvo L-2 (Campo mineralizado de Sertãozinho). 242
Figura - 57 - Mapa de distribuição geoquímica para cobre do Alvo L-3. 245
Figura - 58 - Mapa de distribuição geoquímica para cobre da área de detalhe do Alvo L-3. 246
Figura - 59 - Mapa de distribuição geoquímica para cobre do Alvo L-5. 248
Figura - 60 - Mapa geológico do Alvo L-5. 249
Figura - 61 - Ilustração do esboço geológico do jazimento de Caraíba. 253
Figura - 62 - Seção vertical mostrando o contorno hipotético dos corpos de minério no depósito de Surubim, com base nos furos executados pelo DNPM. 256
Figura - 63 - Mapa geológico do corpo de Lagoa da Mina, confeccionado com base na interpretação dos perfis de sondagem e com apoio em dados de superfície. 258
Figura - 64 - Contorno hipotético dos corpos de minério de Lagoa da Mina, em seção horizontal correspondente ao nível de 380m, confeccionado com base nos perfis de sondagem. 259
Figura - 65 - Depósito de Lagoa da Mina. Contorno hipotético dos corpos de minério no Perfil G.... 261
Figura - 66 - Depósito de Lagoa da Mina. Perfil Geológico G. 262
Figura - 67 - Mapa geológico do corpo de Cercado Velho, confeccionado com base na interpretação dos perfis de sondagem e com apoio dos dados de campo..... 266

Figura - 68 - Depósito de Cercado Velho. Contorno hipotético dos corpos de minério no Perfil V.... 268
Figura - 69 - Depósito de Cercado Velho. Perfil Geológico V..... 269
Figura - 70 - Mapa geológico do corpo de Pirulito confeccionado com base na interpretação dos perfis de sondagem e com apoio de dados de superfície..... 271
Figura - 71 - Depósito de Pirulito. Contorno hipotético dos corpos de minério no Perfil P..... 274
Figura - 72 - Depósito de Pirulito. Perfil Geológico P.. 275
Figura - 73 - Correlação entre os teores quantitativos de Cu e Au, analisados por absorção atômica, em amostras de testemunhos de sondagem dos depósitos de Lagoa da Mina e Cercado Velho..... 286
Figura - 74 - Situação dos campos cupríferos do vale do Curaçá, representados por sua tonelagem-metal e seu teor, em relação ao conjunto dos campos cupríferos inventariados por Pélissonnier (1970)..... 359
Figura - 75 - Situação dos corpos cupríferos do vale do Curaçá, representados por sua tonelagem-metal e seu teor, em relação ao conjunto dos corpos cupríferos inventariados por Pélissonnier (1970)..... 360
Figura - 76 - Modelo teórico proposto para prospecção de cobre no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá. 373

CPRM

R E S U M O.

Foram identificados no vale do Curaçá dois grupos de natureza litológica-estrutural-tectônica própria e de idades diferentes: Grupos Caraíba e Canudos. O Grupo Caraíba (Pré-Cambriano Inferior ?) é constituído de três sequências lito-estratigráficas. A Sequência Rio Curaçá (basal), é caracterizada por rochas metamórficas predominantemente do fácies do granulito e transicional anfibolito-granulito, intensamente granitizadas, onde destacam-se gnaisses charnockíticos, granulitos diversos, migmatitos granuliticos, biotita gnaisses migmatíticos, etc.

A Sequência Tanque Novo recobre concordantemente a Sequência Rio Curaçá com a qual mantém contatos transicionais e indefinidos no campo. Compõe-se por rochas predominantemente do fácies do anfibolito com transição para o fácies do granulito na parte basal. É menos energicamente afetada pela granitização que as vezes é apenas incipiente na parte superior da sequência. É composta de três unidades lito-estratigráficas distintas:Unidade Bom Despacho (inferior), caracterizada por paragnaisses normalmente granatíferos, kinzigitos, bancos de quartzitos e níveis abundantes de rochas calco-silicatadas, anfibolitos e quartzitos ferríferos; Unidade Banguê (intermediária), caracterizada dominantemente por gnaisses bandeados quartzo-feldspáticos e anfibolitos e a Unidade Bogó (superior), a mais característica pela predominância de quartzo-feldspato-granada gnaisses e quartzitos recristalizados com níveis subordinados de rochas calco-silicatadas e quartzitos ferríferos.

As rochas granitóides e metassomatitos são bem representadas pelo sienito gnáissico, intrusivo, Poço de Fora-Itiúba, pelos gnaisses porfiroblásticos metassomáticos e pelos granitos de anatexia. Os diaftoritos estão condicionados às zonas de falhas.

A estrutura geral do Grupo Caraíba, na área, é de um braquianticlinório onde a Sequência Rio Curaçá ocupa a zona axial e a Sequência Tanque Novo distribui-se perifericamente. As falhas mais antigas, mapeadas, são de rasgamento e dispõem-se segundo as direções N-S e WNW-ESE. As falhas de tensão, mais recentes,são normais, com pequeno rejeito horizontal aparente, com direções NE-SW, ENE-NSW, E-W, WNW-ESE e NW-SE. Diques de diabásio e/ou gabro ofítico grosseiro intrometem-se nas falhas de tensão, principalmente nas de direção NE-SW.

O Grupo Canudos constitui-se de metassedimentos de baixo grau de metamorfismo (fácies do xisto verde) repousando discordantemente sobre o Grupo Caraíba e é composto, na área, de calcários, sempre na base, que gradam a calcoxistos e culminam em micaxistos no topo, estruturando uma suave bacia sinclinal, ao norte da área do projeto.

Os corpos máficos-ultramáficos, aos quais associam-se as mineralizações de cobre, são de constituição variada, sendo classificados em quatro categorias,em função da predominância de litologias: corpos serpentiníticos, corpos anfibolíticos, corpos norítico-piroxeníticos e corpos gábrico-dioríticos. Apresentam, em geral, uma forma lenticular alongada ou tabular, com extensão variando até 5 quilômetros e espessura variando até o máximo de 300 m, encaixando-se concordantemente nas rochas das Sequências Rio Curaçá e Tanque Novo.

Os corpos serpentiníticos não são mineralizados em cobre embora mostrem valores relativamente elevados de cromo e níquel, compatíveis com a sua natureza ultrabásica e com uma possível origem magmática.

Os corpos anfibolíticos ocorrem, principalmente, na Sequência Tanque Novo e são de origem metassedimentar. Apresentam, às vezes, fraca disseminação de sulfetos (pirita e calcopirita) de origem singenética. Associam-se, no campo, às rochas calco-silicatadas que, eventualmente, mostram também fraca disseminação de sulfetos (pirita, calcopirita) e grafite. Estas mineralizações não são econômicas.

Os corpos gábrico-dioríticos e norítico-piroxeníticos são de origem duvidosa, embora apresentem características petrográficas e notadamente químicas mais compatíveis com uma origem vulcânica básica. Os corpos norítico-piroxeníticos são os que apresentam maiores concentrações de sulfetos de cobre e ferro e formam os depósitos cupríferos do vale do Curaçá. Os corpos gábrico-dioríticos mostram, eventualmente, fraca disseminação de sulfetos mas normalmente não constituem corpos mineralizados.

A mineralização de sulfetos é composta dos seguintes minerais,listados em ordem decrescente de abundância nos corpos de minério: calcopirita, pirita, bornita, pirrotita e calcocita; sendo este último observado apenas no corpo de Surubim constituindo um sulfeto de origem supergênica. Apresenta-se,normalmente, disseminada sendo comum a ocorrência de microlentes e vênulas de sulfetos preenchendo juntas, fissuras e acompanhando os planos de foliação das rochas hospedeiras. Sob forma maciça, pode ocorrer na rocha piroxenítica (hiperstenito) ou nas zonas fraturadas e alteradas hidrotermalmente.

Os corpos de minério, em seções verticais e horizontais, apresentam formas tabular e/ou lenticular. Em certos depósitos podem mostrar formas mais irregulares ("amas") resultantes da remobilização dos sulfetos. A variação dos teores de cobre, dentro dos corpos de minério, é notável, resultando também das remobilizações da mineralização.

Os controles locais da mineralização de cobre são: a natureza da rocha máfica-ultramáfica (maior concentração nos hiperstenitos e melanoritos, disseminação regular nos noritos e disseminação subordinada nos dioritos); a estrutura metamórfica das rochas hospedeiras (maior concentração nas rochas isótropas do que nos seus equivalentes foliados); a granitização (concentração de sulfetos na periferia das partes mais granitizadas ou nas segregações máficas-ultramáficas e dispersão dos sulfetos, notadamente pirita, nas partes intensamente granitizadas); dobramento (concentração de mineralização nos eixos de dobras isoclinais apertadas e nas terminações periclinais crenuladas); hidrotermalismo e metassomatismo (concentrações de sulfetos em zonas alteradas hidrotermalmente e metassomaticamente,como as rochas biotitíticas e equivalentes, e concentrações de sulfetos em zonas fraturadas, associadas a mobilizados hidrotermais).

Os corpos norítico-piroxeníticos com altas concentrações de sulfetos ocorrem,unicamente, na Sequência Rio Curaçá e guardam na sua distribuição espacial, pelo distrito, distância regular das rochas calco-silicatadas e quartzitos ferríferos que constituem a base da Sequência Tanque Novo. Este fato geológico tem sido interpretado pelos autores como um controle regional subestratigráfico da mineralização cuprífera,baseado no qual está sendo proposto uma série de áreas potenciais para prospecção.

Inúmeras pequenas ocorrências de oxidados de cobre distribuem-se no Distrito do Vale do Curaçá, apresentando, em geral, reserva insignificante,inferior a 1.000 toneladas de cobre metálico.Estas ocorrências resultaram da oxidação de pequenos corpos de minério sulfetados formados pela remobilização de uma mineralização de cobre de baixo teor e reconcentração em zonas de falha. Estas concentrações, às vezes, se verificam nas zonas fraturadas, brechificadas e cisalhadas de rochas ácidas, além do domínio das rochas máficas-ultramáficas fontes da mineralização primária do cobre.

A reserva estimada de minério de cobre oxidado do distrito,incluindo os corpos mineralizados e as ocorrências conhecidas contém, aproximadamente, 60.000 toneladas de cobre metálico,das quais 80% se concentra no jazimento de Caraíba, o que, provavelmente, poderá viabilizar o seu aproveitamento econômico.

Existem comprovados, atualmente, no vale do Curaçá, sete corpos mineralizados: corpos de Caraíba, Baraúna-Imburana, Surubim, Lagoa da Mina, Cercado Velho, Pirulito e Santa Fé; os quatro últimos estudados pelo projeto. Compõem, ao todo, uma reserva de 998.786 toneladas de cobre metálico contido em minério com teor médio de 1,05% Cu, tendo sido admitido, no cálculo, um teor de corte de 0,20% Cu. Junto com o cobre e passíveis de aproveitamento,como subprodutos,foi constatada a presença de ouro e prata. Suspeita-se também da existência de platina em função das paragêneses de natureza petrográfica, mineralógica e química do minério de cobre. Com base na correlação dos teores de cobre e ouro estimou-se, para o distrito, uma reserva de 26.420,249 kg de ouro dos quais 74% concentra-se no jazimento de Caraíba.

Das reservas de cobre, o jazimento de Caraíba (corpos de Caraíba e Baraúna-Imburana) participa com 70% do minério sulfetado e 80% do minério oxidado do distrito, de formas que os outros pequenos e médios corpos mineralizados possivelmente constituirão "jazidas satélites" em torno de um complexo de mineração centralizado na área do campo de Caraíba.

Em relação aos campos mineralizados de cobre, inventariados no mundo, o jazimento de Caraíba enquadra-se como um tipo médio,sendo sua reserva de cobre um pouco superior a média dos jazimentos lavrados do mundo, enquanto os outros campos são,normalmente, pequenos.

O planejamento global, integrado, da pesquisa do vale do Curaçá,segundo pensa-se, com base em elementos atuais, deve ser subdividido em três programas: (1) a pesquisa detalhada do jazimento de Caraíba, visando os estudos de viabilidade mais econômica das fases de mineração, beneficiamento e metalurgia, para a implantação, a curto prazo, do projeto mínero-metalúrgico; (2) os estudos dos outros campos mineralizados,visando a sua quantificação detalhada ao nível recomendado pelos estudos de viabilidade econômica do aproveitamento do cobre contido;e (3) a pesquisa das áreas ainda prospectáveis, definidas em função dos controles da mineralização ou selecionadas por métodos indiretos de prospecção, apoiado nas conclusões sobre a viabilidade econômica da lavra desses pequenos corpos, já devidamente estabelecidas com a conclusão do 2º programa.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Histórico

A existência no vale do rio Curaçá, no nordeste da Bahia, da jazida de Caraíba, conhecida desde o século passado, e as investigações regionais de reconhecimento executadas nesta região, sob os auspícios do DNPM, nos anos de 1963-1964, através de Lewis Jr et alii (1966) e Barbosa et alii (1964), revelaram o interesse prospectivo da área delimitada pelos paralelos (9° e 10°)S e meridianos (39° e 40°)WG, pela constatação de duas faixas de ocorrência de corpos máficos-ultramáficos, que se assemelhavam aos de Caraíba, alguns dos quais com mineralização visível de cobre.

O interesse simultâneo revelado pela SUDENE na pesquisa de cobre da região, deu origem a um acordo entre este órgão e o DNPM, pelo qual o primeiro executaria a pesquisa detalhada da área compreendida pelos paralelos (9° e 10°)S e meridianos (39° e $39^{o}45'$)WG (faixa de ocorrência Uauá-Patamuté) e o segundo se responsabilizaria pela faixa de ocorrência dos corpos situados no vale do rio Curaçá, entre os paralelos (9° e 10°)S e meridianos ($39^{o}45'$ e 40°)WG.

Em abril de 1965, foi iniciada a pesquisa de detalhe do vale do rio Curaçá, pela firma Geologia e Sondagem Ltda (GEOSOL), contratada pelo DNPM. Os trabalhos se prolongaram até março de 1968, quando foram interrompidos por determinação do DNPM, tendo sido executado, neste período, os serviços relacionados nas tabelas I e II.

Durante esta fase, baseados nos trabalhos de Lewis Jr et alii (op.cit.), os geólogos da GEOSOL selecionaram as folhas de Poço de Fora, Esfomeado, Lajes e Tanque Novo como área inicial a ser investigada e, em seguida, realizaram numerosos trabalhos de detalhe (mapeamento, geo

A N O	ÁREA OU MANCHA	Nº DE AMOSTRAS COLETADAS	Nº DE ELEMENTOS DOSADOS (Cu, Cr e Ni)	ÁREA DA MANCHA EM m^2
1.965	Geoquímica preliminar:			
	Lajes, Surubim, Terra do Sal, Lagoa da Mina e Bela Vista do Buião, Cacimba da Torre	150	450	-
	Terra do Sal	671	2.013	1.227.500
	Lajes	139	417	995.000
1.966	Corredor	40	120	317.500
	Lagoa dos Pinhões	47	141	455.000
	Boa Vista	50	150	244.400
	Serrote do Caldeirão	56	168	320.750
	Lagoa do Canivete	58	174	262.600
	Joviano	46	138	264.500
	Caminho do Mari	146	438	652.000
	Gêmeas	170	510	251.000
	Baixa Funda	81	243	439.600
	Lagoa dos Patos	19	57	125.700
	Lajem do Homem	100	300	165.000
	Lajem do Boqueirão	18	54	120.000
	Dique de Quartzo	29	87	154.000
	Carcará	257	771	752.600
	Mandubim	202	606	313.750
	Sertãozinho	112	336	199.500
	Ipueira do Angico	53	159	192.000
	Umbuzeiro	63	189	283.500
	Malhada Grande	116	348	542.750
	Lagoa da Macambira	29	87	106.612
	Caiçarinha	31	93	92.125
	Estrada do Sertãozinho	23	69	91.000
	Riacho Estreito	104	312	330.600
	Telegrafo	67	201	302.500
	Passagem Funda	79	237	977.000
1.967	Pau Ferro	40	120	193.750
	Egua Morta	20	60	42.000
	Serrote do Gato	56	168	350.400
	Lagoa do Mandacaru	48	144	142.500
	Caminho do Carcará	74	222	396.900
	Estrada Bela Vista	14	42	71.600
	Roldão	21	63	75.600
	Piriquitos	85	255	590.000
	Cacimba da Torre	847	2.541	3.560.000
	Lagoa do Dourado	163	489	274.750
	Riacho do Buião	128	384	350.800
	Barra do Juá	127	381	210.800
	Lagoa da Mina - NE	34	102	51.000
	Fazenda do Nô	65	195	31.400
	Angico - Espírito Santo	468	1.404	1.354.500
	Boa Vista - Detalhe	70	210	125.800
	Jurema	38	114	107.200
	Estrada do Surubim	190	570	955.900
	Bom Despacho	161	483	825.800
	Amarinho	67	201	141.300
	Riacho da Sinhàzinha	99	297	197.000
	Tanque das Emas	44	132	134.300
	Pinhão Grande	176	528	724.000
	Variante Raimundo Gonçalves	670	2.010	3.875.000
	Serrote Preto	251	753	1.132.000
	Boa Fé	187	561	800.000
	Serrote Ipueira	256	768	1.120.000
	Área do Miguel	225	675	1.025.000
	Lajedo	153	459	645.000
	Fazenda Murcho	120	360	645.100
	Bota Sela	35	105	508.000
1.968	Chico Ferreira	104	312	494.200
	Paredão	108	324	185.000
	Lagoa da Garça	93	279	379.000
	Sub total	8.193	24.579	31.894.037
	Paredão (riachos diversos)	172	516	-
	Mina do Chico Ferreira (riacho Marizinho)	28	84	-
	Lagoa da Mina (riacho homônimo e Espírito Santo)	44	132	-
	TOTAL GERAL: 67	8.437	25.311	-

Tabela I - Relação das manchas de rochas máficas-ultramáficas do vale do Curaçá prospectadas pela GEOSOL, por geoquímica em solo residual, e áreas nas quais aquela empresa realizou levantamento geoquímico experimental em sedimentos fluviais (segundo Ladeira et alii, 1969, parcialmente modificado).

ÁREAS	GEOQUÍMICA	POÇOS			TRINCHEIRAS			SONDAGENS		
	NºDE AMOSTRAS	Nº	METRAGEM	NºDE AMOSTRAS	Nº	METRAGEM	NºDE AMOSTRAS	Nº	METRAGEM	NºDE AMOSTRAS
Lagoa da Mina, Fazenda Angico	488	35	279,85	61.	15	823,70	488	7	* 759,50	818
Cercado Velho, Fazenda Angico		5	34,90	29	16	401,75	245	3	210,28	226
Senhor de Lisboa, fazenda homônima.	-	13	68,45	127	13	219,00	48	1	133,50	169
Terra do Sal	671	-	-	-	14	537,20	255	1	++ 130,43	não analisado
Mina do Chico Ferreira	104	-	-	-	3	139,80	93	-	-	-
Bela Vista do Buião	44	31	95,80	97	15	928,50	394	7	641,92	670
Bom Jardim	-	-	-	-	1	22,00	8	-	-	-
Pombo	-	-	-	-	2	50,30	26	-	-	-
Mina Velha do Buião	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Boa Vista	120	-	-	-	2	80,60	48	-	-	-
Surubim	20	-	-	-	7	99,00	33	-	-	-
TOTAL	1.447	84	479,00	867	88	3.301,85	1.638	19	1.875,63	1.883

* Um dos furos (102,00m) foi executado pelo DNPM.

++ Furo executado pelo DNPM.

Tabela II - Áreas do vale do Curaçá onde os trabalhos de prospecção desenvolvidos pela GEOSOL revelaram mineralização cuprífera, incluindo áreas importantes e não importantes (Segundo Ladeira et alii, op. cit, parcialmente modificado)

química, trincheiras, poços e sondagem) sobre um grande número de corpos máficos-ultramáficos. A partir da integração dos dados acumulados nos mapeamentos de detalhe, complementada pela realização de vários perfis regionais, foram elaborados os mapas geológicos das folhas supracitadas. Os resultados destes trabalhos estão consubstanciados em dois relatórios apresentados ao DNPM, em março de 1969 (Ladeira et Brockes Jr, 1969) e em junho de 1969 (Ladeira et alii,1969), e são comentados no capítulo 3 deste relatório.

A segunda fase de atividades do projeto desenvolveu-se de abril de 1968 a junho de 1970,período em que o programa de prospecção foi executado diretamente pelo 4º Distrito-Nordeste do DNPM, através de seu pessoal técnico. Neste período, devido a problemas diversos, o programa não pôde ser desenvolvido a contento. As dificuldades existentes prejudicaram de modo particular o mapeamento geológico sistemático, que só veio a ser iniciado em 1970. O seu recesso nos anos de 1968 e 1969 foi determinado por dificuldades, tais como: falta de mapas planimétricos e fotografias aéreas das novas folhas a serem mapeadas; falta de apoio de laboratório petrográfico; desconhecimento dos resultados do mapeamento geológico executado pela GEOSOL, cujo relatório só foi apresentado ao DNPM em junho de 1969; etc. Por isso, durante este período, foram desenvolvidas, principalmente, pesquisas de detalhe em algumas ocorrências cujos serviços tinham sido iniciados pela GEOSOL. Através de "Acordos de Cooperação Técnica" firmados entre o DNPM e o concessionário da pesquisa de Arapuá e entre o DNPM e a Caraíba Metais S.A., foram realizados serviços de sondagem nas áreas de Arapuá, Surubim, Boa União e Senhor de Lisboa.

Os serviços executados diretamente pelo DNPM, nesta época, acham-se relacionados na tabela III.

Relação das áreas trabalhadas	Mapeamento 1:10.000-1:5.000 (ha)	Mapeamento 1:1.000-1:500 (ha)	Magnetometria campo vertical (km)	Trincheiras (m)	Sondagens (m)
Ocorrência de Arapuá	-	-	-	-	393,64
Área de Surubim	-	-	-	-	792,49
Área de Boa União	-	-	-	-	398,16
Área de Senhor de Lisboa	-	-	-	-	200,00
Ocorrência de Chico Ferreira	-	6	-	321	-
Ocorrência de Mina Velha do Buião	-	19	8	-	185,48
Ocorrência de Paredão	-	13	3	270	-
Ocorrência de Senhor de Lisboa	-	-	-	-	179,64
Fazenda Angico	400	-	50	-	-
Depósito de Lagoa da Mina	-	-	-	-	864,55
T O T A L	400	38	61	591	3.013,96

Tabela III - Relação das áreas pesquisadas diretamente pelo DNPM e respectiva quantificação dos serviços de campo executados no período de abril de 1968 a junho de 1970.

A partir de julho de 1970, com a criação da CPRM, os serviços de pesquisa passaram a sua responsabilidade e até setembro de 1973, quando foram interrompidos os trabalhos de campo do projeto, tinha-se desenvolvido intensivas atividades de pesquisa, conforme demonstram os dados físicos apresentados na tabela IV.

Durante esta época introduziu-se a técnica geofísica na prospecção das áreas mais promissoras, procurando-se, através da integração de métodos prospectivos indiretos, selecionar o mais criteriosamente possível as áreas recomendadas para sondagem.

Passou-se a utilizar, sistematicamente, a prospecção geoquímica de sedimentos de corrente, com amplo sucesso, na seleção de áreas mais prospectivas para cobre, aplicando-se sobre estas, pesquisas de detalhe de conformidade com a metodologia desenvolvida.

A partir da conclusão do mapeamento geológico 1:25.000 e de posse do conhecimento mais detalhado dos controles das mineralizações cupríferas e especialmente do posicionamento das concentrações de cobre em relação às sequências lito-estratigráficas Rio Curaçá e Tanque Novo, passou-se a selecionar áreas-alvos em função dos elementos geológicos, dispensando-se, nesta fase, a prospecção geoquímica de sedimentos de corrente. Este fato constitui, sem dúvida, um marco na evolução dos conhecimentos geológicos da área e representa o domínio da geologia do vale do Curaçá e a independência às limitações dos métodos indiretos de prospecção.

A paralização das atividades de campo do projeto, em setembro de 1973, foi feita na época dos testes de definição do potencial das áreas pesquisadas em detalhe, quer selecionadas por métodos indiretos (Alvos S), quer

RELAÇÃO DAS ÁREAS TRABALHADAS	DIMENSÕES	ÁREA DOS ALVOS	MAPEAMENTO GEOLÓGICO 1:25.000	GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE CORRENTE	GEOQUÍMICA DE SOLO RESIDUAL	MAPEAMENTO GEOLÓGICO 1:10.000 a 1:5.000	MAPEAMENTO GEOLÓGICO 1:2.500	MAPEAMENTO GEOLÓGICO 1:1.000 a 1:500	POLARIZAÇÃO INDUZIDA	MAGNETOMETRIA CAMPO TOTAL	AFMAG	GRAVIMETRIA	TRINCHEIRAS E POÇOS	SONDAGEM
	m x m	ha	km²	amostra	amostra	ha	ha	ha	km	km	km	km	m	m
12 folhas 7'30" x 7'30"	—	—	2.280	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7 folhas 7'30" x 7'30"	—	—	—	6.005	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ALVO S-1 (Macambira)	4.200 x 1.000	420	—	—	176	420	—	—	25	27	22	—	—	147,64
ALVO S-2	3.200 x 900	288	—	—	259	288	18	—	—	—	—	—	—	—
ALVO S-7	1.400 x 500	70	—	—	287	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ALVO S-8	1.400 x 600	84	—	—	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ALVO S-9	1.400 x 700	98	—	—	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ALVO S-10	1.200 x 900	108	—	—	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ALVO S-12 (Santa Fé)	3.400 x 1.000	340	—	—	318	—	—	—	36	36	36	—	120	—
ALVO S-15	900 x 800	72	—	—	43	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ALVO S-18	1.200 x 1.000	120	—	—	64	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ALVO S-26	1.800 x 700	126	—	—	83	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ALVO S-29 (Suçuarana)	1.300 x 800	104	—	—	199	104	—	—	10	—	—	—	800	—
ALVO S-30	1.800 x 800	80	—	—	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ALVO S-31	1.000 x 800	80	—	—	44	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ALVO S-35	1.600 x 1.200	192	—	—	123	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ALVO S-36	1.000 x 800	80	—	—	55	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ALVO S-40	2.500 x 2.000	500	—	—	376	500	—	—	—	—	—	—	200	—
ALVO S-41	1.200 x 700	84	—	—	102	—	—	—	—	22	—	—	—	—
ALVO S-42	2.000 x 1.800	360	—	—	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ALVO L-1 (Ocorrência do CUPIM)	7.000 x 3.000	2.100	—	—	1.530	2.100	—	6	4	—	—	—	242	320,18
ALVO L-2	3.500 x 1.500	525	—	—	506	525	—	—	—	42	—	—	—	—
ALVO L-2 (Norte)	2.500 x 2.000	500	—	—	140	500	—	—	—	—	—	—	—	—
ALVO L-2 (Sul)	3.500 x 1.200	420	—	—	116	420	—	—	—	—	—	—	—	—
ALVO L-3	3.900 x 2.200	858	—	—	585	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ALVO L-5	4.500 x 3.100	1.395	—	—	476	1395	—	—	—	—	—	—	—	—
Ocorrência de Senhor de Lisboa	1.000 x 1.000	100	—	—	—	—	100	—	7	—	—	—	—	692,86
Ocorrência de Murcho	900 x 300	27	—	—	—	—	27	—	8	—	—	—	315	392,76
Ocorrência de Paredão	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	79,48
Estudos orientativos	—	—	—	90	324	—	—	—	22	9	—	19	175	365,58
Depósito de Lagoa da Mina	—	—	—	—	—	—	—	—	10 *	9 *	—	19 *	—	2.316,43
Depósito de Cercado Velho	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	936,76
Depósito de Pirulito	400 x 100	4	—	—	324 *	—	—	4	6	14	—	—	163	2.659,23
TOTAL	—	9.135	2.280	6.095	6.230	6.252	145	10	118	150	58	19	2.015	7.910,92

* Dados do estudo orientativo, não computados no somatório

Tabela IV – Relação das áreas pesquisadas pela CPRM e respectiva quantificação dos serviços de campo executados no período de Julho de 1970 a Setembro de 1973 .

selecionadas por métodos diretos (Alvos L). Malgrado esse fato, acredita-se ter atingido plenamente os objetivos do projeto, preconizados pelo Departamento Nacional da Produção Mineral.

1.2. Objetivos do projeto

A carência de reservas brasileiras de cobre e a condição cada vez mais dependente da importação desse bem mineral levaram o governo brasileiro a considerá-lo como um dos metais prioritários de pesquisa pelo Plano Mestre Decenal para Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil (Decreto Lei nº 55.837, de 12 de março de 1965).

A área selecionada do vale do Curaçá apoiou-se em pesquisas regionais e de detalhe, anteriormente desenvolvidas sob os auspícios do DNPM, e o projeto foi iniciado em abril de 1965, um mês após a promulgação do decreto.

Constituiram os objetivos do Projeto Cobre do Vale do Curaçá:

1) Em termos generalizados, a avaliação do potencial do Distrito Cuprífero do Rio Curaçá;

2) A preparação de bases geológicas, na escala 1:25.000, compatíveis com o tamanho dos corpos máficos-ultramáficos a serem individualizados, aos quais se associam as mineralizações de cobre;

3) A pesquisa de uma metodologia mais adequada à procura dos depósitos de cobre espalhados pelo vale do Curaçá;

4) O estudo detalhado das áreas mineralizadas já conhecidas, com exceção da "Área de Manifesto" da Mina Caraíba,

visando quantificar preliminarmente as suas reservas de cobre; e

5) A busca de novas áreas potenciais com base em técnicas de prospecção desenvolvidas pelo projeto.

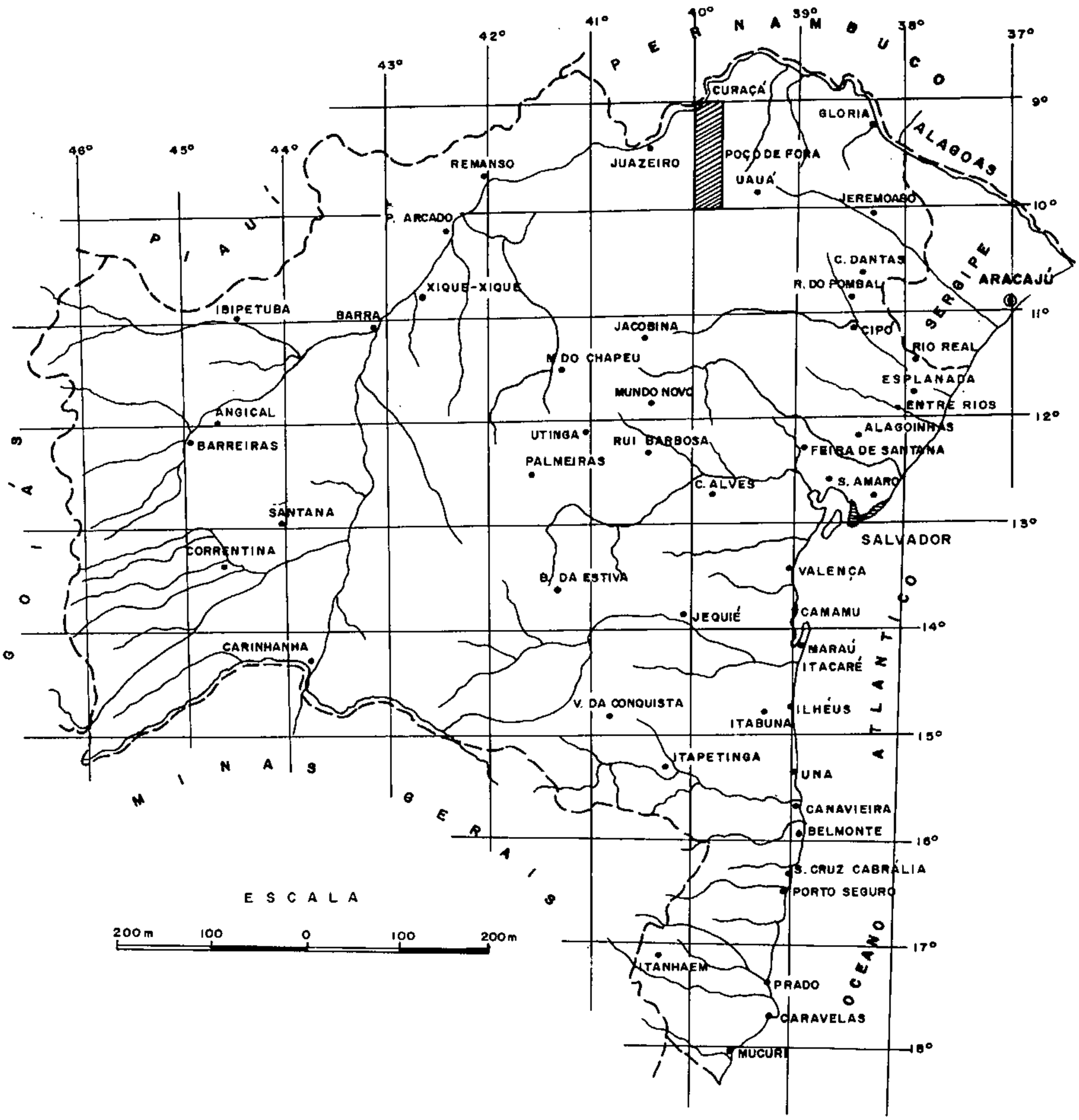
1.3. Localização e acesso

A região, objeto das pesquisas programadas para o projeto, é um retângulo de postura meridiana cujo lado sul situa-se nas cabeceiras do rio Curaçá e cujo lado norte localiza-se a altura da cidade de Curaçá, próximo a desembocadura desse curso intermitente no rio São Francisco (fig. 1).

Este retângulo, englobando uma área de aproximadamente 3.040 km^2, é limitado pelos paralelos $9^o00'$ e $10^o00'$ de latitude sul e pelos meridianos $39^o45'$ e $40^o00'$ de longitude oeste. Situa-se em quase sua totalidade no Nordeste do Estado da Bahia, abrangendo terras dos municípios de Juazeiro, Curaçá e Jaguarari, e, em pequena parte,no Estado de Pernambuco, em terrenos do município de Santa Maria da Boa Vista.

A cidade de Curaçá,ao norte, já fora da área do projeto, e as vilas de Poço de Fora, Barro Vermelho e Pinhões, todas situadas na parte central da área, constituem os principais núcleos populacionais do Distrito Cuprífero do Vale do Rio Curaçá.

A cidade de Curaçá situa-se a uma distância de 96 quilômetros da cidade de Juazeiro (Ba) por uma estrada de terra de precárias condições de tráfego. Liga-se também a cidade de Senhor do Bonfim (Ba), às margens da rodovia federal asfaltada BR-130,através de uma estrada carroçável intermunicipal, trafegável apenas na época de es



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 1 — Mapa de localização da área do Projeto Cobre

tiagem, que corta a área do projeto de norte a sul, passando pelas vilas de Barro Vermelho e Poço de Fora e pela Mina Caraíba.

Poço de Fora, o núcleo populacional mais central da área, dista 94 quilômetros da cidade de Juazeiro, pela rodovia federal BR-235. Esta estrada, que se encontra abandonada e em precaríssimas condições de tráfego, liga também Poço de Fora a cidade de Uauá e a rodovia federal BR-116 (rodovia transnordestina).

Outra via de acesso a área do projeto é a estrada que liga a Mina Caraíba ao povoado de Barrinha, às margens da BR-130. Esta estrada de 45 quilômetros de extensão, atualmente está sendo adequadamente reconstruída pelo DERBA para receber capeamento asfáltico.

Juazeiro (Ba) e Petrolina (Pe), cidades vizinhas situadas nas margens opostas do rio São Francisco, constituem os principais centros econômicos da região do médio São Francisco e distam 522 quilômetros de Salvador pelas rodovias asfaltadas BR-130 e BR-324. Distanciam-se 782 quilômetros de Recife por vias também asfaltadas.

1.4. Técnicos vinculados ao programa

No período de abril de 1965 a março de 1968, em que o projeto foi executado pela GEOSOL, a coordenação técnica dos trabalhos cabia aos geólogos:

Geol. Eduardo A. Ladeira
Geol. Helmuth Brockes Junior

O acompanhamento desses serviços pelo 4º Distrito do DNPM, cabia aos técnicos:

Engº Minas Francisco P. Pessoa de Andrade
Geol. Aluizio E. Pereira Gomes

De 1968 a setembro de 1973, quando foi encerrada as atividades de campo, participaram efetivamente do projeto, sediados em Juazeiro da Bahia, os seguintes técnicos da CPRM, relacionados por ordem cronológica de início das suas atividades:

Geol. Inácio M. Delgado	(jan/68 a jun/73)
Geol. Marinho A. S. Filho	(abr/68 a set/72)
Engº Minas Adão Benvindo da Luz	(nov/68 a set/70)
Geol. João Dalton de Souza	(jun/69 a set/73)
Geol. Edison Pinto Figueira	(jun/71 a set/73)
Geol. Luiz F. P. Fragomeni	(out/71 a ago/73)
Geol. Paulo E. L. da Silva	(abr/72 a set/73)
Geol. Luiz A. A. de Toledo	(mai/72 a jul/73)
EngºMinas Ricardo G de O.Martins	(jun/72 a abr/73)
Engº Minas Paulo J. P. Gomes	(set/72 a set/73)

Os serviços de campo contaram com o apoio decisivo dos seguintes técnicos industriais:

Téc. Luiz Gonzaga de Carvalho	(jun/69 a set/73)
Téc. Shogo Taniguchi	(jun/72 a set/73)
Téc. Luiz C. A. de Brito	(dez/72 a set/73)

As atividades de geoquímica e geofísica tiveram o apoio dos chefes das Seção de Geoquímica e Geofísica da Agência Salvador, que também participaram ativamente da execução dos serviços de campo:

Geoquímico Dorival Correia Bruni
Geofísico Antônio Carlos Motta

Os trabalhos de campo foram dirigidos pelo geólogo Inácio de Medeiros Delgado até maio de 1973 e a partir de então, com a transferência desse técnico para a coordenação da Divisão de Geologia Econômica da Agência Salvador, a direção dos trabalhos passou a ser exercida pelo geólogo João Dalton de Souza.

O programa de mapeamento geológico foi executado pelos geólogos João Dalton de Souza (4 folhas), Luiz Francisco Pizarro Fragomeni (4 folhas), Marinho Alves da Silva Filho (2 folhas) e Edison Pinto Figueira (2 folhas). A supervisão desses serviços foi feita, em parte, pelo geólogo Inácio de Medeiros Delgado, mas coube ao geólogo João Dalton de Souza a maior participação tanto na execução como na supervisão desses trabalhos.

O programa de prospecção geoquímica de sedimentos de corrente foi conduzido pelo geólogo Inácio de Medeiros Delgado que é responsável também pela interpretação dos resultados. Os serviços de coleta de amostras foram realizados pelo técnico de mineração Luiz Gonzaga de Carvalho.

Com relação a pesquisa geofísica, a participação maior, tanto na execução como na interpretação dos resultados, principalmente de Polarização Induzida, coube ao geólogo Paulo Eduardo Lima da Silva. Juntamente com o geólogo Edison Pinto Figueira e o Engº de Minas Paulo José Pereira Gomes constituiram a equipe de geofísica do projeto.

O geofísico Antônio Carlos Motta iniciou a sua participação na coordenação das atividades de geofísica em março de 1973,logo após o seu ingresso nos quadros da CPRM. A partir de então participou decisivamente na orientação e interpretação de dados geofísicos. Foi o responsável técnico pelo teste do método gravimétrico na área de Lagoa

da Mina e contribuiu de forma significativa na interpretação dos mapas magnetométricos.

O programa de levantamento geoquímico dos Alvos, algumas vezes acompanhado de mapeamento geológico de detalhe, foi realizado principalmente pelos geólogos Luiz Antônio Alves de Toledo, João Dalton de Souza, Marinho Alves da Silva Filho e Luiz Francisco Pizarro Fragomeni.

O geólogo Dorival Correia Bruni participou efetivamente na execução dos trabalhos de campo de alguns dos Alvos e foi o responsável técnico pela interpretação de todos os resultados do programa de geoquímica de solo residual.

Os serviços de sondagem foram conduzidos, em uma primeira fase, pelo Engº de Minas Adão Benvindo da Luz e posteriormente, com a saída desse técnico para um curso de Beneficiamento de Minério, no Rio de Janeiro, passou a responsabilidade do Engº de Minas Ricardo G. de Oliveira Martins.

A pesquisa de sondagem, dos depósitos de Lagoa da Mina e Cercado Velho foi acompanhada, principalmente, pelo geólogo Inácio de Medeiros Delgado, que é responsável pelo estudo dos testemunhos e interpretação das seções geológicas e de contorno dos corpos de minério.

A responsabilidade pelo acompanhamento da pesquisa de sondagem no depósito de Pirulito, pelo estudo de testemunhos e pela interpretação das seções, coube ao geólogo João Dalton de Souza.

Para o cálculo das reservas dessas áreas contou-se com a prestimosa colaboração do Engº de Minas Paulo José Pereira Gomes.

A pesquisa de detalhe de várias ocorrências de cobre e o acompanhamento da sondagem e estudos

dos testemunhos nestas áreas foram realizados principalmente pelo geólogo Marinho Alves da Silva Filho, cuja saída do projeto foi motivada pela necessidade, na Agência Salvador, de um técnico com experiência profissional para chefiar o Projeto Sul da Bahia.

Os estudos petrográficos foram realizados, em parte, pelo LAMIN, mas coube ao geólogo Geraldo Vianney Vivas de Souza a maior participação nos estudos em lâmina delgada e nos debates relativos a petrologia da área. Os geólogos Sonia Barral (Agência CPRM-Salvador), Carlos Benício Montenegro de Mello (Agência CPRM-Recife) e L. V. Blade (U.S.G.S.) contribuiram com o estudo de algumas lâminas petrográficas.

A redação dos nove volumes de texto que compõem este relatório foi feita pelos geólogos Inácio de Medeiros Delgado e João Dalton de Souza, com a participação dos geofísicos Antônio Carlos Motta e Paulo Eduardo Lima da Silva e do geoquímico Dorival Correia Bruni.

Especialmente, neste volume I, que representa um sumário dos resultados de todos os trabalhos, os autores Inácio de Medeiros Delgado e João Dalton de Souza contaram com a contribuição do geofísicc Antônio Carlos Motta, nos ítens de metodologia referente a geofísica (4.3.1, 4.3.2, 4.3.3 e 4.3.4.), do geoquímico Dorival Correia Bruni, também na parte de metodologia,no que toca a geoquímica de solo (4.2.2.) e do geólogo José Carlos Gonçalves da Silva,na preparação do capítulo de Economia Mineral (9).

1.5. Distribuição das matérias do relatório

Este relatório final foi dividido em nove partes compondo ao todo trinta volumes. As partes foram

separadas em função dos assuntos e algumas vezes em função das áreas de trabalho. Cada uma das partes inicia-se por um volume de texto e apresenta um ou mais volumes de anexos contendo plantas, perfis e/ou fichas (de descrição de afloramentos, petrográficas, de análises químicas, cadernetas de geofísica, etc).

O volume II (II-A a II-I) consubstancia os trabalhos de campo, estudos de laboratório, análises e conclusões, relativos a geologia do vale do Curaçá. Uma nota explicativa de cada uma das folhas geológicas 1:50.000 é apresentada no volume III, por solicitação do DNPM, para fins de publicação em boletins daquele órgão.

O volume IV (IV-A e IV-B) apresenta e discute os resultados de todos os estudos orientativos desenvolvidos pelo projeto, com a finalidade de testar as metodologias aplicadas, visando a utilização racional dos métodos de prospecção geoquímicos e geofísicos e a definição de uma sistemática de prospecção técnica e economicamente compatível, para o vale do Curaçá.

Os volumes V a IX compreendem a pesquisa realizada no vale do Curaçá na busca ou na avaliação dos depósitos de cobre. Constituem, por assim dizer, as partes integrantes dos estudos de geologia econômica.

Para uma familiarização rápida do leitor com os assuntos tratados nos volumes II a IX, projetou-se e redigiu-se o volume I (I-A e I-B) que apresenta, de forma sumária e conclusiva, os resultados de todos os trabalhos executados. Os mapas geológicos e geoquímicos regionais são apresentados neste primeiro volume, na escala 1:50.000, enquanto alguns mapas de serviço dos Alvos ou das ocorrências pesquisadas são apresentados de forma ilustrativa, inseridos no texto, em escalas reduzidas. Contudo, para o conhe

cimento detalhado de qualquer dos assuntos abordados neste primeiro volume o leitor deverá consultar o(s) volume(s) que trata(m) exclusivamente da(s) parte(s) interessada(s).

2. ASPECTOS GEOGRÁFICOS E GEOMORFOLÓGICOS DO VALE DO CURAÇÁ

2.1. Aspectos fisiográficos

2.1.1. Clima

O Distrito Cuprífero do Vale do Rio Curaçá apresenta um clima semi-árido, tipo Bsh de Koppen, caracterizado pela insuficiência das precipitações, baixa umidade do ar, temperatura elevada, com médias mensais variando entre (25 e 30)°C, e excessiva evaporação.

As precipitações pluviométricas se distribuem entre dezembro e fins de março, com chuvas fortes e relativamente frequentes, e durante os meses de maio e junho - chuvas esparsas com neblina matinal. Nos meses restantes impera o período das secas.

A pluviosidade anual varia de (500 a 700)mm e distribui-se de modo irregular e esparso, segundo um regime pluviométrico tipicamente torrencial, com escoamento superficial elevado, atingindo a taxa de 80%, e infiltração mínima.

2.1.2. Vegetação

A vegetação da área é a típica caatinga dos sertões do Nordeste Brasileiro.

Essa associação vegetal heterogênea e tipicamente xerófila, na região, é constituída de árvores de baixo porte (3 a 4)m, arbustos e cactos. Qualquer um destes tipos pode predominar ou mesmo faltar em determinados locais, em função das características do solo e da topografia. Igualmente condicionada por esses elementos, a caatinga pode apresentar-se densa ou rala.

Na região, dominam as espécies das

famílias seguintes:

- Leguminaceae: catingueira (Caesalpina pyramidalis), baraúna (Schinopsis brasiliensis), angico (Piptadenia sp), jurema (Mimosa nigra), mata-pasto (Cassia bicapsularis, sp. duv.), imburana-de-cheiro (Torresea cearensis), etc;
- Cactaceae: mandacaru (Cereus jamacaru), palmatória (Opuntia spp.), xique-xique (Pilocereus gounellei), facheiro (Cereus squomosus), coroa-de-frade (Melocactus bahiensis), etc;
- Bromeliaceae: macambira (Bromelia laciniosa), caroá (Neoglaziovia variegata), etc;
- Apocinaceae: pereiro (Aspidosperma pyrifolium), pau-de-colher (Maytanos rígida), etc;
- Euforbiaceae: favela (Cnidoscolus phyllacantus), cansanção (Cnidoscolus urens), velame (Croton campestris), marmeleiro (Croton hemiargyreus), pinhão (Jatropha curcas), etc;
- Outras famílias: carqueja (Baccharis sp.), malva (Malva sp.), imburana (Bursera leptophleos), juazeiro (Ziziphus joazeiro), quebra-facão (Ortegia duríssima), etc.

Certa seletividade das plantas com relação ao tipo de solo é facilmente observada. Associações vegetais constituídas de pinhão, mata-pasto, catingueira, quipá, baraúna e imburana são típicas em solos residuais de rochas máficas-ultramáficas, enquanto associações de xique-xique, favela, cansanção, carqueja, calumbí e jurema são frequentes nos solos argilo-arenosos derivados dos gnaisses e migmatitos. Por outro lado, nos aluviões dos riachos mais

expressivos, domina uma vegetação de melhor porte constituída principalmente de caraibeira, angico, juazeiro e quebra-facão.

2.1.3. Hidrografia

O Distrito Cuprífero do Vale do Rio Curaçá faz parte da bacia do Médio São Francisco, o qual constitui o único curso d'água perene da região. O rio São Francisco corta o extremo noroeste da área de atuação do projeto, banhando terrenos cobertos pela folha de Fazenda Veneza.

A rede hidrográfica da área investigada é constituída quase totalmente pelo rio Curaçá e seus afluentes. Este curso d'água intermitente, tributário da margem direita do rio São Francisco, corta toda área do projeto seguindo um rumo aproximadamente meridiano.

Os principais tributários da margem direita do rio Curaçá são os riachos Mocambo, da Vaca, Poço de Fora, do Buião, Ipueira, Barro Vermelho, Quixaba, Banguê e da Melancia. Seus mais importantes afluentes da margem esquerda são os riachos do Pilar, Arapuá, Saco Grande, Pau de Rato, do Estreito, Jaramataia e da Madeira.

Destacam-se ainda, duas pequenas sub-bacias, ambas pertencentes ao rio São Francisco: uma, ao norte, a do riacho Malhada da Pedra e outra, ao sul, a do riacho Poço Comprido, representada pelo riacho Terra Nova e seus afluentes.

Dado ao caráter torrencial do regime pluviométrico, a competência da rede hidrográfica é muito expressiva, apesar de se manifestar apenas nas épocas das chuvas. Tão logo cessam as chuvas, a competência decai rapida

mente, de modo que poucos dias depois os riachos mostram seus leitos novamente secos.

Não existe qualquer controle estrutural marcante da drenagem. Observa-se, apenas, que o rio Curaçá acomoda-se grosseiramente à estrutura regional e que, dado ao caráter torrencial da drenagem, somente trechos isolados dos riachos supracitados e alguns dos seus afluentes fluem controlados por zonas de falha ou fratura.

Na região são encontradas pequenas lagoas intermitentes. Algumas delas estão relacionadas a depressões restritas às áreas de ocorrência de rochas máficas-ultramáficas, resultantes da meteorização mais rápida dessas litologias em relação às rochas encaixantes. Outras lagoas correspondem a pequenas depressões locais das rochas migmatíticas. Algumas outras esboçam um rudimentar alinhamento e relacionam-se com zonas de falha ou fratura.

2.2. Aspectos geomorfológicos

O cenário geomorfológico do Distrito Cuprífero do Vale do Rio Curaçá é caracterizado por uma vasta superfície de pediplanação, onde a monotonia topográfica é quebrada, apenas, por algumas elevações insuladas e pelo rosário de serras sieníticas pertencentes ao eixo Itiúba - Poço de Fora. Essas elevações de origem residual -"inselbergs"- são, de uma maneira geral, esculpidas em rochas resistentes à erosão, tais como: sienito (serras da Suçuarana, do Poço, da Isadora, Redonda, serrote do Salgado, etc.), quartzitos (serras de João Domingos, dos Alguidares, da Prata, serrotes da Madeira, da Cacimba, etc), granulitos (serra da Barriguda, etc) e veios de quartzo e calcedônea (serrotes do Muquém, Agudo, da Queimada, morro da Caraíba, etc). Na porção

norte da área do projeto, contudo, os "inselbergs" que emergem da vasta superfície pediplanada são muitos deles sustentados por calcário, destacando-se os serrotes da Melancia e da Salina e as serras da Borracha e Canabrava, ambas no exterior leste da área em apreço.

A morfogênese da região pode ser delineada sumariamente da maneira a seguir exposta:

1) Um nível de aplainamento regional mais antigo é reconhecido pela ocorrência de uma superfície cimeira, com cotas variando de(600 a 800)m, correspondente ao topo das elevações residuais. Esses "inselbergs", que por mais das vezes exibem um topo aplainado, como acontece nas serras da Isadora, Borracha e Canabrava, seriam remanescentes de um nível pediplanado correlacionado à Superfície Sul-americana (King, 1956), do Terciário Inferior.

2) Originado o aplainamento descrito, através de processos essencialmente de pediplanação e na vigência de um clima semi-árido, seguiu-se um clima com períodos úmidos pronunciados, durante o qual o aplainamento foi denudado, dele só restando as elevações residuais. Caracteristicamente, quase sempre, esses "inselbergs" estão envolvidos por pedimentos, que geralmente avançam além dos sopés destas elevações residuais.

3) Em seguida processaram-se transformações climáticas tendentes a instauração de um regime predominantemente semi-árido, durante o qual originou-se um segundo ciclo de pediplanação, representado na área pela vasta e monótona superfície aplainada formada pelos tabuleiros, da qual emergem os "inselbergs" anteriormente mencionados. Com cotas variando de (400 a 500)m, este pediplano é correlacionado a Superfície Velhas (King, op. cit.), do Terciário Superior.

4) Da dissecação dos tabuleiros resulta o ciclo atual, denominado "Paraguaçu" por King (op.cit.), representado pelos canais de drenagens existentes na região. Esta fase de dissecação, atualmente processada sob um clima semi-árido (Bsh de Koppen), encontra-se no início de seu desenvolvimento, tanto que o desnível médio entre os canais dos riachos principais e o topo dos tabuleiros não ultrapassa 40 metros.

2.3. Aspectos sócio-econômicos

O vale do Curaçá caracteriza-se por apresentar uma baixa densidade demográfica, com a população distribuindo-se em torno de diversas fazendas e em pequenos aglomerados urbanos, com menos de 2.000 habitantes, destacando-se as vilas de Poço de Fora, Pinhões e Barro Vermelho e a cidade de Curaçá (1.512 habitantes, censo 1970).

Condicionada pela adversidade do clima, determinante da aridez da região, esta população dispersa pratica atividades econômicas bastante restritas, refletindo diretamente na baixa condição de vida que apresenta.

Economicamente, a região é totalmente dependente das cidades de Juazeiro (Ba) e Petrolina(Pe), os dois principais centros econômicos do Médio São Francisco.

As temperaturas elevadas e os índices de evapotranspiração muito altos não permitem a existência de reservas hídricas subterrâneas armazenadas nos solos, favorecendo apenas uma vegetação raquítica pouco exigente no que concerne a condições de temperatura e disponibilidade de água, adaptável aos solos rasos e pouco desen

volvidos. A cultura pecuária, menos exigente que a agrícola, se adapta então melhor a esse tipo de clima.

A agricultura, uma atividade secundária na região, é desenvolvida em bases primitivas, voltada basicamente para o autoconsumo, sendo confinada nos locais de solos menos adversos, e resume-se praticamente no plantio de feijão, milho, abóbora, melancia, etc. Deste modo, uma parte substancial do abastecimento de gêneros alimentícios procede de Juazeiro-Petrolina ou, em menor escala, é trazido por feirantes procedentes de Sergipe.

Na caatinga desenvolve-se uma pecuária diversificada e de características empíricas, com baixo índice de produtividade, calcada em uma estrutura fundiária inadequada. As áreas das propriedades são, via de regra, pequenas e as criações são feitas de modo extensivo, desde galinha caipira e porco para autoconsumo, até a exploração de bovinos, ovinos e caprinos.

Em que pese a forma primitiva como os animais são criados, a pecuária representa a atividade econômica mais importante da região. O município de Curaçá, onde se situa a maior parte da área em apreço, conta com os maiores rebalhos caprinos da Bahia e do Brasil.

A produção de couros e peles de animais silvestres e de caprinos e ovinos, representa também outra fonte de renda considerável da região do vale do Curaçá.

Os rebarhos equinos e asininos possuem fundamental importância para a região, já que estes animais constituem o meio de transporte mais utilizado. Entre estes, dado a sua resistência e capacidade de sobrevivência às mais longas secas, destaca-se o jegue (jumento) utilizado não só como montaria mas, principalmente, como

animal de carga. Contudo o abate intensivo deste animal pela CORMASA S.A, companhia frigorífera instalada no vizinho município de Senhor do Bonfim e responsável pela exportação em larga escala de sua carne, poderá acarretar a extinção deste elemento importante e típico da paisagem da região, num futuro próximo.

A sofrível condição sócio-econômica da região condiciona uma considerável migração de seus habitantes para Juazeiro, Petrolina e outros centros maiores, dentre eles destacando-se São Paulo, movidos pelas necessidades básicas de emprego, saúde e educação, em que pese o baixo nível de renda e as deficientes condições de vida reduzirem o nível de aspirações destas populações, provocando um certo desinteresse pela escolarização.

As perspectivas imediatas de algum desenvolvimento para o vale do Curaçá, resumem-se nos benefícios sociais e econômicos que consequentemente serão trazidos pela implantação do projeto de lavra e beneficiamento do minério de cobre da jazida de Caraíba e de outros depósitos, conquanto as pesquisas que vêm sendo efetuadas na região já tenham proporcionado melhorias de vida para muitas famílias aí residentes.

3. TRABALHOS ANTERIORES

O primeiro registro escrito sobre a ocorrência de minerais de cobre no vale do rio Curaçá, data de 1874, quando o engenheiro A. M. de Oliveira Bulhões, responsável na época pelos estudos de prolongamento da Estrada de Ferro do São Francisco, se referiu ao minério de cobre da região de Caraíba em termos muito fantasiosos.

A partir da última década do século passado, vários técnicos brasileiros e estrangeiros, versados ou não em ciências mínero-geológicas, visitaram a Caraíba, emitindo, sem bases concretas, opiniões às mais variadas sobre a potencialidade daquele depósito cuprífero. Seus relatos, quase sempre, limitavam-se a observações de caráter informativo.

Entre estes técnicos, sempre enviados em missões especiais pelo extinto Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, hoje DNPM, merecem destaque F. P. Oliveira (1900), J. C. Branner (1906), H. Wright (1928), F. Lacourt e A. Cunha (1938), H. C. Alves (1942) e W. D. Johnston Jr (1942).

O primeiro trabalho sobre a jazida de Caraíba, baseado em elementos concretos, foi executado pelos engenheiros do DNPM J. L. de Melo Jr, Nissim Castiel e E. B. Pouchain (1962), os quais fundamentados nos dados coletados, entre 1944-1946, em diversos poços e trincheiras, bem como em 480 metros de sondagem testemunhada, mediram a reserva de 10.750.000 toneladas de minério, com teor médio de 1% de cobre. A reserva total, incluindo o minério inferido, foi computada em 39.380.000 toneladas de minério com o mesmo teor metálico. Entretanto, apesar da reserva razoável, concluiram pela inviabilidade econômica do aproveitamento do minério na época, dada a falta, na região, de energia elétrica, água e vias de transporte.

Em 1948, Victor Leinz abordou pela primeira vez a gênese do minério de Caraíba, atribuindo-lhe uma origem magmática.

Posteriormente, André Schneider(1951 e 1957) estudou a evolução petrogenética do depósito de Caraíba em relação as rochas encaixantes, elaborando uma hipótese geológica e tectônica e concluindo, também, pela origem magmática do minério, mas com uma fase de rejuvenescimento hidrotermal posterior dos sulfetos de cobre. Seu trabalho, se bem que substancioso, se restringiu as áreas circunvizinhas da jazida.

Entre 1952 e 1953, a companhia Northfield Mining Inc. executou 18 furos de sonda e 10 trincheiras,visando ampliar os trabalhos de Melo Jr et alii (1946) e fornecer novos elementos para a melhor definição do corpo de minerio de Caraíba.

Mais tarde, em 1960, o Grupo Industrial Pignatari, na época o concessionário da jazida, contratou 35 furos de sonda com a Companhia T. Janer.

Entre 1959 e 1963, colaborando com o grupo concessionário, o DNPM realizou 35 furos, totalizando 3.550 metros de sondagem, sob a supervisão dos seus engenheiros O. P. Chaves e A. G. Campos. Com base nos dados fornecidos por esta campanha, complementados pelos elementos já existentes, foram medidas, até a profundidade de 50 metros, 16.000.000 de toneladas de minério com um teor de 1,2% de cobre metálico. Esta campanha de sondagem evidenciou,também, a persistência da mineralização cuprífera até a profundidade de 100 metros. Devido a tal fato, o concessionário, com a colaboração da Mitsubishi Metal Mining Co., elaborou um novo plano de sondagem, executado entre 1965 e 1967,compreendendo 31 furos, sendo 25 já iniciados, e totalizando 4.626 metros

de sondagem. Esta última campanha de sondagem efetuada em caráter de detalhe visava delimitar e quantificar com precisão a jazida de Caraíba, bem como orientar as operações de lavra, já em programação naquela época.

Em 1961-1962, Lewis Jr et A. M. Santos (1966) realizaram uma investigação geoquímica de detalhe na jazida de Caraíba e manifestaram como conclusões mais importantes, as seguintes:

a) a mineralização primária de cobre esta associada a piroxenitos;
b) os solos da região são essencialmente residuais e refletem a natureza da rocha subjacente; e
c) a presença de 1.000 ppm de cobre no solo castanho massapê indicaria, provavelmente, um corpo de rocha máfica-ultramáfica mineralizado.

Até o início dos anos sessenta, os trabalhos desenvolvidos restringiram-se apenas a jazida de Caraíba. Contudo, em face da escassez de minério de cobre no Brasil e a crescente demanda do mercado nacional por esse metal e considerando a própria existência do citado depósito, o Departamento Nacional da Produção Mineral resolveu promover trabalhos geo-econômicos de âmbito regional que estudassem o vale do rio Curaçá de modo global.

Assim, nos anos de 1963-1964, sob o patrocínio do DNPM, geólogos da PROSPEC e SUDENE,coordenados por Otávio Barbosa, realizaram um levantamento geológico regional básico em ampla área do Nordeste Brasileiro, incluindo parte dos estados da Bahia, Pernambuco, Paraíba e Ceará. Este trabalho, realizado sob um ponto de vista essencialmente geo-econômico, visava, principalmente, a descoberta de no

vas ocorrências promissoras de cobre. Contudo, os estudos realizados também vieram a fornecer importantes dados sobre a geomorfologia, estratigrafia, metamorfismo e tectônica da área investigada. Com relação à região nordeste da Bahia, e em particular ao vale do Curaçá, as conclusões mais importantes de Barbosa et alii (1964) foram as seguintes:

1) Subdividiram as rochas metamórficas antigas em GRUPOS e estabeleceram para eles a seguinte posição estratigráfica:

E R A	GRUPO	LITOLOGIAS PRINCIPAIS
Ordoviciano	Bambuí	Calcários metamórficos, ardósias, arenitos conglomeráticos, etc.
Pré-Cambriano	Canudos	Micaxistos,calcoxistos, calcários metamórficos, etc.
	Macururé	Micaxistos, paragnaisses, quartzitos micáceos, etc.
	Uauá	Paragnaisses, micaxistos, quartzitos, anfibolitos, etc.
	Caraíba	Paragnaisses, migmatitos, granulitos, etc.

2) Identificaram na área de atuação do Projeto Cobre os Grupos Caraíba e Canudos.

3) Comprovaram a existência de inúmeros corpos de rochas máficas-ultramáficas, petrograficamente semelhantes aos da jazida de Caraíba, distribuídos preferencialmente ao

longo de duas faixas Norte - Sul: Vale do Rio Curaçá e faixa Uauá-Patamuté.

4) Tornaram patente a associação da mineralização de cobre com essas rochas máficas-ultramáficas.

5) Atribuiram uma origem magmática intrusiva para as rochas máficas-ultramáficas.

6) Realizaram amostragens geoquímicas de reconhecimento no solo residual de seis corpos máficos-ultramáficos do vale do Curaçá, selecionados em função de suas dimensões relativamente avantajadas e/ou do conhecimento de ocorrências de minerais oxidados de cobre nos mesmos, tendo concluído que representavam áreas geoquímicamente anômalas (consideraram 150 ppm como limite de anomalia) e potencialmente prospectáveis para cobre. Os corpos investigados e os seus respectivos valores geoquímicos mais elevados foram os seguintes: Lagoa da Mina (1.000 ppm em uma amostra), Bela Vista do Buião (1.500 ppm em uma amostra), Lajes (700 ppm em duas amostras), Cacimba da Torre (450 ppm em uma amostra), Bom Despacho (700 ppm em uma amostra) e Lajem do Homem (fazenda Mari): 500 ppm em uma amostra.

7) Considerando as reservas até então medidas, 16.000.000 de toneladas de minério com teor médio de 1,2% de Cu metálico, declararam-se pela inviabilidade do aproveitamento econômico do minério de cobre de Caraíba.

Ainda nos anos de 1963-1964, R. Lewis Jr et alii (1970), sob os auspícios de um convênio celebrado entre o DNPM, a Universidade da Bahia e a USAID, encetaram uma ampla prospecção geoquímica, com etapas de caráter regional, de semi-detalhe e de detalhe, na região do vale do Curaçá e vizinhanças, abrangendo uma área de 8.000 km^2. Deste trabalho resultaram as seguintes conclusões principais:

1) Chegaram a mesma conclusão de Barbosa et alii (op.cit.) com respeito ao controle litológico das mineralizações de cobre do vale do Curaçá, isto é, comprovaram sua associação com as rochas máficas-ultramáficas.

2) Distinguiram, no vale do Curaçá, três tipos de mineralizações de cobre, em função das associações litológicas e estruturais: a) mineralização primária de sulfetos (calcopirita e bornita), disseminada ou em vênulas, em piroxenitos e noritos, que consideraram o tipo mais importante; b) mineralização primária de sulfetos (principalmente calcopirita) disseminada de modo fraco e errático em anfibolitos; e c) mineralização secundária (crisocola, malaquita e azurita) associada a grandes fraturas e zonas cisalhadas.

3) Incluíndo aquelas já conhecidas, catalogaram 14 ocorrências de minerais cupríferos no vale do Curaçá.

4) Em nível de detalhe consideraram localidades com 100 ppm ou mais de cobre, no solo residual, como de interesse potencial; com 250 ppm ou mais de cobre como indicativas de prováveis mineralizações; e com 1.000 ppm ou mais de cobre como demarcatóriasda presença de corpo mineralizado.

5) Tendo como base os critérios citados no ítem anterior, a constituição litológica do corpo relacionado as anomalias detectadas, e em alguns casos, a presença de minerais oxidados, emitiram as seguintes recomendações:

a) imediata investigação de detalhe, inclusive com sondagem, nos corpos de Bela Vista do Buião, Senhor de Lisboa e Lagoa da Mina; e
b) prospectar com mais detalhes os corpos máficos--ultramáficos que ressaltaram como potencialmente promissores para cobre: Carcará, Surubim I(não confundir com o depósito de Surubim),Terra do Sal, Esfomeado e Sertãozinho.

Os dois últimos trabalhos, ambos executados por determinação do DNPM, tiveram importância fundamental na história da pesquisa do vale do Curaçá, tendo inclusive fornecido as justificativas técnicas para a criação, em 1965, do Projeto Cobre do Vale do Curaçá.

Para executar o citado projeto, o DNPM inicialmente contratou a companhia Geologia e Sondagem Ltda - GEOSOL, cujos trabalhos de pesquisa foram iniciados em abril de 1965 e se estenderam até março de 1968. Os resultados dos serviços realizados pela GEOSOL estão relatados em dois relatórios apresentados ao DNPM, em março e julho de 1969, respectivamente (Ladeira et Brockes Jr, 1969 e Ladeira, Brockes Jr et Dutra, 1969).

Os trabalhos desenvolvidos por aqueles autores podem ser encarados da maneira abaixo exposta.

1. Prospecção das zonas potencialmente favoráveis a mineralização cuprífera.

Baseados nos excelentes resultados, quanto a aplicabilidade do método geoquímico, obtido por Lewis Jr et alii (op.cit.), a GEOSOL fez do citado método o instrumento fundamental das pesquisas a serem executadas. A prospecção apoiou-se basicamente no controle litológico determinante das mineralizações, anteriormente comprovado por Barbosa et alii (op.cit.) e por Lewis Jr et alii (op.cit.),e obedecia a sistemática seguinte:

a) listagem dos corpos máficos-ultramáficos com ocorrências de minerais cupríferos já conhecidos e seleção dos corpos máficos-ultramáficos identificados nas aerofotos através de sua textura fotogeológica, de cor cinza escura, razão porque foram denominados de "manchas";

b) levantamento geoquímico de reconhecimento nos corpos máficos-ultramáficos, com amostragem de solo ao longo de uma picada eixo aberta segundo a maior extensão da mancha, sendo as amostras coletadas a intervalos de 100 metros e analisadas para Cu, Co e Cr. Nesta fase foram executados levantamentos geoquímicos experimentais em sedimentos de corrente, em torno de três corpos máficos-ultramáficos;

c) levantamento geoquímico de detalhe, segundo uma malha predeterminada, nas zonas de anomalias geoquímicas delineadas na etapa anterior;

d) nas "manchas" onde o detalhamento geoquímico confirmava as anomalias, efetuaram abertura de poços de pesquisa, trincheiras e amostragem de canal, com a preparação posterior de mapas geológicos e de distribuição de isoteores para cobre; e

e) execução de furos prospectivos nas áreas, em função de sua potencialidade.

Segundo esta sistemática foram levantadas geoquimicamente 67 "manchas" e coletadas 8.437 amostras, incluindo as de sedimentos ativos, achando-se as áreas pesquisadas relacionadas na tabela I. Em seguida, com base nos resultados deste levantamento e/ou na existência de ocorrência superficial de minerais cupríferos, foram selecionadas onze áreas para trabalhos mais detalhados (poços, trincheiras, mapeamento geológico e amostragem de canal), sendo que em quatro delas a pesquisa avançou até a fase de sondagem. As áreas pesquisadas em detalhes e os dados físicos das pesquisas executadas estão relacionadas na tabela II.

2. Mapeamento geológico sistemático.

Ladeira et Brockes Jr (op.cit.), a partir da integração dos dados acumulados nos mapeamentos de detalhe executados nas folhas contíguas de Poço de Fora, Esfomeado, Lajes e Tanque Novo, complementada pela execução de vários perfis regionais,elaboraram os mapas geológicos 1:25.000 das folhas supracitadas. Este levantamento geológico cobriu uma área de aproximadamente 760 km^2.

Quanto aos serviços de prospecção desenvolvidos pela GEOSOL, os principais resultados a que chegaram Ladeira et alii (op.cit.) foram os seguintes:

1. Trouxeram inúmeros subsídios complementares à utilização do método geoquímico, em solo residual, para a pesquisa do cobre do vale do Curaçá.

2. Demonstraram, contrariando a assertiva de Lewis Jr et Santos (op.cit.), que a geoquímica de sedimentos ativos funciona perfeitamente no vale do Curaçá.

3. Comprovaram, mais uma vez, a associação da mineralização cuprífera com as rochas máficas-ultramáficas, principalmente com os piroxenitos (hiperstenitos) e noritos.

4. Dentre às 67 áreas pesquisadas, se revelaram mineralizadas as onze seguintes: Lagoa da Mina, Cercado Velho, Senhor de Lisboa, Terra do Sal, Chico Ferreira, Bela Vista do Buião, Bom Jardim, Pombo, Mina Velha do Buião, Bela Vista e Surubim I. As "manchas" de Paredão e Murcho evidenciaram zonas com anomalias geoquímicas significativas de cobre, que deveriam ser testadas por poços e trincheiras.

5. Concluiram que as áreas de Surubim I (que não deve ser confundida com o Depósito de Surubim), Bom Jardim, Pombo, Boa Vista e Bela Vista do Buião são destituídas de significado econômico.

6. Sugeriram o prosseguimento das pesquisas nas "manchas" de Mina Velha do Buião, Chico Ferreira e Terra do Sal, a fim de se obter dados complementares que permitissem definir a real potencialidade destes corpos, embora de antemão considerassem que as duas últimas ocorrências dificilmente viriam a revelar importância econômica.

7. Avaliaram preliminarmente as reservas de minério oxidado e sulfetado das áreas de Cercado Velho e Senhor de Lisboa e a de minério oxidado da área de Lagoa da Mina, as quais totalizaram:

Áreas	MINÉRIO OXIDADO		
	Tonelagem de minério	Teor (% Cu)	Tonelagem de Cu metálico
Lagoa da Mina	273.252,800	0,743	2.029,9865
	90.978,475	1,23	1.107,4087
Cercado Velho	55.925,600	0,84	469,7700
Senhor de Lisboa	45.039,000	1,08	486,4236

Áreas	MINÉRIO SULFETADO		
	Tonelagem de minério	Teor (% Cu)	Tonelagem de Cu metálico
Cercado Velho	128.890,000	1,32	1.706,000
Senhor de Lisboa	112.500,000	1,015	1.141,000

8. Atestaram a importância dos depósitos cupríferos vizinhos de Lagoa da Mina e Cercado Velho, este último descoberto por aqueles autores.

9. Elaboraram um plano de sondagem para os corpos

de Lagoa da Mina, Cercado Velho e Senhor de Lisboa.

10. Compreenderam que mesmo os jazimentos cupríferos de pequenas proporções poderiam revelar-se economicamente explorável, dependendo de sua distância à jazida de Caraíba, da qual poderiam tornar-se depósitos satélites.

11. Sugeriram a adoção da seguinte sistemática para a prospecção do vale do Curaçá:

a) fase de reconhecimento: mapeamento geológico 1:25.000 e prospecção geoquímica por amostragem de sedimentos fluviais;
b) fase de detalhe: mapeamento geológico e levantamento geoquímico sistemático em solo residual nas áreas selecionadas na fase anterior; poços de pesquisa, trincheiras e amostragem de canal nas áreas anômalas; e, execução de furos prospectivos, dependendo da potencialidade da área.

Com respeito ao mapeamento geológico 1:25.000, as mais importantes contribuições de Ladeira et Brockes Jr (op.cit.) foram as seguintes:

1. Estabeleceram os critérios utilizados no mapeamento geológico sistemático do vale do Curaçá.

2. Subdividiram estratigraficamente, pela primeira vez, o Grupo Caraíba no vale do Curaçá, propondo, para o que denominaram de Super-Grupo Caraíba, a seguinte estratigrafia:

Super-Grupo Caraíba
- Rochas granitóides, metassomatitos e diaftoritos associados.
- Grupo Tanque Novo.
- Sequência máfica-ultramáfica.
- Grupo Rio Curaçá.

3. Subdividiram os Grupos Rio Curaçá e Tanque Novo em unidades litológicas que denominaram de "formações".

4. Atribuiram uma origem ígnea às rochas máficas-ultramáficas, relacionando-as ao magmatismo básico inicial da fase de subsidência geossinclinal.

Em fins de 1965, a Caraíba Metais S.A. contratou com a LASA S.A. o levantamento geoquímico de suas concessões na região de Poço de Fora, trabalho que foi executado pelo geólogo Belarmino Soares de Oliveira.

Em 1966, O. Barbosa reconsiderou a gênese das rochas máficas-ultramáficas do vale do Curaçá, atribuindo uma origem metamórfica-sedimentar, a partir da evolução de sedimentos calcários impuros, para o corpo hospedeiro do minério cuprífero de Caraíba.

Em 1966 e no início de 1967, a Boquira S.A., através dos engenheiros de minas Estevão Pinto e Axel Duferrand, executou levantamentos geoquímicos em diversas "manchas", nas regiões de Poço de Fora, Pinhões e Patamuté.

No começo de 1967, a Caraíba Metais S.A., em colaboração com a Mitsubishi Metal Mining Co, iniciou em suas concessões situadas na região de Poço de Fora-Pinhões, prospecção geoquímica e geofísica de reconhecimento e de detalhe, tendo locado, com base em anomalias geofísicas, furos de sondagem em Bela Vista do Buião e Surubim. Os furos de Surubim foram executados em 1968 através do DNPM e confirmaram a descoberta de um novo depósito cuprífero no vale do Curaçá.

A partir de abril de 1968 até junho de 1970 os trabalhos do Projeto Cobre passaram a ser executados sob a responsabilidade direta do DNPM, através de seu

próprio pessoal técnico. Os dados físicos da pesquisa desenvolvida nesta época são mostrados na tabela III.

A partir de junho de 1970 até setembro de 1973, época em que foram paralizados os trabalhos de campo, o programa de prospecção do Projeto Cobre foi executado sob a responsabilidade da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, estando os dados físicos da pesquisa relacionados na tabela IV. Foi também de responsabilidade da CPRM a elaboração do presente relatório, o qual engloba todos os trabalhos executados pelo Projeto Cobre através, primeiro, do DNPM e, depois, da CPRM.

A SUDENE que tinha manifestado interesse na pesquisa do cobre da região nordeste da Bahia desde a conclusão do trabalho de Barbosa et alii (op.cit.), prospectou geoquimicamente, em 1965, várias "manchas" nas folhas de Barro Vermelho e Curaçá. Posteriormente, após o acordo com o DNPM, pelo qual este órgão executaria detalhadamente a pesquisa do vale do Curaçá e a SUDENE se responsabilizaria pela área em torno da faixa de corpos máficos-ultramáficos Uauá-Patamuté, compreendida pelos paralelos (9° e 10°)S e meridianos (39° e $39^{o}45'$)WG, aquele órgão retornou a região com a criação do seu Projeto Cobre. Os trabalhos foram desenvolvidos entre 1967 e 1969 e em convênio com a Missão Geológica Alemã, tendo os geólogos Mario Jorge Costa e Alfred Leube como coordenadores, brasileiro e alemão, do projeto.

O programa de prospecção desenvolvido pelo Projeto Cobre da SUDENE-Missão Geológica Alemã compreendeu:

a) mapeamento geológico sistemático na escala 1:50.000;

b) amostragem geoquímica de solo, em caráter de reconhecimento e detalhe, com análise para cobre, níquel e cobalto, num número consideravelmente grande de corpos máficos-ultramáficos;

c) abertura de trincheiras, poços de pesquisa, mapeamento geológico de detalhe e levantamentos geofísicos com os métodos de magnetometria e IP, nos corpos máficos-ultramáficos onde os resultados da fase de pesquisa anterior justificaram tais trabalhos; e

d) furos de sonda prospectivos em áreas (Patamuté, Riacho Seco, Sítio do Chicó, etc) de maiores potencialidades, selecionadas pelos métodos geoquímicos e geofísicos.

Apesar das exaustivas pesquisas desenvolvidas em um sem número de corpos máficos-ultramáficos, não se logrou a descoberta de nenhum depósito cuprífero de significado econômico. Contudo, os levantamentos geológicos executados ensejaram a publicação de alguns trabalhos sobre a geologia e estratigrafia regional do nordeste da Bahia.

H. Jordan (1968, 1971), da Missão Geológica Alemã, propôs uma nova estratigrafia para as rochas meta-sedimentares pós-Grupo Uauá (Barbosa et alii,1964) concluindo pela equivalência estratigráfica dos Grupos Canudos e Bambuí. Para aquele autor, estes grupos e parte do Grupo Macururé (Barbosa et alii, op. cit.) são apenas fácies diferentes de um mesmo ciclo de sedimentação, por ele agrupados sob a denominação de Série Canudos (Bambuí).

Steiner (1969), também da Missão Geológica Alemã, estudou as rochas sieníticas do cordão de ser

ras Itiúba-Poço de Fora e atribuiu para elas uma origem a partir de fusão magmática, pois constatou a presença de microlitos em feldspato potássico.

Em 1973, foram publicados os mapas geológicos das regiões de Barro Vermelho-Patamuté (1.100.000), Uauá-Bendegó (1:100.000) e Curaçá-Uauá (1:250.000). Estes mapas, resultantes da integração de diversos mapas executados por geólogos da SUDENE e Missão Geológica Alemã, foram organizados e elaborados por H. Jordan.

De 1967 a 1973 - ano em que foram praticamente paralizados os trabalhos de campo e iniciaram-se as negociações entre o Grupo Pignatari e o Governo Brasileiro, culminando com a compra da Caraíba Metais S.A. e as outras empresas de mineração do citado grupo pelo BNDE - a Caraíba Metais S.A., através de seus próprios recursos ou de firmas contratadas, realizou trabalhos de pesquisa para cobre em suas concessões, tendo executado inúmeros furos de sondagem na jazida de Caraíba (corpos de Caraíba-Imburana e Baraúna), no depósito de Surubim e em áreas de alvarás. Até dezembro de 1970 o total geral de furos executados na mina Caraíba somava 153 furos, totalizando 20.206,82 metros de sondagem, enquanto que em Surubim os furos executados somavam 6.765,91 metros.

Nos anos de 1971 a 1973 a Universidade Federal da Bahia, através de seu Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Geofísica, executou trabalhos de prospecção para cobre em áreas selecionadas na região de Patamuté e no vale do Curaçá. Nestes trabalhos, desenvolvidos à título de obtenção do grau de Mestrado em Geofísica, a busca de depósitos cupríferos apoiou-se na integração de métodos geofísicos, critério que na época também já era empregado sistematicamente pelo Projeto Cobre, como uma das fases da ampla sis

temática de pesquisa utilizada pela equipe da CPRM. Entre estes trabalhos, até o momento, conhece-se a publicação daquele desenvolvido por Adalberto da Costa Dias, sob a orientação do Dr. Carlos Alberto Dias, na região da fazenda Bela Vista, área anteriormente mapeada na escala 1:25.000 e levantada por geoquímica de sedimentos ativos pelo Projeto Cobre, sem que revelasse zonas anômalas para cobre.

Por se apoiarem basicamente em métodos geofísicos em detrimento do conhecimento geológico da área e da prospecção geoquímica, tiraram algumas conclusões precipitadas, como:

a) admitir, que em termos regionais, a mineralização de cobre está controlada por falhamentos; e
b) estimar, apoiado em uma anomalia geofísica e em fracas indicações de superfície, uma reserva de 600 milhões de toneladas de uma rocha mineralizada com sulfetos de cobre associados a pirita e grafite.

Para testar a zona anômala detectada foi executado, através de um convênio entre a UFBa e a SUDENE e com apôio financeiro do BNDE, uma campanha de sondagem cujos resultados ainda não foram divulgados.

Suszczynski (1972) elaborou uma hipótese sobre a gênese do minério cuprífero do vale do Curaçá, concluindo por uma origem sedimentar-metamórfica estratiforme. Inferiu, ainda, um zoneamento geoquímico e metalogenético para as mineralizações cupríferas.

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

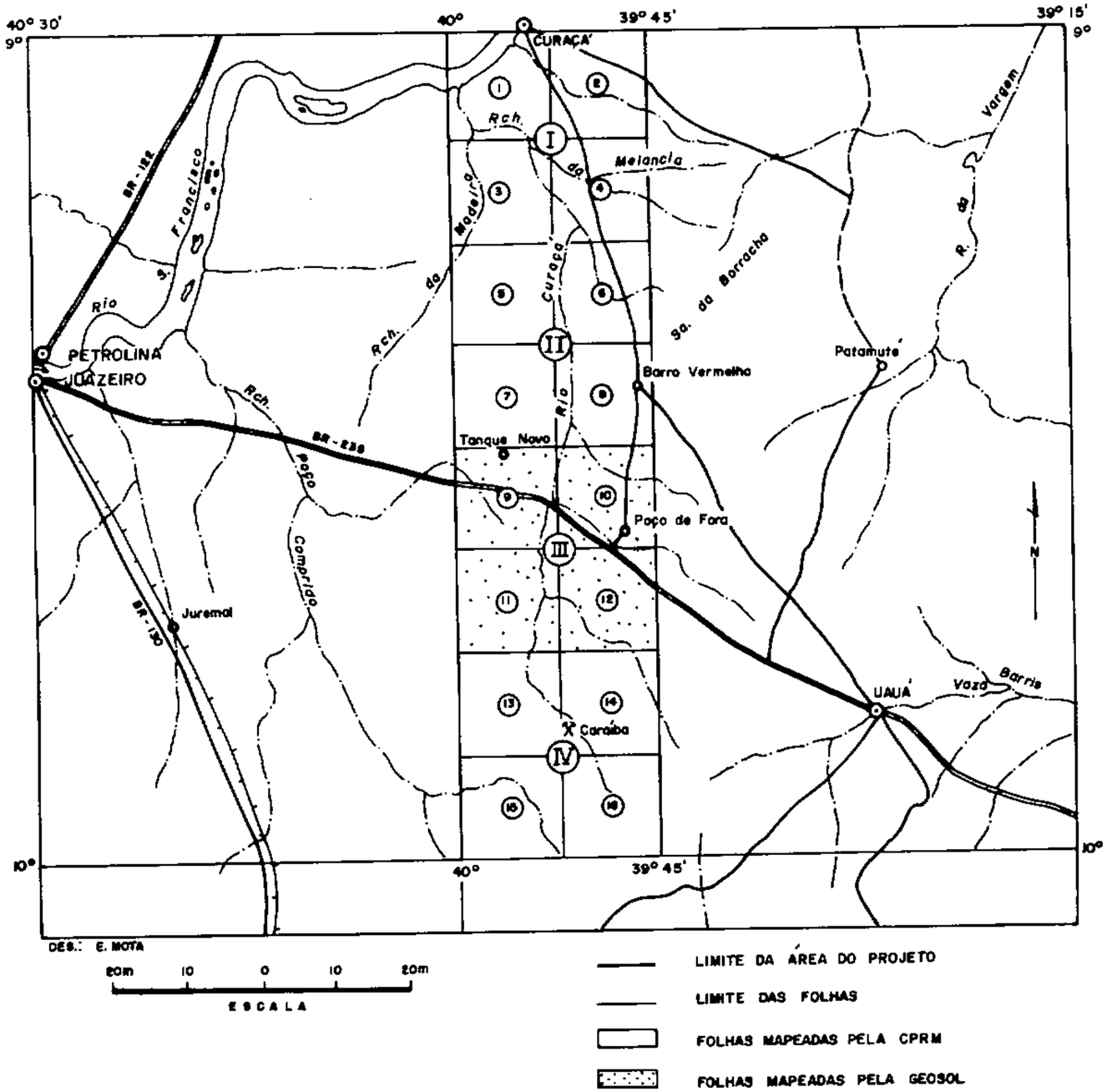
4.1. Mapeamento geológico

O programa de prospecção para o vale do Curaçá previu o levantamento geológico de toda área do Projeto Cobre. O plano de mapeamento geológico sistemático compreendeu 16 folhas de 7'30" de lado a serem mapeadas na escala 1:25.000 (fig. 2). Na escolha da escala do mapeamento foi levado em conta, principalmente, as reduzidas dimensões dos corpos máficos-ultramáficos potencialmente portadores de mineralização cuprífera. A escala selecionada permitiu uma boa representação de grande parte desses corpos, bem como tornou possível o mapeamento de certos detalhes litológicos e estruturais que posteriormente se mostraram valiosos à orientação dos trabalhos de prospecção de detalhe e à compreensão geológica da área como um todo.

Para cada folha, inicialmente, foi realizada uma interpretação fotogeológica preliminar, utilizando-se aerofotos verticais, na escala 1:25.000, produzidas pelo Serviço Aerofotogramétrico Cruzeiro do Sul - S.A.C.S., entre 1956 e 1957.

Os dados de foto-interpretação (rede hidrográfica, acidentes topográficos e feições fotogeológicas), obtidos através de exame estereoscópico, foram registrados em "overlays", os quais serviram de orientação para os trabalhos de campo.

Durante a campanha de campo, além das observações e análises inerentes ao serviço de mapeamento geológico, deu-se ênfase especial ao exame visual cuidadoso, com vista a identificação de minerais de cobre, notadamente nos fragmentos e raros afloramentos de rochas máficas-ultramáficas. Por sua associação com as mineralizações cuprífe



LEGENDA

CÓDIGO E NOME DAS FOLHAS – 1 : 25.000

1	SC.24 - V - D - II - 1 - NO	FAZENDA VENEZA
2	SC.24 - V - D - II - 1 - NE	PIRAJÁ
3	SC.24 - V - D - II - 1 - SO	RIACHO DA MADEIRA
4	SC.24 - V - D - II - 1 - SE	RIACHO DA MELANCIA
5	SC.24 - V - D - II - 3 - NO	VERMELHOS
6	SC.24 - V - D - II - 3 - NE	QUIXABA
7	SC.24 - V - D - II - 3 - SO	JARAMATAIA
8	SC.24 - V - D - II - 3 - SE	BARRO VERMELHO
9	SC.24 - V - D - V - 1 - NO	TANQUE NOVO
10	SC.24 - V - D - V - 1 - NE	POÇO DE FORA
11	SC.24 - V - D - V - 1 - SO	LAJES
12	SC.24 - V - D - V - 1 - SE	ESFOMEADO
13	SC.24 - V - D - V - 3 - NO	ARAPUÁ
14	SC.24 - V - D - V - 3 - NE	CARAÍBA - POÇO DA VACA
15	SC.24 - V - D - V - 3 - SO	BOM DESPACHO
16	SC.24 - V - D - V - 3 - SE	SANTOS ARES

CÓDIGO E NOME DAS FOLHAS – 1 : 50.000

I	SC.24 - V - D - II - 1	CURAÇÁ
II	SC.24 - V - D - II - 3	BARRO VERMELHO
III	SC.24 - V - D - V - 1	POÇO DE FORA
IV	SC.24 - V - D - V - 3	CARAÍBA

CPRM

PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 2 - Localização, código e nome das folhas geológicas mapeadas

ras, os corpos máficos-ultramáficos, identificados no campo pelo solo cinza escuro, massapê, e pelos fragmentos autóctones de rochas máficas-ultramáficas, constituiram sempre objeto de investigações geológicas mais acuradas.

A medida que prosseguia os trabalhos de campo, a foto-interpretação preliminar era modificada em função dos elementos coletados nos afloramentos estudados.

Ao fim das investigações de campo fêz-se a transferência de todos os dados registrados nos "overlays" para mapas planimétricos, na escala 1:25.000. Os mapas utilizados foram confeccionados pela PROSPEC SA, em 1968, usando as fotografias supracitadas, através de triangulação radial "slotted templates" e apoio de poligonização telurométrica. Em seguida reinterpretou-se os dados coligidos e efetuou-se uma rápida campanha de campo complementar. Posteriormente, já de posse de alguns estudos petrográficos, preparou-se o mapa geológico preliminar e um texto sucinto para cada folha. Mais tarde, de posse de todos os estudos petrográficos encomendados, foram feitas as alterações necessárias.

Esses mapas geológicos, na escala 1:25.000, foram "a posteriori" parcialmente modificados e enriquecidos em detalhes, em função de novos dados obtidos nos mapeamentos de detalhe das áreas-alvos selecionadas para a prospecção de cobre. Modificações outras se impuseram a medida que se adquiria o conhecimento geológico das folhas contíguas àquela mapeada.

Com o desenvolvimento do mapeamento geológico sistemático, as folhas geológicas 1:25.000, a medida que iam sendo concluídas, eram reduzidas para a escala 1:50.000 e integradas em um único mapa geológico. Esse procedimento foi seguido até a conclusão do mapeamento geológico

da última folha.

Com a integração paulatina dos mapas 1:25.000, na escala 1:50.000, foram sendo progressivamente melhorados os conhecimentos sobre os fenômenos geológicos condicionantes das mineralizações cupríferas e estabelecidos os controles destas mineralizações.

No presente relatório são apresentados os mapas geológicos na escala 1:25.000 das doze folhas mapeadas pela CPRM e mapas integrados cobrindo toda área do Projeto Cobre-Curaçá: quatro na escala 1:50.000 e um na escala 1:100.000.

Os mapas na escala 1:25.000 constituem anexos do volume II, enquanto os mapas integrados acompanham este volume I.

No mapeamento geológico 1:25.000, o Grupo Caraíba, cujas rochas cobrem a quase totalidade do vale do Curaçá, foi subdividido em agrupamentos litológicos, sem conotação estratigráfica, os quais foram chamados de UNIDADE. A separação destas UNIDADES foi baseada em critérios litológicos e estruturais, de modo que cada UNIDADE ficou caracterizada pelas similaridades mineralógicas e estruturais das litologias, pela predominância de um ou mais tipos litológicos e pelo fácies metamórfico.

Posicionar estratigraficamente estas unidades constituia, sabidamente, uma tarefa bastante difícil, haja visto as dificuldades, por demais conhecidas, de se elaborar a coluna estratigráfica de regiões pré-cambrianas altamente metamórfica, tendo em vista principalmente a escala (1:25.000) e a pequena extensão da área mapeada.

No vale do Curaçá, estas dificuldades gravitavam em torno do elevado grau de metamorfismo, da granitização generalizada, do complicado quadro estrutural-tec

tônico e do nível de erosão profundamente arrasado.

Malgrado todas as dificuldades conseguiu-se agrupar as rochas altamente metamórficas do Grupo Caraíba em duas sequências lito-estratigráficas: Sequências Rio Curaçá e Tanque Novo.

Esta subdivisão lito - estratigráfica foi fundamentada exclusivamente em dados de campo, a partir da análise litológica-estrutural-estratigráfica criteriosa de locais-chaves, como o Serrote Preto, e de seções-chaves, como o perfil Poço de Fora-Pinhões pela BR-235, nos quais o posicionamento estratigráfico das duas sequências pode ser bem caracterizado. Posteriormente foi realizada uma campanha de campo com a execução de várias seções geológicas nos diversos quadrantes da área, as quais serviram para testar e confirmar a validade da subdivisão proposta (6.1.1.1.).

4.2. Geoquímica

Sob este título serão feitas considerações sumárias sobre a metodologia utilizada na prospecção geoquímica e os estudos orientativos encetados, assuntos que são tratados detalhadamente no volume IV deste relatório.

4.2.1. Geoquímica de sedimentos de corrente

A prospecção geoquímica de sedimentos ativos foi a princípio desencorajada por Lewis Jr et Santos (1966) devido ao tipo de amostragem efetivado na época, restrita ao material arenoso dos aluviões, de forma a preconceber uma concentração do cobre sob forma de minerais residuais.

Ladeira et alii (1969) realizando no

vos testes de amostragem, desta feita sobre o material mais argiloso dos aluviões, contestaram a opinião de Lewis Jr et Santos (op. cit.) e sugeriram o emprego desta técnica de trabalho na fase de reconhecimento geoquímico.

Finalmente, elaborou-se uma complementação dos estudos orientativos iniciados por Ladeira et alii (op. cit.), em novas ocorrências de cobre da região, comprovando-se a exequibilidade técnico-econômica da utilização deste método de prospecção para cobre no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá.

4.2.1.1. Os testes realizados

Os estudos orientativos desenvolvidos por Ladeira et alii (op. cit.), envolveram os seguintes testes:

1) Teste do tipo de amostragem, incluindo amostras do material arenoso, pobre em argila, coletadas próximo a superfície e amostras do material mais fino, dos níveis mais argilosos dos aluviões, coletadas a maior profundidade(fig.3 e 4); e

2) Análises espectroquímicas para cobre, cromo e níquel, na fração natural da amostra inferior a 120 meshs.

Na complementação desses estudos orientativos elaborou-se mais os seguintes testes:

3) Visando estabelecer uma técnica de amostragem para os pequenos tributários (drenagens de 3ª, 4ª, etc, ordem) que não apresentam os níveis argilosos, normalmente só encontrados nos aluviões de 1ª e 2ª ordem, coletou-se o material mais argiloso acumulado sob ou nas proximidades de blocos de rocha que não incomumente se encontram, ligeiramente soterrados, no canal principal desses córregos;

4) Além de cobre total e níquel, realizou-se analises para cobre solúvel, um método que normalmente vem sendo utilizado, com sucesso, em estudos similares desenvolvidos em outras partes do mundo (fig. 5 e 6); e

5) Sobre um lote de amostras realizou-se análises para cobre e níquel em duas frações granulométricas (uma inferior a 80 meshs e outra inferior a 120 meshs) para definir-se qual das duas frações era mais conveniente do ponto de vista técnico-econômico, pelo fato de que em ambas frações analisadas os resultados geoquímicos mostraram-se significativos.

4.2.1.2. Sumário dos resultados

As conclusões extraídas dos estudos orientativos e confirmadas satisfatoriamente no desenrolar da prospecção são, a seguir, sumarizadas:

1) Ratificando as afirmativas de Ladeira et alii (op. cit.), a amostragem dos sedimentos ativos funcionou perfeitamente como método geoquímico de reconhecimento para cobre no vale do rio Curaçá, sendo para isto amostrado o nível apropriado dos aluviões, que no caso deve ser o nível argiloso, encontrado normalmente sobre as drenagens de 1ª e 2ª ordem. Para os tributários menores a amostragem se processou sobre os sedimentos argilosos acumulados junto e abaixo dos blocos de rochas que se encontram levemente soterrados no curso desses córregos.

2) Os valores de cobre total e cobre solúvel apresentaram contrastes bem acentuados próximo às ocorrências cupríferas (tab. V), atingindo, para cobre total, até 15 vezes o valor do "background" de Cu. t e, para cobre solú-

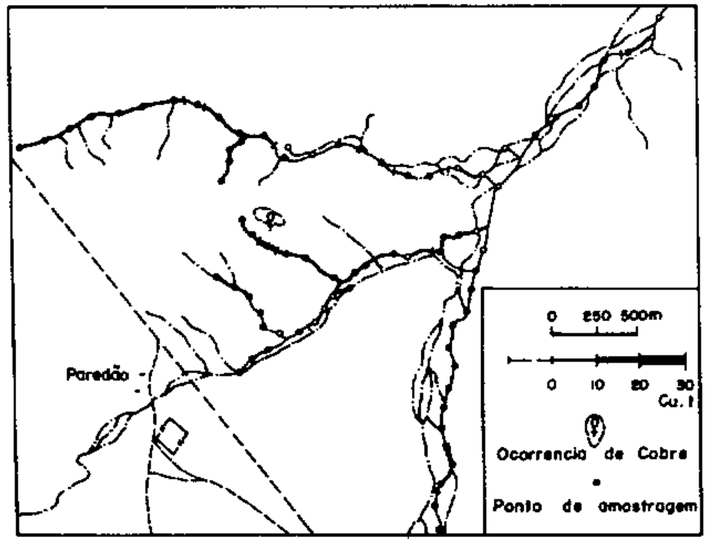


Figura 3 - Representação gráfica dos valores de cobre total dosados em amostras arenosas de sedimentos de corrente, coletadas próximo a superfície, na área da ocorrência cuprífera de Paredão (seg. Ladeira et alii, 1969)

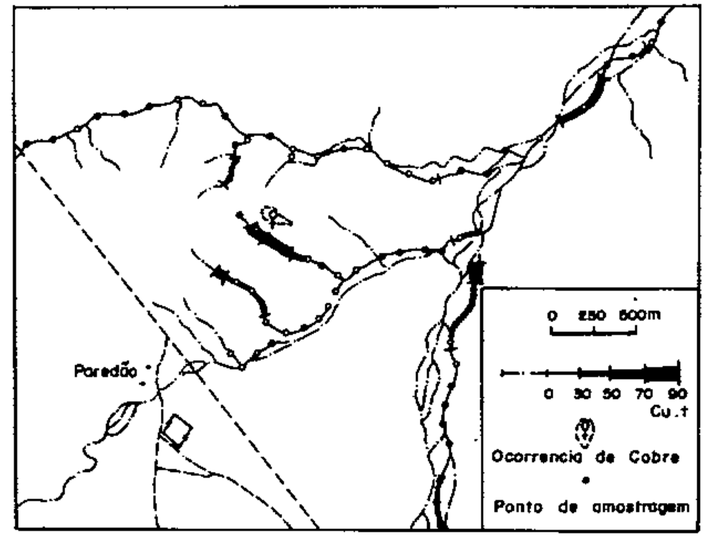


Figura 4 - Representação gráfica dos valores de cobre total dosados em amostras argilosas de sedimentos de corrente, na área da ocorrência cuprífera de Paredão (seg. Ladeira et alii, 1969)

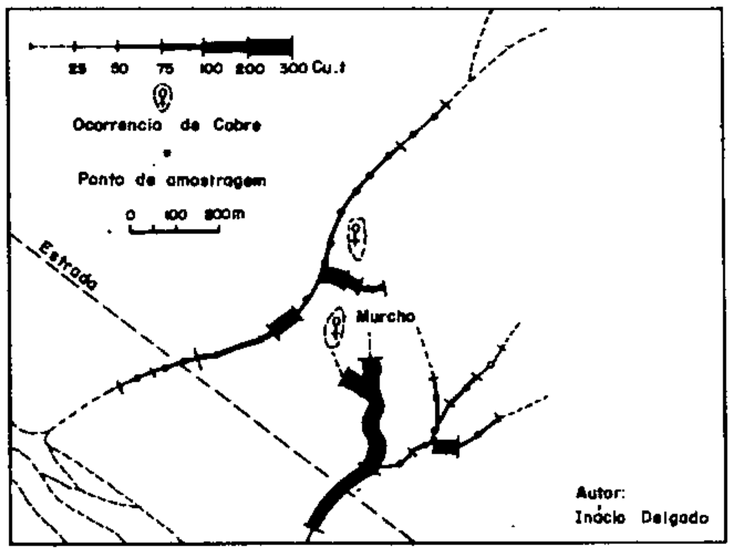


Figura 5 - Representação gráfica dos valores de cobre total dosados em amostras argilosas de sedimentos de corrente, na área da ocorrência cuprífera de Murcho.

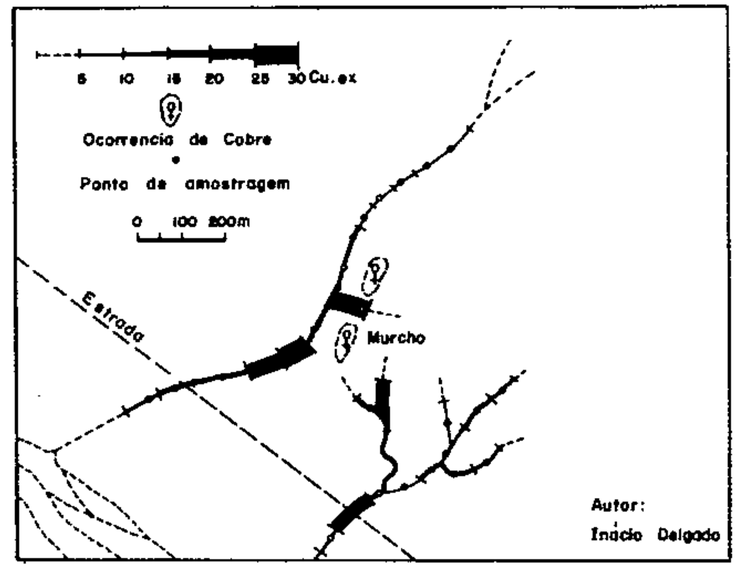


Figura 6 - Representação gráfica dos valores de cobre solúvel, dosados em amostras argilosas de sedimentos de corrente na área da ocorrência cuprífera de Murcho.

Tabela V - Concentrações de cobre e níquel em sedimentos de corrente na ocorrência de Murcho.

Amostras de sedimentos a jusante do corpo mineralizado. (anômalo)		* Cu. t (ppm)	** Cu. ex (ppm)	Cu.ex/Cu.t (%)	Ni (ppm)	Observações
1110-ID-26	perto da mineralização	175	30	17	60	Riacho médio (drenagem de 2ª ordem)
27	70m rio abaixo	88	20	22	60	
28	180m rio abaixo	75	18	24	50	
29	250m rio abaixo	62	15	24	45	
65	300m rio abaixo	62	15	24	50	
66	360m rio abaixo	38	12	31	60	
1110-ID-80	perto da mineralização	250	20	8	60	Riacho pequeno (drenagem de 3ª ordem)
79	perto da mineralização	250	18	7	80	
78	60m rio abaixo	300	15	5	60	
68	210m rio abaixo	150	15	10	70	
67	240m rio abaixo	150	20	13	60	
85	300m rio abaixo	175	20	11	55	
86	360m rio abaixo	100	12	12	60	
Amostras de sedimentos a montante do corpo mineralizado. (Background)						Riacho médio (drenagem de 2ª ordem)
1110-ID-19		25	5	20	60(?)	
1110-ID-20		25	5	20	50(?)	

* Cobre determinado mediante abertura da amostra com $K_2S_2O_7$
** Cobre determinado mediante extração com HCl 1:1.
Todas as determinações foram feitas a <80 mesh.

vel, até sete vezes o valor do "background" de Cu. ex. Em que pese o menor contraste, o cobre solúvel apresentou maior dispersão ao longo do curso dos riachos, favorecendo a sua utilização como método de reconhecimento geoquímico, com os valores anômalos persistindo rio abaixo até 700 metros distante da fonte do metal.

3) Em função da distribuição do cobre ao longo dos sedimentos ativos, o intervalo de amostragem situou-se em torno de 250 metros, correspondendo a duas amostras para cada quilômetro quadrado de área. Essa densidade de amostragem permitiu que nas zonas anômalas, detectadas pelo reconhecimento geoquímico, pelo menos duas amostras apresentassem valores significativos, diminuindo, em escala de probabilidade, a interpretação de anomalias devido a erros isolados de amostragem ou analíticos.

4) Constatou-se um evidente processo de diluição dos valores geoquímicos quando um tributário desagua em outro, fenômeno que pode conduzir ao desaparecimento completo de uma anomalia geoquímica, dependendo do volume dos aluviões de determinados riachos que drenam a região.

5) Com base nos trabalhos orientativos, foram estimados os seguintes valores de "background" e "threshold" para os pequenos e médios tributários, posteriormente confirmados no tratamento estatístico das populações geoquímicas:

Elemento analisado	"Background"(ppm)	"Threshold" (ppm)
Cobre total	25	60
Cobre solúvel	5	15

Para os tributários maiores (drenagens de 1ª ordem), utilizou-se os limiares de 50 ppm para cobre total e 10 ppm para cobre solúvel.

6) Os valores elevados de níquel, normalmente supe

riores a 40 ppm, constituiram uma das características delimitativas dos corpos máficos-ultramáficos, dentro da paisagem geoquímica regional. Devido a associação da mineralização de cobre com os referidos corpos, tornou-se recomendável a análise para níquel dos sedimentos amostrados, visando uma pré-seleção das anomalias de cobre significativas, relacionadas a "barreiras geoquímicas", das anomalias significativa na proximidade de corpos máficos-ultramáficos.

7) Tendo em vista o contraste registrado para cobre (mais significativo na fração inferior a 80 meshs) e níquel (aproximadamente o mesmo contraste nas frações inferiores a 80 meshs e 120 meshs) e considerando as variâncias das populações testadas de cobre (discrepância de 0,07 entre as duas frações) e níquel (menor variância na fração inferior a 80 meshs), concluiu-se pela conveniência da adoção da fração inferior a 80 meshs para efeito de processamento de análises geoquímicas dos referidos metais. Além do rendimento assinalado, a rapidez da preparação das amostras refletiu em economia dos custos.

8) Em termos econômicos, apesar da densidade elevada de amostragem para o reconhecimento geoquímico (conclusão chegada em função dos estudos orientativos), o número de amostras de sedimentos necessário para cobrir uma folha 1:25.000 ainda é cinco vezes menor do que se a amostragem fosse processada em uma malha adequada sobre o solo residual.

4.2.2. Geoquímica de solo residual

A prospecção geoquímica de solo residual vem sendo utilizada, com sucesso, no vale do rio Curaçá, desde os primeiros programas de pesquisa. Com especial

ênfase merecem referências os trabalhos de Lewis Jr et Santos (1966), Ladeira, Brockes Jr et Dutra (1969) e Lewis Jr, Mattoso et Brim (1970).

Lewis Jr et Santos (op. cit.) testaram sete metais (Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Cr e Mo) nos solos que capeam os principais tipos de rochas na jazida de Caraíba e evidenciaram os seguintes aspectos:

1) Os solos da região são essencialmente residuais e refletem a natureza da rocha subjacente;

2) A presença de 1.000 ppm de Cu no solo massapê castanho escuro indicaria provavelmente um corpo de rocha máfica-ultramáfica mineralizada;

3) Valores elevados de Ni, Co, Cr e Zn no solo, indicam tão somente a natureza máfica-ultramáfica da rocha subjacente e não necessariamente mineralizações de cobre;

4) Valores elevados de Pb e Mo são desprovidos de significado, pelo menos como indicadores de mineralizações de cobre ou de tipo de rocha; e

5) A amostragem das folhas das árvores, especialmente a catingueira (Caesalpina pyramidalis) pode ser de grande valia na prospecção para cobre.

Lewis Jr et alii (op. cit.) executaram estudos geoquímicos envolvendo prospecção de solo em nível regional, semi-regional e de detalhe e destes trabalhos resultaram as seguintes conclusões principais:

1) A prospecção regional somente para cobre não propiciou uma indicação conclusiva de áreas de rochas máficas-ultramáficas;

2) A prospecção semi-regional em malha de (200 x

500)m não se amostrou adequada, deixando de caracterizar zonas efetivamente anômalas;

3) Em nível de detalhe consideraram localidades com 100 ppm ou mais de cobre como de interesse potencial; com 250 ppm ou mais de cobre como indicativos de prováveis mineralizações e com 1.000 ppm ou mais de cobre como demarcatórias da presença de corpo mineralizado.

Ladeira et alii (op. cit.) trouxeram inúmeros subsídios complementares às pesquisas anteriores tendo, entre outras, contrariamente a assertiva de Lewis Jr et Santos (op. cit.), indicado que a geoquímica de sedimentos ativos funciona perfeitamente no vale do Curaçá. Apresentaram informações muito detalhadas e seguras sobre as características pedológicas das zonas máficas-ultramáficas e caracterizaram a paisagem geoquímica do vale do Curaçá como do tipo "eluvial ou autônoma", com base nos critérios de Perel'man (1967). Dentre estas, outras conclusões foram ressaltadas:

1) Inexistência de um nível ótimo de amostragem de solo residual, tendo em vista que os maiores teores em cobre ocorreram erraticamente em todos os níveis;

2) Devido ao perigo de amostragem do horizonte A_{00}-A_1, recoberto frequentemente por uma película de areia transportada que poderia falsear os resultados, sugeriram que a amostragem fosse feita em torno de 45 cm, pois a esta profundidade seria coletado sempre o solo "massapê", argiloso, montmorilonítico,retentor de cobre;

3) Determinaram o valor de 250 ppm como o mais aceitável para o limiar do cobre; e

4) Consideraram os halos secundários residuais de cobre, nos locais pesquisados, possuindo tanto natureza mecânica quanto sálica (química), sendo os primeiros provavelmente de maior importância.

Considerando a necessidade de complementação das informações referentes aos padrões da dispersão geoquímica no ambiente secundário, selecionou-se o Alvo L-2 para novos testes, por envolver corpos máficos com teores significativamente anômalos de cobre. A pesquisa foi adicionalmente complementada, mediante uma prospecção detalhada em solo residual do corpo máfico-ultramáfico, norítico-piroxenítico mineralizado, denominado de Pirulito.

A pesquisa teve como objetivos, dentre outros, os seguintes:

1) Teste do horizonte ideal de amostragem de solo, de definição ainda duvidosa pelas pesquisas anteriores;

2) Caracterização do ambiente geoquímico em termos de pH e Eh;

3) Estudo da conveniência de se testar outros metais em campanhas subsequentes;

4) Determinação dos padrões da dispersão geoquímica na área, com especial ênfase dos elementos Cu, Cr, Ni e Co;e

5) Aplicar, as informações adquiridas, ao planejamento do programa de exploração mais eficaz e econômico dentro da mesma paisagem geoquímica regional.

4.2.2.1. Perfil pedológico

O perfil típico do solo residual do corpo máfico-ultramáfico de Pirulito, pode ser descrito se

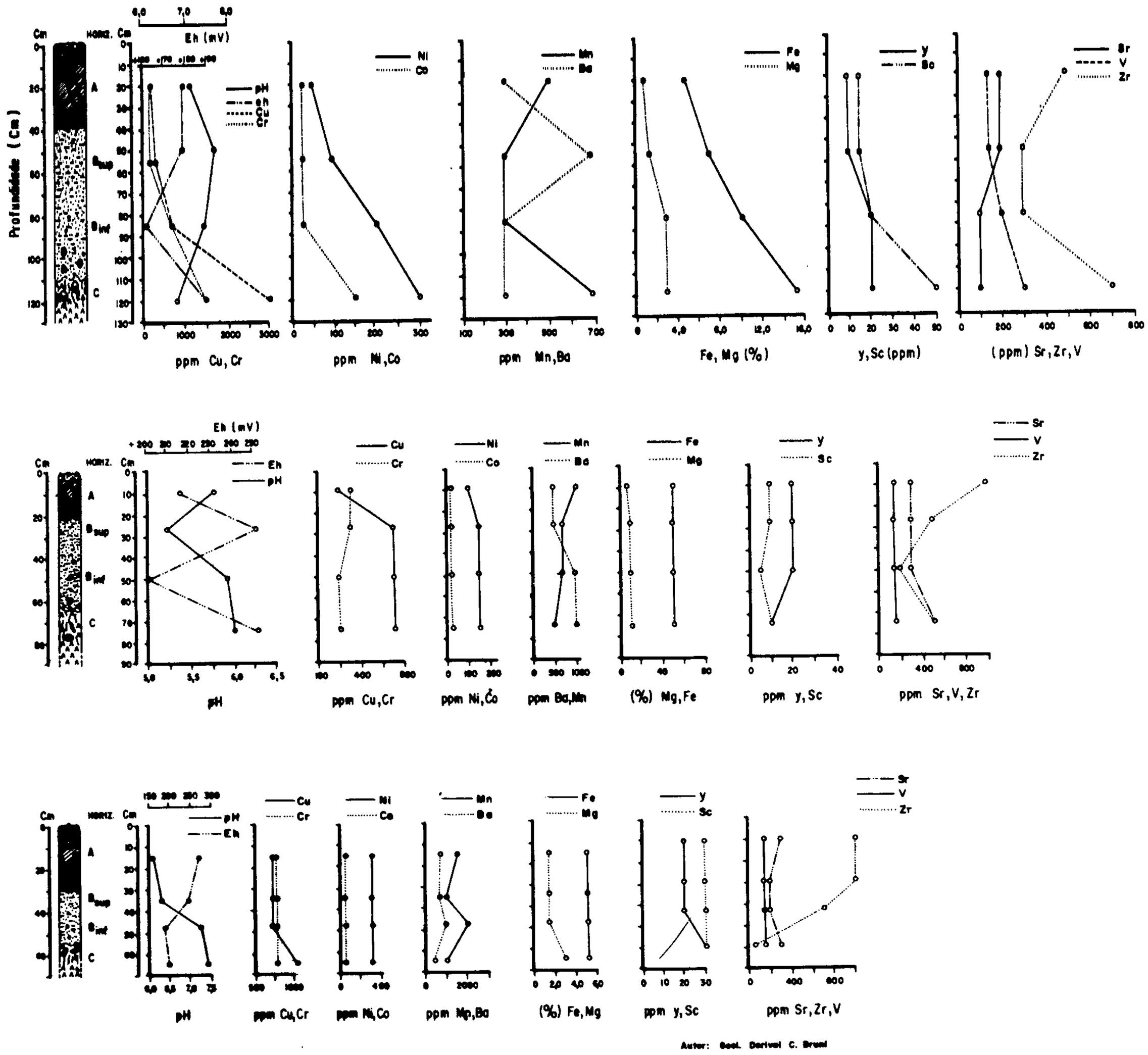
gundo as características a seguir especificadas:

Horizonte A_{00}(0-3)cm - Nível com fragmentos orgânicos semi-decompostos e muitos fragmentos pequenos de rocha residual intemperizada. Este horizonte é comum sobre rochas máficas.

Horizonte A (3-20)cm - Normalmente mal desenvolvido em decorrência, em parte, da fraca precipitação pluviométrica e da elevada taxa de escoamento superficial. Comumente trata-se de um horizonte cinza escuro, húmico, argiloso, por vezes com pequenos fragmentos de composição quartzo-feldspática ou fragmentos de rochas máficas. Estrutura prismática, com superfícies brilhantes. Todo o horizonte é atravessado normalmente por fendas de retração aproximadamente verticais, que lhe conferem uma super-estrutura prismática. Plástico, com boa compacidade. O pH medido em laboratório, com aparelho METROHM HERISAU - E 520, é neutro ou ligeiramente ácido.

Horizonte B_2(20-50)cm - Nível normalmente bem desenvolvido, textura dominantemente argilo-arenosa, com boa compacidade, muito plástico, tonalidade cinza escura. Estrutura poliédrica com faces planares brilhantes. Super-estrutura prismática. Teor húmico moderado a alto. Atravessado por raízes. O pH é normalmente neutro a ligeiramente alcalino. Este nível contém, por vezes, nódulos de carbonato de cálcio.

Horizonte C (+ de 50 cm) - Rocha matriz altamente decomposta, muito friável. Composição dominantemente anfibolítica-piroxenítica e fragmentos de composição quartzo-feldspática-biotítica.É comum a preservação da estrutura da rocha matriz. A figura 7 mostra esquematicamente o perfil pedológico desen



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 7 - Perfis geoquímicos verticais desenvolvidos sobre os solos derivados das rochas máficas-ultramáficas da área-teste de Pirulito

volvido sobre rocha máfica-ultramáfica do vale do Rio Curaçá.

Nas bordas do corpo máfico-ultramáfico e, progressivamente à medida que se afasta do mesmo, domina o solo de textura areno-argilosa passando a arenosa, exibindo tonalidade creme a ocre-pardacento, normalmente de pequena espessura (menos de 30 cm), com horizonte A incipiente, fracamente desenvolvido, refletindo a cobertura residual do biotita-gnaisse migmatítico encaixante do corpo.

Conforme pesquisas anteriores de Ladeira et alii (op. cit.) o solo "massapê" é constituído por filossilicatos, com predomínio da montmorilonita e, em ordem decrescente, vermiculita, ilita e clorita. São registrados interestratificados de montmorilonita-vermiculita, montmorilonita-ilita e montmorilonita-clorita-vermiculita. Subordinadamente ocorre caolinita.

Convém observar que as características pedológicas do perfil aqui descrito podem, em linhas gerais, ser consideradas como peculiares aos solos derivados de complexos máficos-ultramáficos, no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá, conforme observações registradas no âmbito do Projeto Cobre, complementadas pelas pesquisas anteriores de Lewis Jr et Santos (1966) e Ladeira et alii (1969).

4.2.2.2. Estudo orientativo no corpo de Pirulito

4.2.2.2.1. Amostragem de rotina e técnicas analíticas

Preliminarmente foi executada uma prospecção de reconhecimento na área da fazenda Sertãozinho

(Alvo L-2), segundo uma malha de 300 m (N-S) x 100 m (E-W), compreendendo a coleta de amostras ao nível do horizonte B (fig. 55). Nesta etapa foram procedidas determinações colorimétricas semi-quantitativas para cobre, em fração granulométrica inferior a 100 meshs, conforme técnica descrita no Boletim 1152 da USGS.

No alvo-teste de Pirulito foram abertos 76 poços de amostragem, segundo malha de 50 m (N-S) x 25 m (E-W) de modo a incluir totalmente o corpo máfico norítico-piroxenítico mineralizado, com dimensões aproximadas de 70 m (E-W) x 300 m (N-S).

As amostras foram coletadas em quatro níveis incluindo os horizontes A, B (subdividido em duas partes equidimensionais) e C. Em três perfis, estrategicamente localizados, foram testados,adicionalmente, trinta elementos.

Os metais foram testados por espectrografia semi-quantitativa segundo a técnica descrita por Grimes et Marranzino (1968) na Circular 591 da USGS. O processo de comparação visual utiliza padrões de concentração de 1-2-5-10-20-50-100-200-500-1000-2000-5000 ppm, etc, e interpolações visuais entre estes valores são sempre dadas como 1,5 - 3 - 7 - 15 - 30 - 70 - 150 - 300 - 700 - 1500 ppm, etc.

A precisão (reprodutibilidade) de um valor registrado é de,aproximadamente, mais (+) ou menos (-) um intervalo de concentração num limite de confiança de 68%, ou dois intervalos de concentração num limite de confiança de 95%.

4.2.2.2.2. Técnicas estatísticas utilizadas

Os resultados analíticos para cobre, cromo, níquel e cobalto foram, preliminarmente, submetidos a tratamento estatístico convencional segundo os procedimentos estabelecidos por Tennant et White (1959) e Lepeltier (1969).

Os dados se adequaram satisfatoriamente a uma distribuição segundo a lei lognormal. O cobre, entretanto, mostrou uma distribuição bimodal, condicionada, provavelmente, pela brusca variação dos controles litológicos (corpo máfico-ultramáfico e gnaisse migmatítico), na escala do detalhamento executado. Os histogramas para os dados não transformados mostraram uma distribuição assimétrica positivamente o que é indicativo de uma distribuição lognormal, entre outras. Curvas de frequência cumulativa para Cu, Cr, Ni e Co permitiram uma melhor caracterização das duas populações envolvidas pelo alvo-teste de Pirulito.

Os demais metais testados, detectados ao nível da sensibilidade do método, adequaram-se, por vezes, a uma distribuição segundo a lei normal.

Programação adicional, através de computador, foi desenvolvida para testes de correlação linear simples e de regressão linear múltipla sequencial. A correlação linear foi aplicada visando, especialmente, definir eventuais associações de metais no alvo-teste, particularmente com relação ao cobre. Foram obtidas equações lineares de correlação para cobre segundo a equação geral:

$Cu = a_o + a_1 Y$, sendo:

Cu, a variável dependente;

Y, a variável independente (outro metal);

a_o, a interseção; e

a_1, o declive da reta; onde:

$$a_1 = \frac{\text{Covariância entre Cu e Y}}{\text{Variância de Y}} \text{ ; e}$$

$a_o = C\bar{u} - a_1 \bar{Y}$; sendo:

$C\bar{u}$ e $\bar{Y}$ as médias de cobre e do segundo metal.

Com relação ao cobre registraram-se as seguintes correlações dos metais: Cr (0.91), Ni (0.90), Sc (0.72), Mg (0.70), V (0.66), Co (0.66), La (-0.52), Fe (0.40) e Sr (-0.40), admitidas correlações fortes. Todavia, correlações fracas foram registradas com os seguintes elementos: Ti (0.29), Y (0.17), Pb (0.11), Zr (-0.99), Ca (0.90) e Ba (0.08).

Um estudo de regressão linear múltipla sequencial possibilitou a caracterização de algumas associações críticas do ponto de vista geoquímico. O cobre foi admitido como variável dependente, tendo como variáveis independentes os seguintes metais: Ni, Cr, Fe e Y, associação comum a corpos máficos-ultramáficos. Constatou-se que para os horizontes A, B e C, depois da entrada de duas variáveis dependentes não se tem muito mais variância explicada (accounted for), isto é, não se dispõe de maior quantidade de informações motivadas.

4.2.2.2.3. Ambiente geoquímico em termos de pH e Eh

Adotando-se os critérios estabelecidos por Hansuld (1966), foram desenvolvidas duas considera

ções práticas, abordando: (1) a oxidação dos sulfetos primários ao ambiente do subafloramento mineralizado e (2) o movimento dos metais no meio da dispersão secundária (solo).

O pH medido oscilou de 5,00 até 8,00 enquanto o Eh variou de + 90 a + 330 m V, no solo residual do alvo-teste pesquisado.

Trata-se de um ambiente particularmente favorável à precipitação do cobre sob a forma de Cu (OH), e também à formação de oxidados do metal.

As condições dominantes de pH, neutro a ligeiramente alcalino, pouco favoreceram à migração dos metais Cu, Ni e Co o que explicaria os halos estreitos, contíguos ao corpo mineralizado subaflorantemente, conforme mostrou a configuração da distribuição geoquímica dos metais nos quatro níveis testados. Também verticalmente registrou-se um decréscimo brusco nas concentrações dos metais a partir da rocha mineralizada, evidenciando a dificuldade de mobilização dos metais no ambiente secundário.

A principal zona caracterizada por impregnação de oxidados de cobre está definida pela faixa de pH entre 7,0 e 8,0 com Eh variando de + 100 a + 250 m V, a qual aparece bem delineada nos quatro níveis testados.

4.2.2.2.4. Distribuição dos metais no solo residual

O "background" regional do cobre em solo residual, na área da fazenda Sertãozinho, situou-se na faixa de 40 ppm. Todavia, nos solos máficos regionais de rochas conspicuamente mineralizadas, o teor médio foi da ordem de 130 ppm de Cu, concentração esta que contrasta, em média, de 5 vezes com relação as médias estimadas para as demais po

pulações em solos residuais de outras litologias.

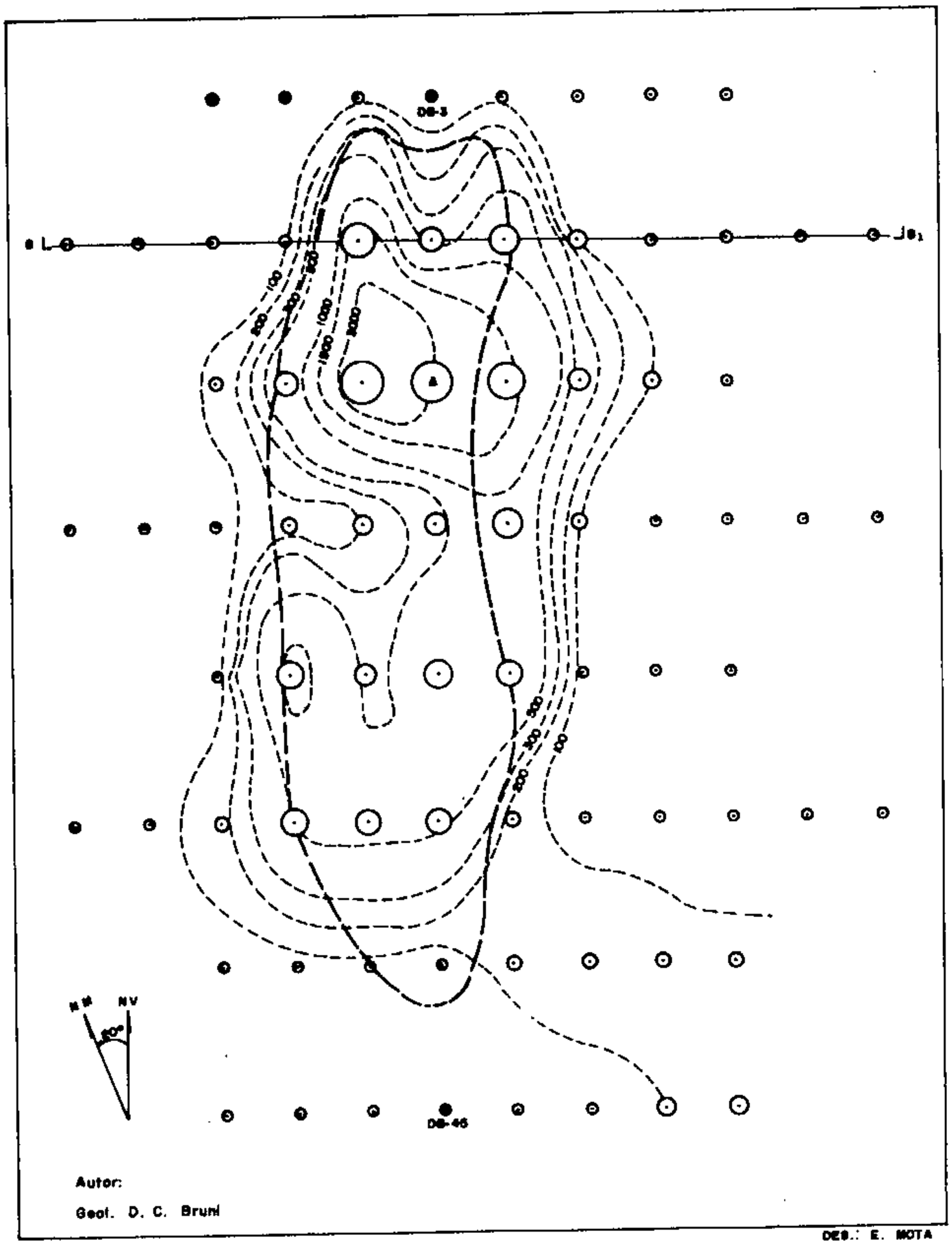
Registrou-se um incremento dos teores de Cu com a profundidade, enquanto que a variância mostrou apenas ligeiras discrepâncias nos quatro níveis, o que "a priori" poderia definir uma equivalência dos mesmos em termos de representatividade geoquímica.

A isopleta de 100 ppm para cobre nos horizontes A, B e C constituiu um bom delineamento da geometria do corpo máfico-ultramáfico, principalmente ao nível da rocha decomposta.(fig. 8).

Tanto nas faixas argilosas quanto nas arenosas, as anomalias mais intensas e melhor definidas foram obtidas pela amostragem nos horizontes B e C, possibilitando uma mais efetiva caracterização de subafloramentos mineralizados. A tabela VI apresenta um sumário das estatísticas pertinentes aos metais testados em quatro níveis do solo residual.

O declive do terreno para SW, a partir do nível mineralizado, refletiu-se na migração do cobre na zona de carreamento do solo, afetando principalmente o horizonte A. Este nível, aliás, mostrou-se, em escala de prospecção detalhada, consideravelmente descaracterizado devido ao processo de "canibalismo" (Lewis et Santos, 1966). A presença de substâncias húmicas condicionou, ademais, uma certa absorção do cobre neste nível.

A forte correlação do cobre com Cr (coeficiente de correlação r = 0.91), Ni (0.90), Sc (0.72), Mg (0.70) e Co (0.66) foi mantida nos quatro níveis testados (fig. 9). O cobalto, todavia, exibiu uma maior dispersão areal quando comparada à distribuição do Cu, Cr e Ni a partir do corpo máfico mineralizado. Tais correlações realçaram a estreita associação paragenética mantida entre Cu e Ni no



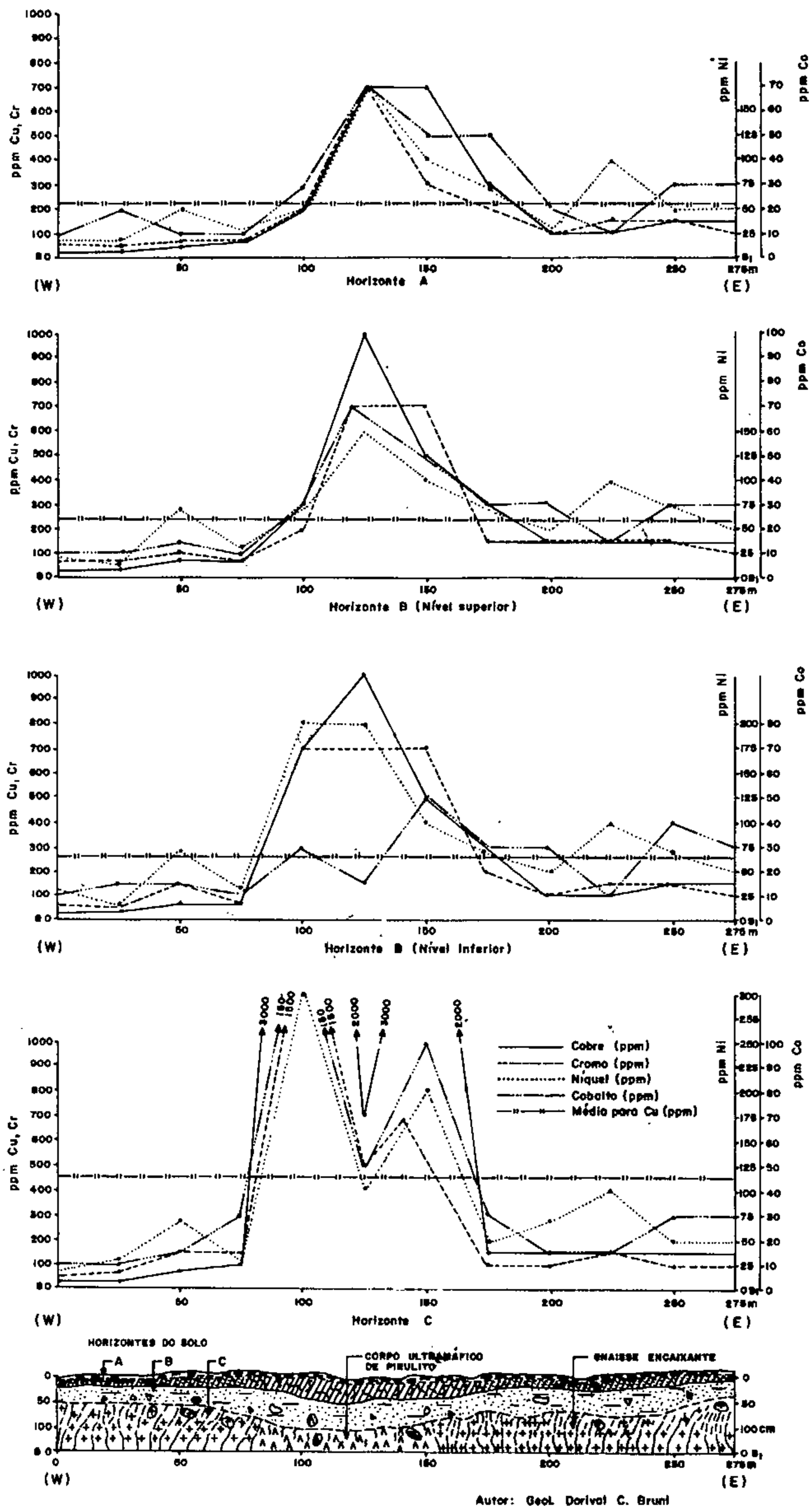
< 100 ppm Cu	Curva de isoteor (ppm Cu)	
(100 - 200) ppm Cu	Ponto de amostragem de solo	
(200 - 300) " "	Perfil geoquímico	
(300 - 500) " "	Piquete de amarração	
(500 - 1000) " "	Marco CPRM - DNPM Nº 3	
(1000 - 1500) " "	Contorno do corpo máfico	
(1500 - 3000) " "		
≥ 3000 " "		

20m 10 0 10 20 30 40 50 60m

ESCALA

PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 8 - Mapa de distribuição geoquímica de cobre no horizonte C do solo residual da área teste de Pirulito.



PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 9 — Perfis geoquímicos de cobre, cromo, níquel e cobalto nos diferentes horizontes pedológicos. (Perfil B–B_1)

Tabela VI - Sumário (parcial) das estatísticas para as populações do Alvo-Teste segundo os quatro níveis testados.

Metal	Horizonte A		Horizonte B (superior)		Horizonte B (inferior)		Horizonte C		Médias Citadas Vinogradov (1959) Krauskopf (1967) Hawkes e Webb (1962)		
	$\bar{X}$ Média	Amplitude população	$\bar{X}$ Média	Amplitude população	$\bar{X}$ Média	Amplitude população	$\bar{X}$ Média	Amplitude população	Rocha Máfica	Rocha Ultramáfica	Solo Residual
Fe	4,36	8,5	5,24	13,5	5,49	13,0	5,97	13,0	8,56	9,85	1,4 -4,0
Mg	0,84	1,80	0,95	2,70	1,03	2,70	1,28	3,50	4,5	25,9	-
Ca	1,17	0,80	1,17	1,30	1,23	2,30	1,61	11,30	6,7	0,7	0,40
Ti	0,69	1,00	0,66	0,50	0,58	0,70	0,51	0,80	0,90	0,30	0,46
Mn	700	1200	610	1350	660	1350	750	4800	2200	1300	850
Ba	550	800	590	1300	670	1400	1000	5200	270	15	500
Co	25	60	24	60	27	145	30	145	45	200	8
Ni	65	270	89	280	99	290	114	290	160	1200	40
Cr	23	980	240	980	270	980	310	1480	300	2000	200
Cu	225	980	235	980	265	980	455	2980	140	80	20
La	105	480	100	280	86	180	91	480	27	-	40
Y	18	20	19	20	19	20	21	40	33	-	-
Pb	14	25	16	25	16	25	17	45	12	-	10
Sr	290	600	270	600	270	600	310	600	140	27	350
V	115	150	120	150	125	150	130	230	200	140	100
Zr	710	800	630	800	470	800	370	950	100	30	300
Sc	14	25	16	25	16	25	17	45	24	5	-

OBS: 1) Os teores de Fe, Mg, Ca e Ti estão expressos em percentagem (%). Os demais elementos em partes por milhão (ppm).

2) Os valores da tabela referem-se aos dados brutos (não transformados).

ambiente primário, comprovada secundariamente, pela forte correlação conservada entre os mesmos no solo residual.

A significativa correlação do Cu com Cr, Ni, Sc, Mg e V, evidenciou que a migração desses elementos foi muito restrita na cobertura residual do corpo máfico mineralizado.

Através do estudo da regressão linear múltipla sequencial (tab. VII) registrou-se, em todos os casos, para os horizontes A, B e C, que depois da entrada de duas variáveis não se tem muito mais variância de cobre explicada (accounted for), isto é, não se tem maior quantidade de informações motivadas. Então tornou-se viável estabelecer a hipótese de que o Cu está seguindo os metais Ni, Cr e Co numa estreita correlação nos meios primários e secundários.

As associações Ni-Co, Ni-Fe e Ni-Cr comportaram-se de forma similar, independentemente do horizonte testado, sendo que a associação Ni-Co explicou melhor a variabilidade do Cu, alcançando a significativa taxa de redução de 89,69%.

Assinalou-se uma correlação muito forte entre Ni e Cr, Ni e Co, e Co e Cr, respectivamente, 0.91, 0.61, e 0.65.

4.2.2.3. Sumário dos resultados

1) A variância calculada para os elementos testados, principalmente Cu, Ni, Cr e Co, mostra pequenas discrepâncias entre os 4 níveis amostrados (horizontes A, B superior, B inferior e C), e o estudo de regressão linear múltipla sequencial evidencia, apenas, pequenas variações no comportamento de associações diversas de metais que motivam

VARIÁVEIS DE REGRESSÃO	(%) REDUÇÃO			
	HORIZONTE A	HORIZONTE B (Superior)	HORIZONTE B (Inferior)	HORIZONTE C
Ni-Co-Cr-Fe-Mn-V	88,69	79,72	87,85	94,39
Ni-Co-Cr-Fe-Mn	88,25	79,43	87,83	94,32
Ni-Co-Cr-Fe-V	87,30	79,60	87,31	92,30
Ni-Co-Cr-Mn-V	88,08	79,17	87,82	92,39
Ni-Co-Fe-Mn-V	88,49	79,60	87,78	94,30
Ni-Cr-Fe-Mn-V	88,08	76,50	84,67	84,76
Co-Cr-Fe-Mn-V	81,75	77,42	79,62	89,58
Ni-Co-Cr-Fe	86,85	79,23	87,17	92,29
Ni-Co-Cr-Mn	88,01	79,14	87,81	92,15
Ni-Co-Cr-V	86,63	79,03	87,26	90,75
Ni-Co-Fe-Mn	88,21	79,11	87,73	94,24
Ni-Co-Fe-V	86,97	79,42	87,20	91,62
Ni-Co-Mn-V	87,97	78,79	87,74	92,04
Ni-Cr-Fe-Mn	87,18	76,50	86,67	84,70
Ni-Cr-Fe-V	86,77	76,44	84,16	86,60
Ni-Cr-Mn-V	82,83	75,98	83,69	82,30
Ni-Fe-Mn-V	87,72	73,05	84,27	81,08
Co-Cr-Fe-Mn	81,34	76,57	78,34	89,53
Co-Cr-Fe-V	81,74	76,58	78,91	89,22
Co-Cr-Mn-V	81,70	76,05	78,70	87,11
Co-Fe-Mn-V	69,67	75,69	70,17	79,98
Cr-Fe-Mn-V	79,76	73,69	74,72	81,69
Ni-Co-Cr	76,57	78,97	87,17	90,73
Ni-Co-Fe	86,74	78,68	86,98	91,56
Ni-Co-Mn	87,95	78,68	87,72	91,83
Ni-Co-V	86,41	78,49	87,15	89,69
Ni-Cr-Fe	85,89	76,44	84,14	84,59
Ni-Cr-Mn	82,65	75,91	83,41	81,23
Ni-Cr-V	81,57	75,95	83,26	83,32
Ni-Fe-Mn	87,11	72,94	84,27	80,74
Ni-Fe-V	86,25	72,57	83,68	80,68
Ni-Mn-V	82,47	71,87	83,12	76,34
Co-Cr-Fe	81,33	75,76	77,85	89,11
Co-Cr-Mn	81,30	75,90	78,07	87,11
Co-Cr-V	81,70	74,72	77,78	87,00
Co-Fe-Mn	66,70	71,34	57,07	77,49
Co-Fe-V	67,13	74,17	64,86	79,56
Co-Mn-V	67,55	70,32	66,73	71,17
Cr-Fe-Mn	78,44	73,59	73,77	81,31
Cr-Fe-V	79,64	72,15	73,56	81,49
Cr-Mn-V	75,23	73,61	74,63	80,51
Fe-Mn-V	55,34	53,00	55,87	52,22
Ni-Co	86,41	78,26	86,98	89,69
Ni-Cr	81,38	75,86	82,71	81,22
Ni-Fe	85,73	72,30	83,58	80,11
Ni-Mn	81,85	70,89	82,54	72,16
Ni-V	81,05	71,50	82,60	76,34
Co-Cr	81,29	74,66	77,40	86,99
Co-Fe	61,12	69,00	48,81	76,56
Co-Mn	66,07	67,89	56,67	68,63
Co-V	61,49	65,13	58,55	71,15
Cr-Fe	78,27	72,11	72,86	81,17
Cr-Mn	75,22	73,41	73,02	79,12
Cr-V	75,13	72,13	73,50	80,05
Fe-Mn	52,36	40,97	34,84	33,10
Fe-V	38,41	32,68	42,06	49,33
Mn-V	52,21	52,98	55,86	49,82
Ni	80,33	70,10	81,51	72,05
Co	58,54	62,37	47,17	68,44
Cr	75,13	72,04	72,32	78,74
Fe	25,31	4,36	10,29	30,33
Mn	38,69	37,10	25,42	9,58
V	36,35	32,43	41,94	45,37

Tabela VII - Sumário da regressão linear múltipla sequencial para o Alvo-Teste.

Variável Dependente : Cu
Variáveis Independentes: Ni, Co, Cr, Fe, Mn, V

(accounted for) a variabilidade do cobre nos níveis da cobertura residual do corpo máfico.

Todos os horizontes revelam anomalias significativas e acentuado contraste geoquímico.

"A priori", poder-se-ia, pois, recomendar a amostragem ao nível do horizonte A, considerando os fatores que implicam uma maior rapidez na coleta da amostra e num baixo custo da mesma. Este procedimento, em princípio, é válido e aceitável.

Considerando, entretanto, que o horizonte A, em escala de detalhe, é susceptível a um constante processo de descaracterização acarretado pelo fenômeno de "canibalismo" (Lewis Jr et Santos, 1966), com o preenchimento de fendas de dissecação por materiais carreados em superfície pelas enxurradas das chuvas torrenciais, provocando deste modo, um constante revolvimento desse nível, pode-se, com base nestas evidências, sugerir como perfeitamente viável a conveniência de amostragem ao nível do horizonte B, para efeito de prospecção geoquímica, em escala de detalhe, em coberturas residuais de corpos máficos-ultramáficos similares, dentro do mesmo panorama geoquímico.

Convém notar, entretanto, em que pese as considerações acima, que o horizonte A constitui um reflexo razoavelmente bom do halo de dipersão anômala, no que aliás é favorecido pela sua própria textura argilosa (montmorilonítica) que tende a promover a concentração dos metais nessa argila que exibe uma alta capacidade de troca, atraindo e envolvendo os cátions metálicos por adsorção de superfície. O efeito do "canibalismo" seria, pois, de âmbito muito local e restrito, se prestando o horizonte A a levantamentos geoquímicos de reconhecimento, ou mesmo semi-detalhado, em áreas similares geologicamente.

2) Tendo em vista o caráter dominante das mineralizações de cobre, de grande ubiquidade no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá, conforme comprovam trabalhos diversos anteriormente executados em âmbito regional, e considerando as evidências obtidas no alvo-teste, onde, dentre os 30 metais pesquisados, apenas o cobre mostrou, efetivamente, concentrações significativamente anômalas no solo residual da rocha máfica, recaindo os demais metais preferencialmente na faixa de valores de "background" citados pela literatura geoquímica, poder-se-á sugerir, em princípio, como desnecessária a realização sistemática de testes adicionais para outros metais, o que poderia encarecer sensivelmente os custos de uma prospecção geoquímica detalhada.

As determinações analíticas do cobre, por si só, forneceriam subsídios válidos para a caracterização geoquímica de eventuais faixas mineralizadas, em que pese a forte correlação assinalada para Cr, Ni, Sc, Mg, V, Co, La, Fe e Mn.

3) A dispersão secundária dos metais no alvo-teste está condicionada a padrões clásticos, dominantemente, e hidromórficos de dispersão epigenética. Também os padrões de dispersão biogênica aparecem razoavelmente caracterizados, principalmente nos níveis superficiais (horizonte A), onde uma certa fração da matéria mineral liberada pela decomposição orgânica aparece, por vezes, retida no solo, acarretando um incremento nas concentrações de alguns metais, como p.ex, o cobre.

4) A mobilização de cátions solúveis, especialmente Cu, Ni e Co, é apenas parcial e muito restrita no solo residual do alvo-teste, o que seria,"a priori", um efeito das condições particularmente desfavoráveis de pH, neutro a ligeiramente alcalino, inibindo consideravelmente a migração

dos metais. O decréscimo brusco, verticalmente, nas concentrações dos metais nos horizontes A, B e C, a partir da rocha mineralizada, deixa bem patenteado tal condicionamento.

A grande capacidade de troca das argilas montmoriloníticas (horizontes A e B) possibilita uma efetiva adsorção de cátions pelos complexos adsorventes, no que contribui a difusão por capilaridade ascencional, processo que se verifica, dominantemente, numa faixa limitada, contígua e imediatamente sobrejacente ao corpo máfico mineralizado.

Com relação ao cobre, os padrões de dispersão hidromórfica parecem muito limitados, em termos de espalhamento areal, sendo que, com referência ao níquel e, principalmente, cobalto, tal tipo de dispersão é bem mais ampla e significativa, evidenciando as variações sutís no comportamento físico-químico dos citados metais.

5) No alvo-teste, dos 30 elementos pesquisados foram detectadas concentrações de 17 metais, ao nível da sensibilidade do método. Excetuando-se as concentrações anômalas do cobre, os demais metais caem na faixa de "background" citados pela literatura geoquímica para corpos máficos.

6) O "background" e o "threshold" estimados regionalmente caem, respectivamente, nas faixas de 40 e 270 ppm de Cu. Relativamente às tais faixas de valores, os teores registrados no alvo-teste de Pirulito assumem, estatisticamente, um caráter significativamente anômalo, evidenciando, naturalmente, a mineralização associada. Na prática, a isopleta de 100 ppm de Cu permite um razoável delineamento do corpo máfico-ultramáfico do alvo-teste enquanto que o contorno de 500 ppm fornece a configuração dos níveis potencialmente mineralizados.

7) A configuração clástica dos padrões de dispersão

secundária aparece bem evidenciada no alvo-teste. Assim, mesmo o cobre que é um metal de boa mobilidade (em ambiente de pH ácido), nas condições físico-químicas locais parece pouco móvel, favorecendo a formação de concentrações anômalas de origem clástica no solo residual máfico, fato evidenciado pela disseminação de grânulos de minerais oxidados (malaquita, azurita, etc.) nos halos anômalos do solo do alvo. Também a ampla variação lateral, a partir dos centros mineralizados, evidenciando contrastes bruscos dentro de pequenos espaçamentos, parecem confirmar tal suposição. Quanto aos metais de baixa mobilidade, especialmente o cromo, predomina, naturalmente, o caráter clástico e residual da dispersão, favorecendo a formação de concentrações discretas a partir da liberação dos teores de "background" da rocha matriz.

8) Verifica-se uma alta correlação do Cu com Cr,Ni, Sc, Mg, V, Co e La na população total do solo residual (horizonte A + B + C). Isto faz admitir uma estreita associação dos mesmos nos meios primários e secundários; não obstante, assinala-se uma diminuição da porcentagem de redução a partir do horizonte C para os níveis inferiores e superiores do horizonte B, constituindo uma evidência de separação dos elementos traços, sem que a correlação seja, entretanto, removida.

Convém notar que a montmorilonita resultante do intemperismo de tais corpos retém um elevado teor de cátions solúveis, ao nível do horizonte A,apresentando um aumento relativo da porcentagem de redução com relação ao horizonte B (nível superior).

9) A regressão linear múltipla sequencial, tomando-se o cobre como variável dependente e seis outros metais como variáveis independentes, sugere que não se obtem muito mais informações motivadas (accounted for) depois da entra

da de mais de duas variáveis independentes.

A associação Ni-Co é a que apresenta melhor porcentagem de redução nos quatro níveis testados.

Torna-se, pois, desnecessário, o envolvimento de outras variáveis independentes, a título de economia dos custos da pesquisa.

10) A aplicação da técnica de média móvel ao estudo de detalhe, no Pirulito, não apresentou nenhuma contribuição efetiva em termos de interpretação geoquímica. Apenas possibilitou, ao nível do horizonte C, representar em mapa de distribuição, com razoável precisão, o contorno suavizado do corpo máfico, dando uma configuração da população envolvida. Ao nível do detalhamento executado a técnica da média móvel mostra-se, pois, desnecessária.

Essa técnica, entretanto, tem se mostrado realmente eficaz em reconhecimento geoquímico regional, na caracterização de halos de dispersão, o que foi efetivamente comprovado na área do Alvo L-2 incluindo o corpo máfico-ultramáfico de Pirulito. Em termos práticos, a adoção de uma malha de 400 m (E-W) por 800 m (N-S), com recobrimentos laterais de 50%, possibilitou um bom delineamento do "trend" anômalo regionalmente detectado.

O envolvimento de um maior número de dados, segundo a malha adotada, tornando mais suavizadas as variações laterais dos halos anômalos, condiciona um melhor posicionamento, geograficamente, das principais faixas admitidas, como potencialmente favoráveis a mineralização.

11) A malha de amostragem adotada na prospecção semi-detalhada do Alvo L-2, fazenda Sertãozinho, segundo uma rede de 300 m (N-S) por 100 m (E-W), mostrou-se eficaz na definição da faixa anômala refletida pelos corpos norítico - piroxeníticos mineralizados, caracterizado secundariamente por impregnação de oxidados de cobre (cuprita, malaquita,etc) na localidade de Pirulito.

Em termos mais econômicos, todavia, uma malha de 400 m (N-S) x 200 m (E-W) seria,"a priori", susceptível à caracterização de eventuais halos de dispersão anômala no ambiente secundário, conforme evidenciou a pesquisa desenvolvida no alvo-teste.

12) O critério de "amostragem estratégica", aplicado com sucesso em levantamentos geoquímicos de reconhecimento e semi-detalhe, no vale do rio Curaçá, mostrou-se de uma especial eficácia no levantamento do alvo-teste.

Considerando que a sistematização de uma malha de amostragem implica,muitas vezes, num posicionamento inadequado das estações de amostragem com relação a certos corpos máficos esparsamente distribuídos, tornou-se necessário, em função da inspeção visual <u>in situ</u>, promover a amostragem adicional, em caráter muito limitado, correspondente as referidas faixas. A população testada, neste caso,adquire uma efetiva representatividade geoquímica, em termos qualitativos e quantitativos. Tal experiência foi bem sucedida no reconhecimento geoquímico do Alvo L-2, incluindo o depósito de Pirulito, onde a amostragem estratégica forneceu subsídios muito úteis na definição de faixas anômalas.

13) O estabelecimento de horizontes ideais para amostragem geoquímica em solo (horizonte A, em escala regional e horizonte B, em escala de detalhe) e a redução das análises a, preferencialmente, um único metal (cobre total) são

informações que poderão ser utilizadas no desenvolvimento de futuras campanhas de prospecção, mantendo a eficácia do método e uma alta economicidade de custos.

14) Ficou, mais uma vez, patenteado que em áreas de solo residual de cobertura máfica-ultramáfica uma avaliação através de prospecção geoquímica fornece informações muito seguras e eficazes acerca das mineralizações subaflorantes, tornando o método indispensável a prospecção de cobre dentro da paisagem geoquímica regional.

4.3. Geofísica

Neste capítulo é apresentado um sucinto comentário sobre os métodos geofísicos utilizados e/ou testados no vale do Curaçá. Dos estudos orientativos realizados e do emprego sistemático desses métodos, extraíram-se conclusões sobre o "modus operandi" e as técnicas de interpretação, que foram minuciosamente relatadas no volume IV-A deste relatório.

4.3.1. Polarização induzida

O método elétrico da polarização induzida, constitui o único método geofísico, entre os investigados, aplicável para a caracterização de corpos condutores, relacionados à depósitos de sulfetos disseminados em rochas máficas-ultramáficas, no vale do rio Curaçá. Por esta razão, o método deve ser utilizado desde a fase de semi-detalhe, principalmente se os Alvos selecionados para a pesquisa situam-se geologicamente em áreas de grande interesse prospectivo, definidos em função dos controles da mineralização.

Dentro deste contexto o método foi utilizado rotineiramente no Projeto Cobre, a partir de 1972, após os testes pioneiros de viabilidade, executados por Hales et Chamon em 1971. Tais testes foram executados nos corpos de Lagoa da Mina, Surubim e Senhor de Lisboa. Face à concordância entre as zonas de anomalias de IP e a presença de sulfetos nos corpos estudados, os autores concluiram pela exequibilidade técnica-econômica de aplicação do método.

Através da utilização contínua do IP, a equipe do Projeto Cobre foi gradativamente se familiarizando com os resultados obtidos e através de experiências com diferentes arranjos e espaçamentos conseguiu racionalizar os custos operacionais pelo aumento da produtividade.

4.3.1.1. Instrumentação e técnica operacional

A aparelhagem empregada foi da Geoscience Cambridge, Mass., manufaturada pela Eletro-Technical Labs (ETL), constituída de uma unidade transmissora modelo T-2800 e uma unidade receptora GEOMITE (TM) R 401/S.

A faixa de frequência varia de 0.05 a 10 cps. Na rotina selecionou-se o par de frequência de 0.3 e 3.0 cps, como o melhor para as operações.

A equipe de IP, independente do arranjo, foi constituída de um geofísico, um técnico de nível médio e auxiliares de campo sendo cinco para os arranjos polo-dipolo e Schlumberger e três para o arranjo dipolo-dipolo. Normalmente o geofísico operava o receptor e o técnico de nível médio o transmissor.

Os eletrodos de corrente mais usados foram os de ferro e os de potencial, preferencialmente do tipo "porous pot", entretanto, as condições geoelétricas

do vale do rio Curaçá, permitem que se utilizem eletrodos de aço inoxidável sem prejuízo das leituras.

As experiências com os espaçamentos e arranjos diversos mostraram que pelo fato da fase de semi-detalhe envolver áreas relativamente extensas, o IP deve ser empregado segundo o dispositivo polo-dipolo, que oferece vantagens sobre o arranjo dipolo-dipolo face a maior rapidez de operação e consequente redução dos custos da pesquisa, e apresenta informações técnicas mais precisas que o arranjo Schlumberger assimétrico. Nesta fase o método deverá ser empregado segundo uma malha de (300 x 50)m ou (150 x 50)m em quatro níveis de investigação, que atinge aproximadamente a profundidade de 112,5 m no 4º nível.

A figura 10 mostra o dispositivo do arranjo polo-dipolo, que consiste em fixar o eletrodo de corrente teoricamente no infinito e movimentar um outro ao longo do perfil levantado.

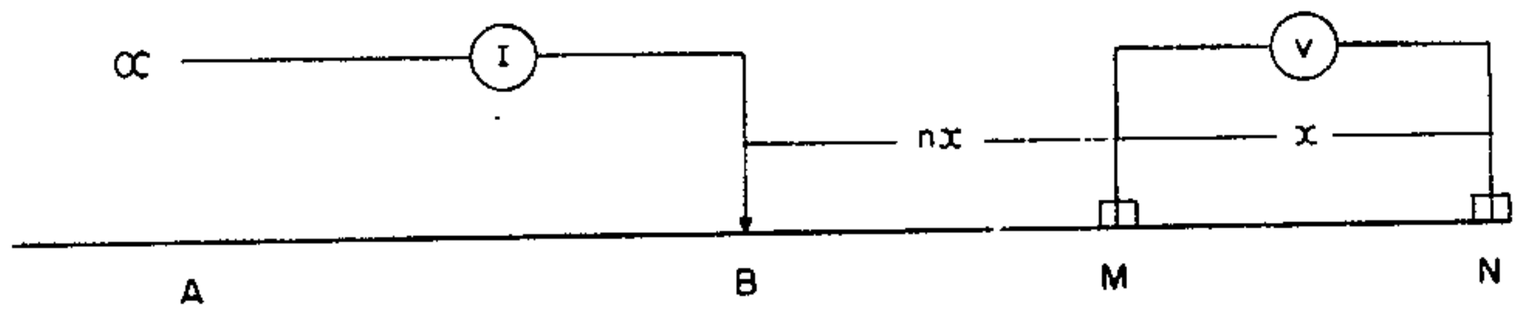


Figura 10 - Ilustração do dispositivo do arranjo polo-dipolo

Para um espaçamento MN = 50 m, utilizado no semi-detalhe, os 1º, 2º, 3º e 4º níveis, correspondem, respectivamente, a 37,5 m, 62,5 m, 87,5 m e 112,5 m de profundidade. A figura 11 ilustra a plotação de dados e a fórmula utilizada no dispositivo polo-dipolo.

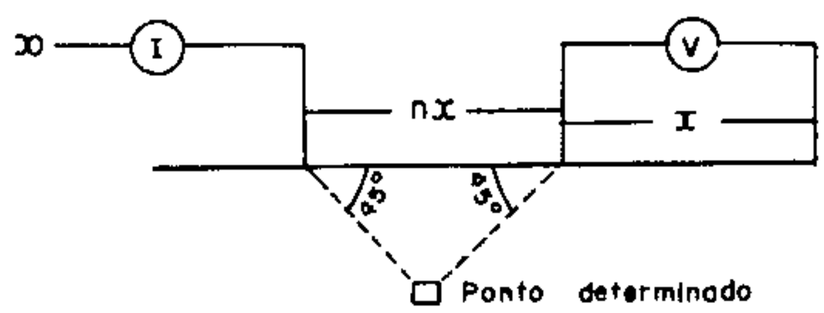


Figura 11 - Esquema de plotação dos dados do arranjo polo-dipolo utilizado pelo Projeto Cobre.

Fórmula do fator geométrico:

$$Kn = 2\pi x n (n+1)$$

Na fase de detalhe o arranjo dipolo-dipolo apresenta informações técnicas mais detalhadas, sugerindo-se o seu emprego segundo uma malha de (75 x 25) m em seis níveis de investigação, atingindo aproximadamente 87,5m de profundidade, no 6º nível.

As figuras 12 e 13 ilustram o arranjo dipolo-dipolo.

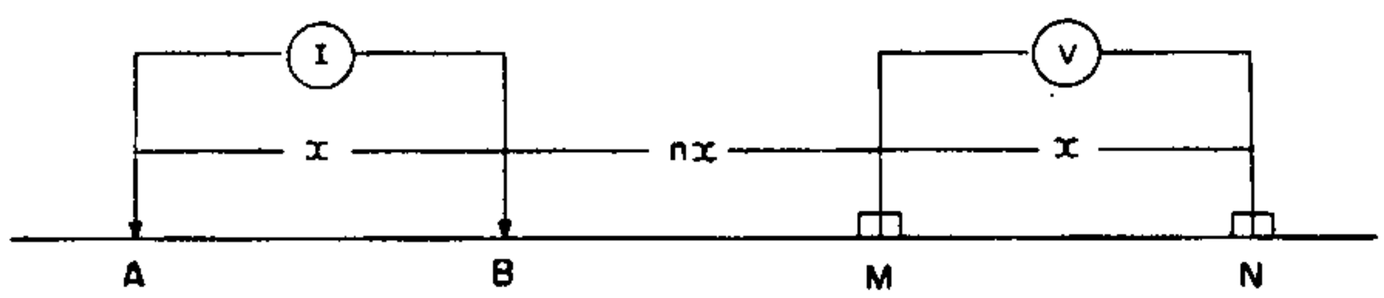


Figura 12 - Ilustração do dispositivo do arranjo dipolo-dipolo

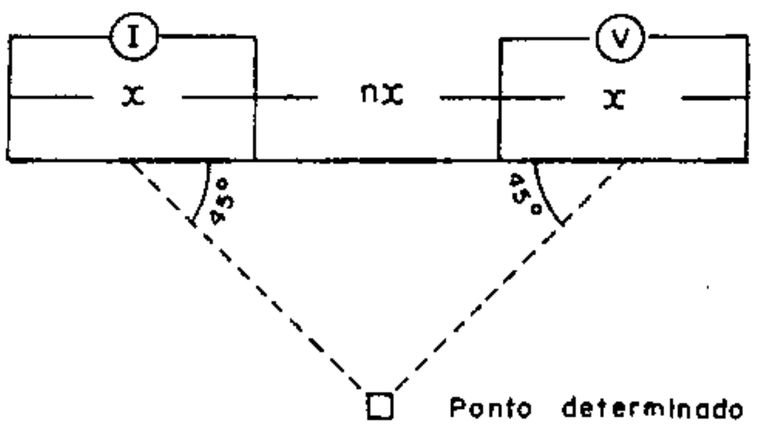


Figura 13 - Esquema de plotação dos dados do arranjo dipolo-dipolo utilizado pelo Projeto Cobre.

Fórmula do fator geométrico:

$$Kn = \pi n x (n+1)(n+2)$$

4.3.1.2. Elementos usados na interpretação

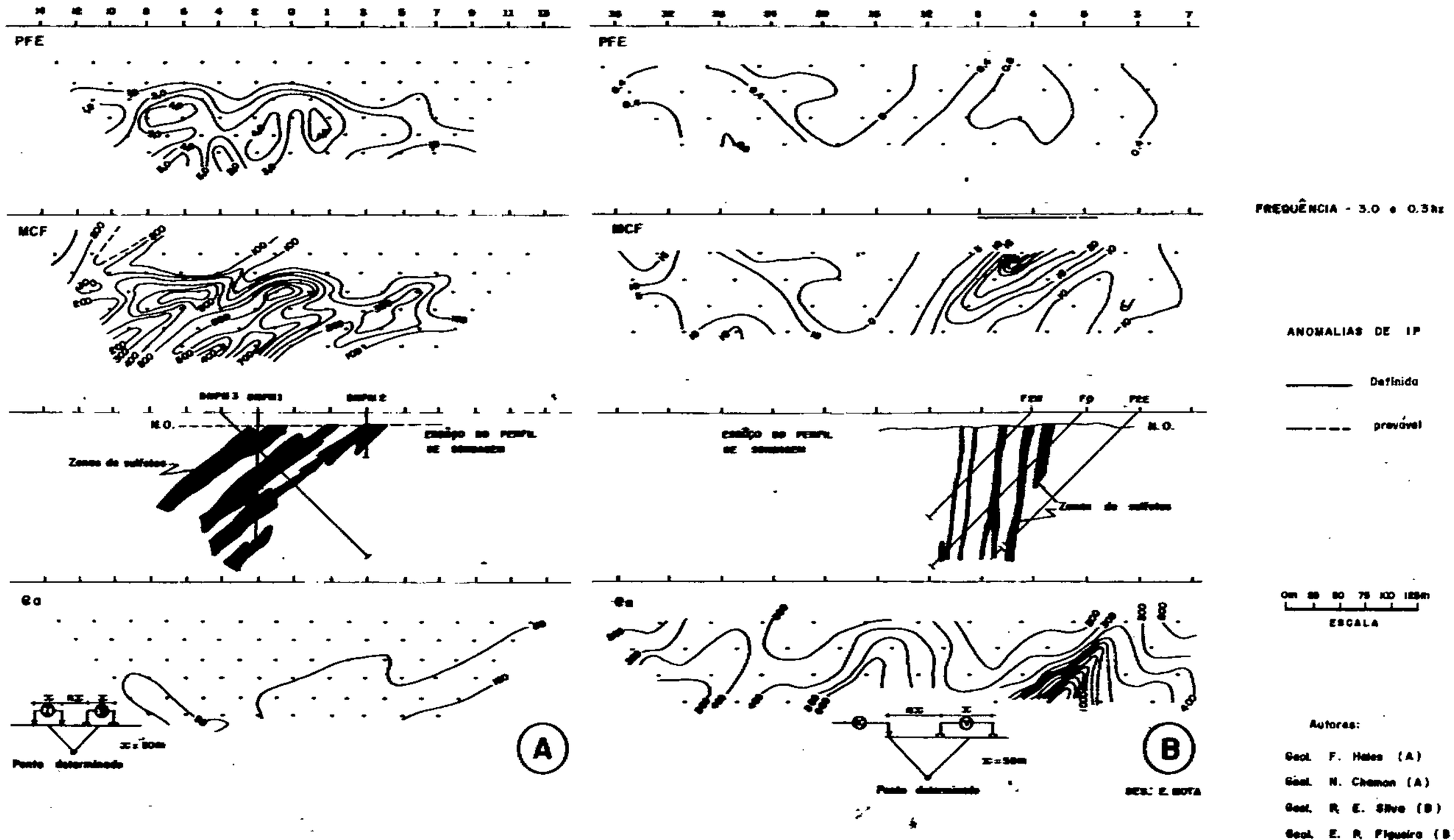
Com os dados obtidos em cada linha foram traçados três perfis, correspondendo respectivamente a Resistividade Aparente (ρa), Efeito Percentual de Frequência (PFE) e Fator de Condução Metálica (MCF). A partir desses perfis, em cada área prospectada, confeccionou-se mapas de isovalores para cada um dos parâmetros citados, nos diferentes níveis de profundidade.

No estudo comparativo das curvas, tanto nos perfis como nos mapas, levou-se em consideração as influências que sugeriam falsas anomalias ou mascaravam anomalias verdadeiras, destacando-se entre essas influências as zonas de falha preenchidas com material condutor, como grafite, magnetita, soluções salinas,etc.

Os valores anômalos foram considerados como valores relativos, para cada área prospectada, em função da experiência adquirida. No corpo de Santa Fé, por exemplo, devido ao processo de granitização, os valores de PFE anômalos são baixos, da ordem de 0,5%. Nos corpos de Lagoa da Mina e Pirulito esses valores se situam em torno de 1,0%, enquanto que no corpo de Surubim (fig. 14), o limiar dos valores anômalos de PFE sobe para 2,0% atingindo até 5,0%.

Em áreas em que a presença de grafite é marcante, os valores de PFE são altos, alcançando até 10,0%. Aliando-se esses valores à baixa resistividade da grafite, tem-se um MCF muito acima da média encontrada para corpos mineralizados com sulfetos, o que permite caracterizar a anomalia causada pela grafite.

Em zonas de cobertura aluvionar, os valores se caracterizam por um baixo PFE e baixa resistivida



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 14 - Perfis experimentais de IP com arranjo dipolo-dipolo no corpo de Surubim (A) e com o arranjo polo-dipolo no corpo de Lagoa da Mina (B)

de. A baixa resistividade que é dada principalmente devido a presença de soluções salinas nos aluviões, acarreta um valor anômalo para o MCF caracterizando uma falsa anomalia.

Na interpretação dos perfis e dos mapas, nos diferentes níveis de profundidade, levando-se em consideração as interferências citadas e outras de ordem secundária, como umidade do solo e cobertura condutiva, pôde-se definir as anomalias realmente significativas, associadas a corpos mineralizados com sulfetos.

4.3.1.3. Limitações e produção

O arranjo Schlumberger modificado não fornece dados quantitativos sobre o corpo geológico investigado como profundidades, mergulhos, etc. Os cálculos de caderneta são trabalhosos e demorados. Na interpretação pode mascarar, na superfície, certos efeitos de profundidade. Por estas razões os arranjos polo-dipolo e dipolo-dipolo são recomendados para a rotina.

Como limitações do polo-dipolo, pode-se citar o fato de poder mascarar superficialmente efeitos desejados de profundidade e requerer uma equipe numerosa no campo. Quanto ao dipolo-dipolo é operacionalmente bastante lento.

A produção é influenciada por diversos fatores tais como: o estado das picadas, o funcionamento do equipamento, os fios, o bom nível de treinamento da equipe e uma boa comunicação entre os operadores com o uso de rádios "walkies-talkies".

4.3.1.4. Sumário dos resultados

Os valores de PFE obtidos em perfis

realizados sobre diversos depósitos de sulfetos atestam que valores de 1,0% a 5,0% são indicativos da presença de sulfetos disseminados em corpos máficos-ultramáficos. Os baixos valores de PFE, em torno de 1%, obtidos nos depósitos de Lagoa da Mina e Pirulito, são provavelmente influenciados pelos processos de granitização que atingem mais intensamente as áreas referidas. Já no depósito de Surubim, onde a granitização é menos intensa, o PFE obtido alcança valores de até 5%.

Existem outros fenômenos geológicos que interferem nos levantamentos de polarização induzida e que devem ser cuidadosamente considerados na interpretação do método, o que vale dizer que os valores de PFE e MCF, são relativos, nunca devendo ser julgados de forma absoluta. Assim os falhamentos, normalmente são estruturas condutivas que produzem PFE superior a 5%. Os depósitos aluvionares são caracterizados por baixas resistividades e baixos valores de PFE. A grafite, pode ser reconhecida através dos altos valores de PFE e curvas de isoanomalias normalmente complexas quando a grafite se espalha em superfície.

4.3.2. Magnetometria

Dois objetivos fundamentais motivaram a introdução da técnica magnetométrica na prospecção geofísica do vale do rio Curaçá: (1) auxiliar de um modo geral a interpretação geológica principalmente na identificação das lineações devida a falhas ou zonas de fraturas e no delineamento dos corpos máficos-ultramáficos, mormente os não aflorantes; (2) eliminar as falsas anomalias de polarização induzida devido a presença de grafite, zonas fraturadas, etc.

O método foi inicialmente empregado

utilizando-se a medida da componente vertical com a aparelhagem Gfz e Gfs da ASKANIA, única disponível na época, na área da fazenda Angico, em trabalho pioneiro no vale do rio Curaçá executado sob a supervisão do geofísico Frederick Hales do DNPM, em 1969. Contudo os levantamentos sistemáticos foram realizados pelo Projeto Cobre, com a utilização da componente total, medida através de um magnetometro de Proton.

4.3.2.1. Instrumentação e técnica operacional

O instrumento utilizado nos trabalhos de pesquisa foi um magnetômetro de Proton,modelo G-806, fabricado pela Geometrics, com precisão de 1 gamma.

Somente duas pessoas são necessárias para a operação dos trabalhos de campo. Este fato aliado a portabilidade instrumental e a digitalização das leituras, conferem ao método um baixo custo operacional.

4.3.2.2. Elementos usados na interpretação

Forma das anomalias - As anomalias resultantes das medições sobre corpos máficos-ultramáficos no vale do rio Curaçá, possuem caracteres típicos de curvas para as proximidades do equador magnético; isto é, apresentam dois flancos de máximos relativos associados a um mínimo relativo, de amplitude normalmente maior. A figura 14 mostra a forma geral das curvas, quando o modelo teórico é uma esfera:

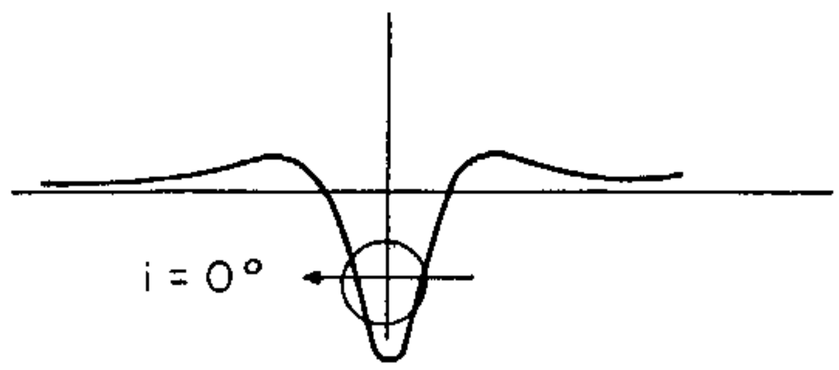


Figura 15 - Anomalia Magnética padrão de intensidade total, na proximidade do equador magnético, para um modelo teórico de uma esfera

Correções - Como o instrumento dispõe de sistema de compensação de temperatura, as medições de campo foram corrigidas somente para a variação diurna, utilizando-se a expressão:

$C = d.\ t/T$, onde:

C = correção, isto é, o valor a ser somado ou diminuido ao valor registrado, em gammas;

t = intervalo de tempo calculado entre a leitura em uma estação X e a leitura inicial da estação, em minutos;

T = tempo total gasto para voltar a estação base inicial, em minutos; e

d = variação em gammas, da leitura na estação base no início e no fim de um intervalo de tempo T.

Determinação do residual - O problema básico para a interpretação geológica de um mapa isoanômalo magnético, é a distinção entre os efeitos devidos aos grande corpos e estruturas mais profundas dentro da crosta terrestre e denominados de efeito REGIONAL, daqueles efeitos devidos aos corpos e estruturas mais rasas e menores, os quais, entretanto, são exatamente os objetivos de interesse da pesquisa mineral e denominados de efeito RESIDUAL.

Nos trabalhos do projeto utilizaram-se três tipos de residuais:

1) O método do "center-point";
2) Um método analítico de redução estatística dos valores a um nível de referência igual a zero; e
3) Um método que utiliza computador baseado em Polinômios (NST - Numerical Surface Techniques and Contour Map Plotting).

Foi realizado um estudo especial no Alvo S-12, objetivando comparar os residuais obtidos pelos segundo e terceiro métodos.

As principais conclusões obtidas deste estudo especial, foram as seguintes:

a) Do ponto de vista geológico não existe diferenças importantes entre os mapas residuais, podendo o intérprete utilizar qualquer residual dentre os testados;
b) Não são necessários mais que dois mapas por área (Mapas de Intensidade Total e do Residual) quer sejam contornados a mão ou com auxílio de Computador; e
c) Os mapas contornados pelo computador apresentam o inconveniente de arredondar e dividir anomalias, efeitos estes que seriam evitados com o traçado manual das curvas. Esta tendência é observada para qualquer "GRID" que se utiliza.

Determinação da susceptibilidade magnética (K) - Foram utilizadas 41 amostras para as medidas da susceptibilidade magnética.

As tabelas VIII e IX mostram os dados obtidos e a figura 16 resume os resultados, mostrando através da curva de frequência os seis diferentes grupos em que foram divididos as rochas da região, quanto a susceptibilidade magnética.

As conclusões mais importantes foram as seguintes:

a) As mineralizações somente começam a aparecer no

Nº	L I T O L O G I A	F U R O	Prof. (m)	K_s C.G.S.x 10^{-6}
1	Diorito	F 2	60	46
2	Melanorito mineralizado	F 2	86	2.552
3	Augita diorito	F 2	116	2.527
4	Norito mineralizado	F 0	196	1.615
5	Biotita gnaisse	1JO-1-Ba	66	161
6	Quartzo feldspato gnaisse	1CA-11-Ba	121	25
7	Anfibolito	1CA-16-Ba	32	122
8	Biotita gnaisse	1CA-16-Ba	41	0
9	Norito	1CA-19-Ba	91	190
10	Norito mineralizado	1CA-19-Ba	92	755
11	Anfibolito	1CA-19-Ba	94	3.145
12	Biotita gnaisse	1CA-27-Ba	168	0
13	Anfibolito	1CA-33-Ba	42	415
14	Quartzo feldspato gnaisse	1CA-33-Ba	43	102
15	Granito róseo	1CA-33-Ba	51	36
16	Anfibolito	1CA-33-Ba	115	117
17	Biotita piroxenito	1CA-33-Ba	127	7.672
18	Anfibolito	1CA-33-Ba	134	5.258
19	Biotita piroxenito mineralizado	1CA-33-Ba	149	7.785
20	Granito róseo	1CA-33-Ba	245	583
21	Granito róseo	1CA-34-Ba	107	0
22	Granito róseo	1CA-34-Ba	138	287
23	Anfibolito	1CA-34-Ba	140	1.703
24	Quartzo feldspato gnaisse	1CA-34-Ba	163	32
25	Biotita gnaisse	1CA-35-Ba	63	1.689
26	Biotita piroxenito mineralizado	1CA-35-Ba	67	6.528
27	Hornblenda gabro	1CA-37-Ba	49	3.174
28	Clinopiroxênio diorito	1CA-37-Ba	53	41
29	Ortopiroxênio diorito	1CA-37-Ba	82	2.556
30	Ortopiroxênio meladiorito	1CA-37-Ba	83	2.329
31	Ortopiroxênio meladiorito	1CA-38-Ba	83	2.221
32	Biotita gnaisse	1CA-38-Ba	116	0
33	Ortopiroxênio diorito	1CA-40-Ba	161	2.962
34	Biotita hornblenda-piroxenito mineralizado	1CA-40-Ba	250	5.511
35	Biotita hornblenda gnaisse	1CA-40-Ba	345	0
36	Biotita piroxenito mineralizado	1CA-40-Ba	354	4.603
37	Piroxênio diorito	1CA-40-Ba	368	4.889
38	Piroxênio leucodiorito	1CA-40-Ba	380	946
39	Biotita gnaisse	1CA-40-Ba	499	769
40	Quartzo feldspato gnaisse	1CA-45-Ba	292	1.121
41	Granito róseo	1CA-45-Ba	309	865

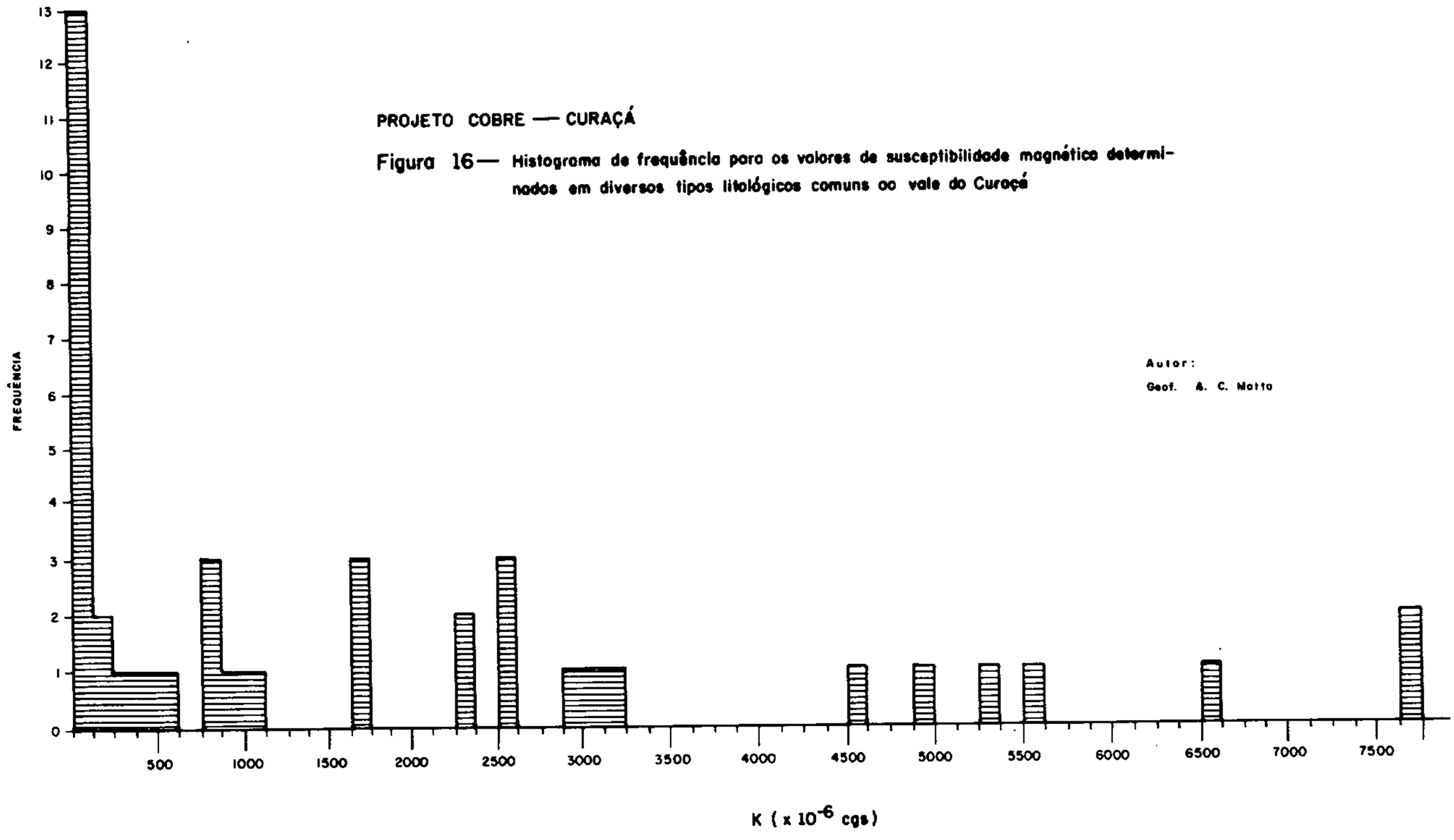
Tabela VIII - Quadro da susceptibilidade magnética de diferentes tipos litológicos do vale do Curaçá.

GRUPOS	L I T O L O G I A	GRUPO (%)	SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA (X 10^{-6} cgs)			
			Amostras (Nºs)	Valor mínimo	Valor máximo	Valor médio
1º	Gnaisse Granito Diorito Norito Anfibolito	47 17 11 7 17	17	0	375	125
2º	Granito Gnaisse Piroxenito Norito mineralizado	33,5 33,5 16,5 16,5	6	500	1.000	810
3º	Gnaisse Anfibolito Norito mineralizado	33,3 33,3 33,3	3	1.625	1.750	1.690
4º	Ortopiroxenito meladiorito Augita meladiorito Ortopiroxênio diorito Hornblenda-gabro Anfibolito Norito mineralizado	25 12,5 25 12,5 12,5 12,5	8	2.250	4.250	2.750
5º	Piroxenito mineralizado Piroxenito diorito Anfibolito Biotita piroxenito	25 25 25 25	4	4.500	5.125	5.050
6º	Piroxenito mineralizado	100	3	-	-	6.500

Tabela IX - Grupos de diferentes susceptibilidades magnéticas encontradas para os tipos litológicos do vale do Curaçá.

PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 16 — Histograma de frequência para os valores de susceptibilidade magnética determinados em diversos tipos litológicos comuns ao vale do Curaçá



H.B.S.

segundo grupo, cujo valor médio da susceptibilidade magnética é da ordem de 810 x 10^{-6} CGS;

b) Os piroxenitos, que só aparecem também no segundo grupo, representam o tipo litológico onde os valores da susceptibilidade magnética são mais elevados, principalmente quando estão mineralizados.

Conclusões semelhantes as duas anteriores foram encontradas por Motta (1974).

c) Embora seja necessário um estudo estatístico com um maior número de amostras, e principalmente estabelecer-se a relação entre o teor de sulfetos e o valor da susceptibilidade magnética, pode-se afirmar ser esta relação diretamente proporcional. Tal fato, suportado por observações geológicas e de descrição de testemunho, abre a perspectiva da utilização das intensidades das anomalias magnéticas como um fator indicativo de mineralização nas rochas máficas-ultramáficas.

4.3.2.3. Limitações e produção

A limitação do método na área, comum aos demais métodos potenciais em qualquer situação geológica, é a conhecida ambiguidade. Tal fato, normal, não permite cálculos quantitativos rigorosos quanto à profundidade, largura e mergulho dos corpos.

A produção diária na fase de detalhe é da ordem de três a quatro quilômetros, dobrando praticamente no semi-detalhe. A tabela X mostra o quadro de produção para o método magnético.

Fases	Perfil	Espaçamento das estações	Nº de Estações	Tempo de leitura + deslocamento	Total
Semi-detalhe	1.000 m	50 m	20	2 min.	40 min
Detalhe	500 m	25 m	20	2 min.	40 min

Tabela X - Produção média dos trabalhos de magnetometria no vale do Curaçá.

4.3.2.4. Sumário dos resultados

Os estudos realizados com a magnetometria comprovaram a eficiência do método na indicação de corpos máficos-ultramáficos, na demarcação de falhas e delimitação de contatos de "unidades magnéticas", informações estas que são utilizadas para auxiliar o mapeamento geológico e a interpretação dos outros métodos geofísicos, notadamente o IP.

Por outro lado, foi descoberta a existência de uma relação entre o aumento do teor de sulfetos na rocha e a sua susceptibilidade magnética (K), o que antever a possibilidade de utilização do método, também, na análise dos corpos máficos-ultramáficos mais promissores sob o ponto de vista da mineralização de sulfetos. Assim, foi constatado que as mineralizações aparecem com grande frequência em um grupo de rochas cujo valor médio de "K" é igual ou maior que 810 x 10^{-6} CGS. Os maiores valores de "K" são encontrados nos piroxenitos mineralizados e são superiores a 5.000 x 10^{-6} CGS.

Em face do grande número de informações técnicas que o método fornece e o baixo custo operacional, sugere-se a sua utilização em qualquer fase de pros

pecção de cobre no vale do Curaçá.

4.3.3. Gravimetria

Os trabalhos com o método gravimétrico tiveram como objetivo verificar o comportamento geral da técnica e a viabilidade de sua inclusão dentro da sistemática geral de pesquisa de cobre.

4.3.3.1. Instrumentação e técnica operacional

Utilizou-se um gravímetro modelo Projector, tipo Worden, de fabricação da Atlas Instruments, com precisão de $\pm$ 0.01 miligal.

O levantamento pioneiro no vale do Curaçá, foi realizado na área da fazenda Angico e cobriu 150 ha. Topograficamente é uma área plana e no sentido E-W o gradiente é de 30 m em 1,8 quilômetros.

As medições de campo foram realizadas de conformidade com os critérios expostos a seguir.

Gravimetria - Foi estabelecido um polígono de pontos de 1ª ordem, ou seja pontos com duas leituras, de onde saem e chegam as linhas que compõem os pontos de 2ª ordem.

A figura 17 ilustra o processo de medição efetuado com o gravímetro.

Em todas as medições, quer sejam de 1ª ou 2ª ordem, foi sempre observado o tempo máximo de 120 minutos para a alteração do "DRIFT" ou "LANCE". Este vem a ser o intervalo de tempo entre a primeira leitura feita em determinada hora e a última leitura, que é feita no momento da volta a estação inicial. Em face a este tempo de 120

minutos é dispensada a correção de maré.

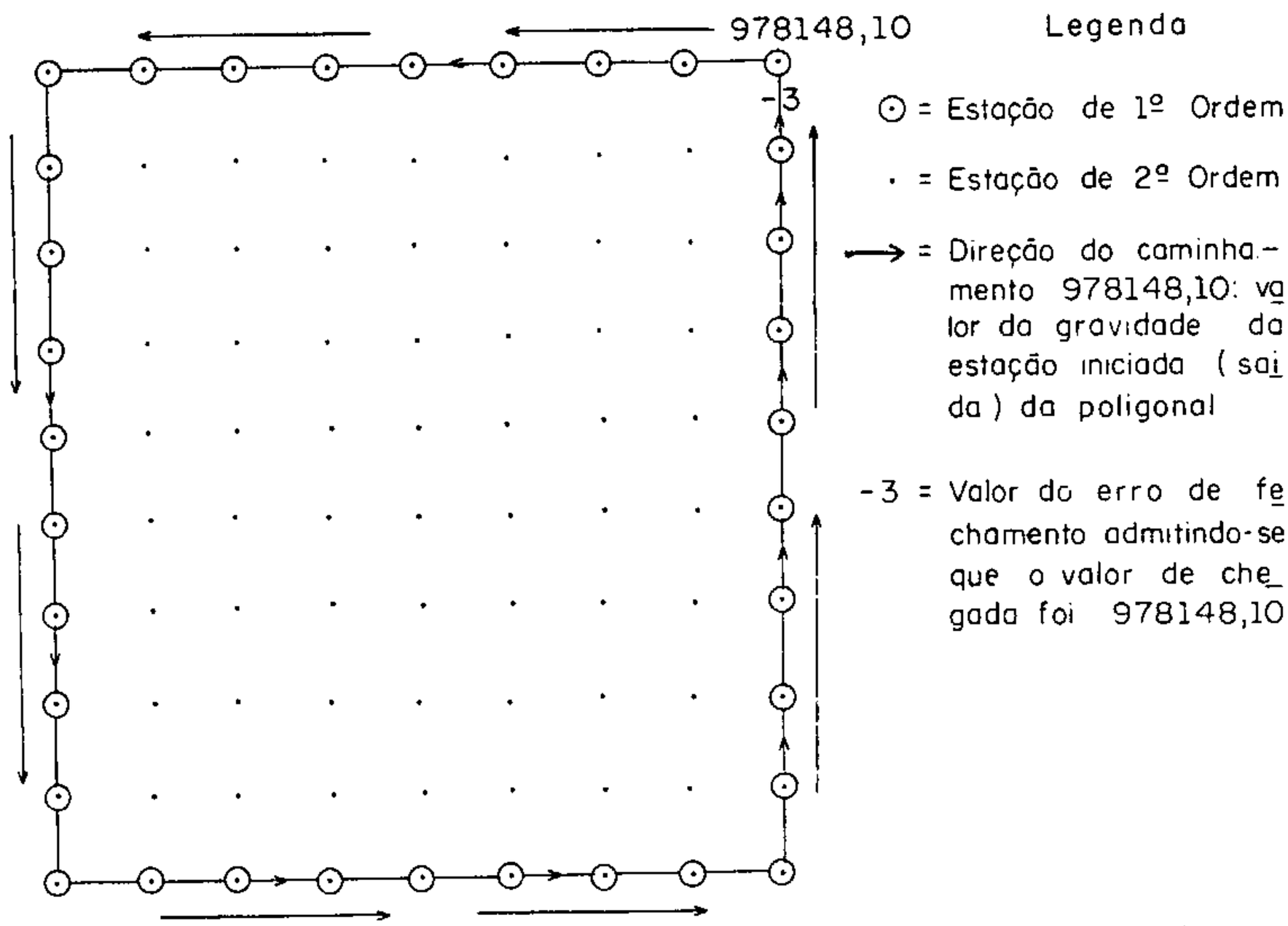


Figura 17 – Polígono de fechamento das medidas gravimétricas na área da fazenda Angico.

A figura 18 mostra um mapa de fechamento, ajustamento e distribuição de erros da gravimetria, para a área da fazenda Angico.

Altimetria - Utilizou-se um nível de precisão para nivelar as estações, quer de 1ª ou 2ª ordem, e adotou-se um esquema de operações semelhante ao da gravimetria, através do fechamento de polígonos e estudo dos erros. Aqui a distribuição dos erros é proporcional ao comprimento das linhas e não ao tempo, como é feito para a gravimetria.

Os pontos de 1ª ordem foram nivelados e contranivelados não sendo permitido leituras discrepantes de $\pm$ 0.04 metros.

A figura 19 mostra um mapa de fe

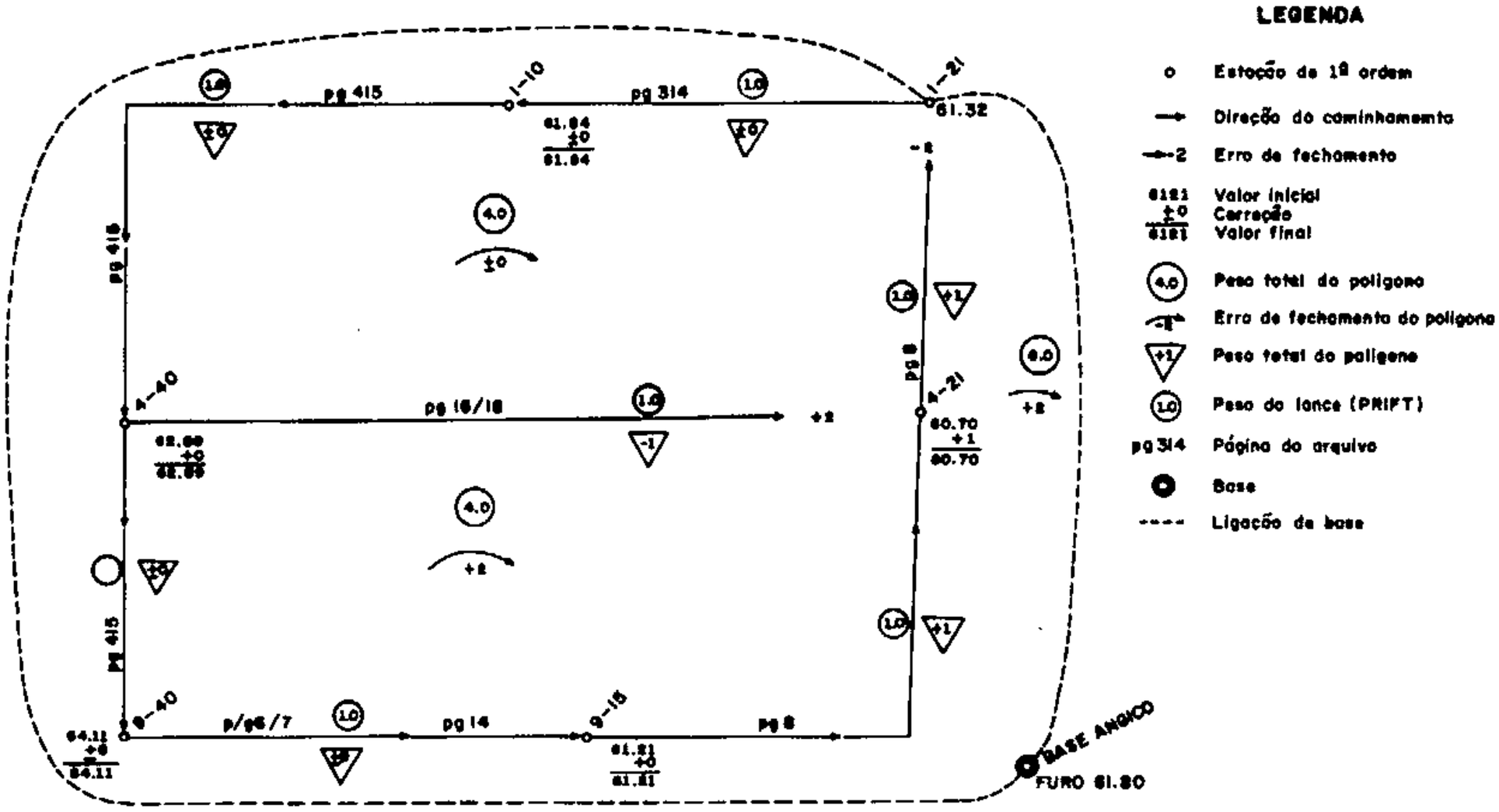
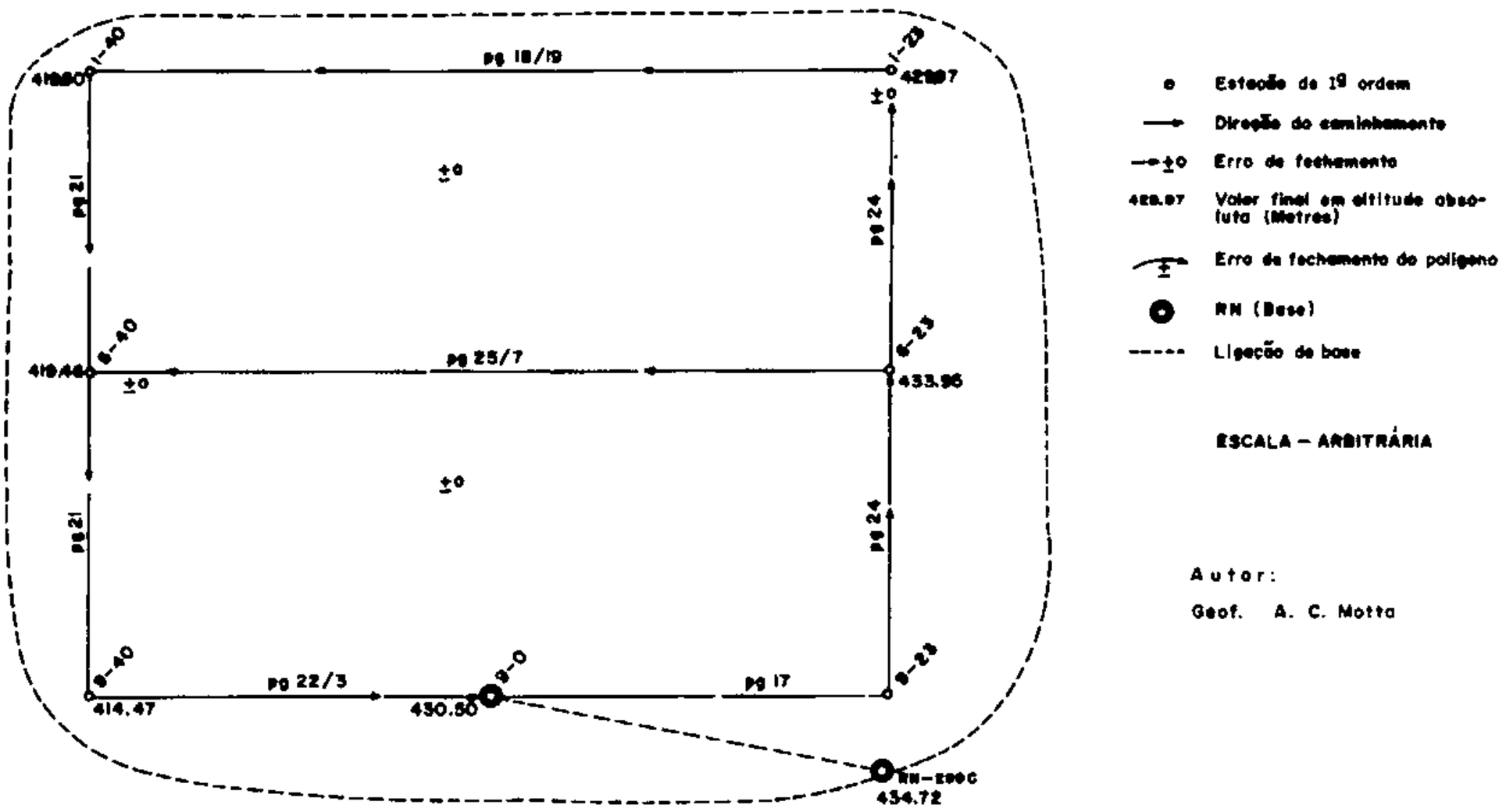


Figura 18 — Mapa de fechamento, ajustamento e distribuição de erros de gravimetria para a área teste de Lagoa da Mina (Pontos de 1ª ordem)



PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 19 — Mapa de fechamento, ajustamento e distribuição de erros de altimetria para a área teste de Lagoa da Mina (Pontos de 1ª ordem)

chamento, ajustamento e distribuição de erros, para a área da fazenda Angico.

Planimetria - Os pontos utilizados foram lançados com teodolito orientando as direções, enquanto as distância entre as estações foram medidas com trena.

4.3.3.2. Elementos usados na interpretação

Obtenção do Bouguer - Os cálculos para a obtenção dos valores Bouguer foram efetuados segundo a fórmula:

Anomalia Bouguer = correção AB + correção por terreno (considerada nula) + gravidade medida - gravidade teórica.

Separação Regional - Residual - Foram feitos mapas Residuais e da Segunda Derivada a partir do mapa Bouguer.

Anomalias residuais positivas - Como os corpos máficos-ultramáficos possuem uma densidade maior que as rochas encaixantes, resulta que os perfis realizados sobre tais corpos mostram um "excesso de massa" que é caracterizado por valores positivos, segundo o esquema ilustrado abaixo:

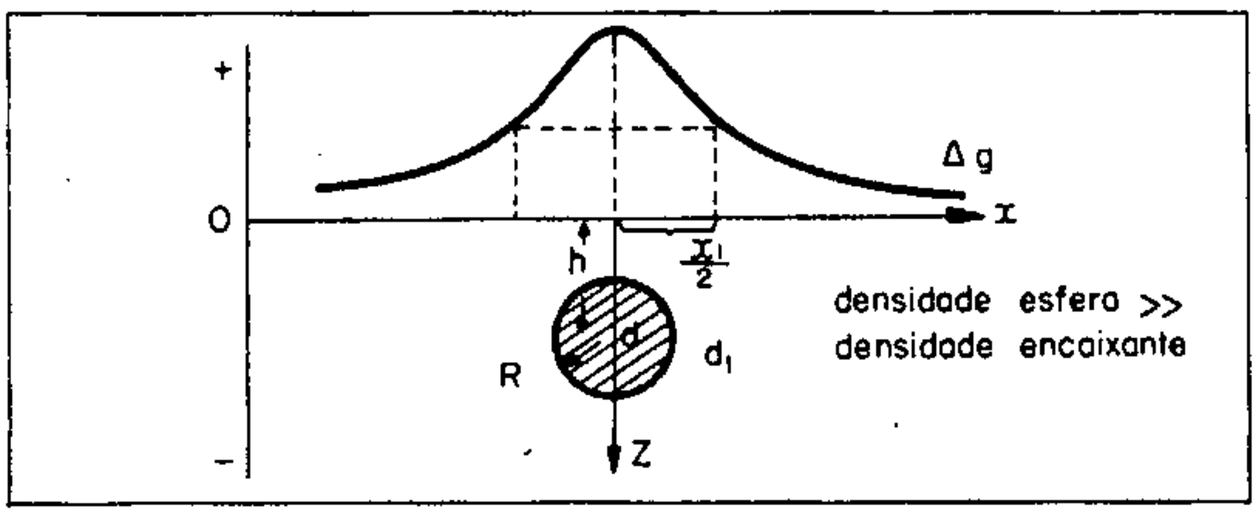


Figura 20 - Ilustração de uma anomalia gravimétrica positiva relacionada a um corpo esférico.

Modelo gravimétrico dos corpos - Geofisicamente os corpos geológicos foram simplificados para figuras geométricas regulares. Como por exemplo: o corpo de Lagoa da Mina foi simplificado para um cilindro vertical onde a dimensão horizontal é menor que a vertical, considerada esta como tendendo para o infinito (Fig. 21). A fórmula utilizada foi:

$g = K.\ f\ (X/Z)$, onde:

$K = 6.39\ R^2 \sigma Z$ e $f(X/Z) = (1 + X^2/Z^2)^{-\frac{1}{2}}$. Os valores admitidos foram $R = 45$ m; $Z \simeq 30,5$ m; $g_{max} = 0,22$ mgal e $\sigma = 0,16\ g/cm^3$.

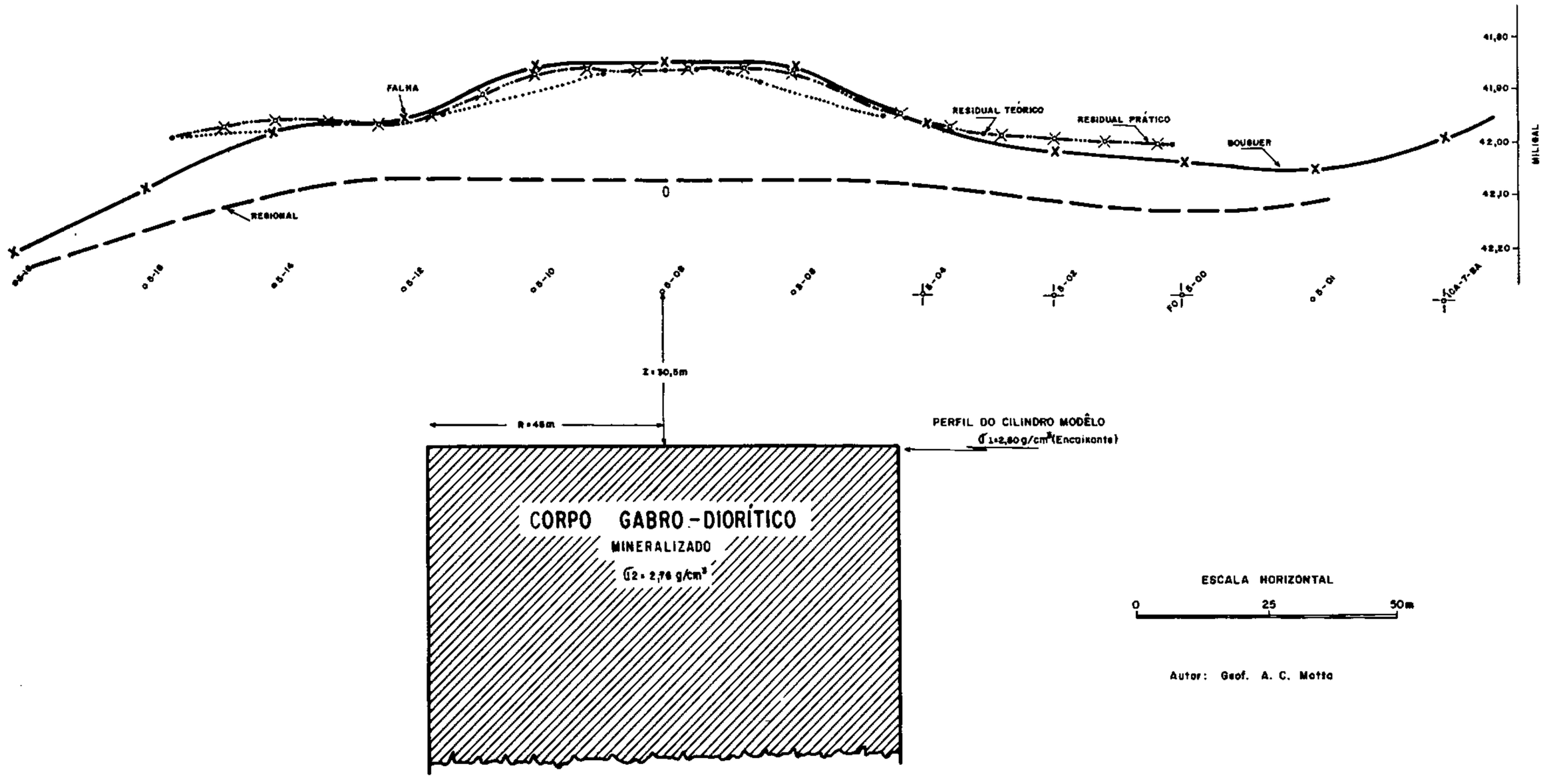
4.3.3.3. Limitações e produção

Considerando-se os custos relativamente altos do método, sua utilização é sugerida na fase de detalhe ou semi-detalhe, quando outros métodos de rotina, de custos mais baixos, deixarem dúvidas na interpretação geológica. Nestes casos pode ser utilizado ao longo de perfis previamente selecionados.

Outras situações particulares, podem exigir também, a utilização do método, sempre combinado com outros métodos geofísicos.

A produção por outro lado, pode ser considerada grande, em face à topografia suave, que facilita os trabalhos de campo e de escritório, desde que é dispensada a correção por terreno.

O quadro seguinte mostra a produção média alcançada nos trabalhos:



PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 21 — Modelo gravimétrico do corpo de Lagoa da Mina

Detalhe	Semi-detalhe
12 estações por hora	8 estações por hora
84 estações por dia	56 estações por dia
1.680 estações por mês *	1.120 estações por mês *
67,2 km/mês *	112 km/mês *
* mês de 20 dias de trabalho de campo	

Tabela XI - Produção média dos trabalhos de gravimetria na área da fazenda Angico.

4.3.3.4. Sumário dos resultados

O método gravimétrico normalmente não pode indicar a existência de sulfetos disseminados, fato este somente revelado pelo IP dentre os métodos testados. É um método indireto de prospecção excelente para revelar a existência de corpos máficos-ultramáficos. Uma grande concentração de sulfetos poderia causar uma diferença de densidade tão grande que um intérprete conhecedor da região poderia suspeitar de mineralização. Foi constatado que contrastes de densidade maiores que 0,25 g/cm^3 relacionam-se a corpos máficos-ultramáficos mineralizados. Verificadas as densidades específicas de cada tipo litológico envolvido, tal critério poderá ser extrapolado para outras áreas do vale do Curaçá.

Algumas situações podem ser sugeridas como ideais para a aplicação do método gravimétrico no vale do Curaçá:

1) Em áreas planas de uma maneira geral;

2) Durante a fase de detalhe dos Alvos, ou mesmo semi-detalhe, em situações que outros métodos de rotina, de custos mais baixos, deixarem dúvidas na interpretação geoló

gica; e

3) Em semi-detalhe, para seleção de Alvos, substituindo a aerogeofísica, associada à magnetometria ou IP regional. Esta seria uma utilização para o futuro, quando aumentar as dificuldades de seleção dos Alvos.

4.3.4. AFMAG

Tornou-se fundamental o conhecimento de zonas de falhas na região do vale do rio Curaçá, em face a interferência que estas estruturas, muito comuns na região, provocam na interpretação do método de IP. Devido a este fato, pensou-se em utilizar o AFMAG por ser um dos métodos mais eficientes para o delineamento destas estruturas, auxiliando assim a interpretação geofísica. Com esta finalidade incluiu-se o método na sistemática de prospecção geofísica do cobre.

4.3.4.1. Instrumentação e técnica operacional

Nos trabalhos foram utilizados um aparelho da Mc Phar, modelo AG51. As frequências de operação são de 470 cps e 140 cps.

As medições de campo são feitas com duas pessoas operando. Preferencialmente, uma destas deve ser um técnico de nível superior, responsável pelas leituras que exigem grande precisão.

4.3.4.2. Elementos usados na interpretação

A determinação de uma zona anômala pelo método do AFMAG, é dada pela inversão de sinal do "TILT ANGLE", denominada de "CROSSOVER" (Pontos de inflexão das

curvas).

A figura 22 ilustra o conceito:

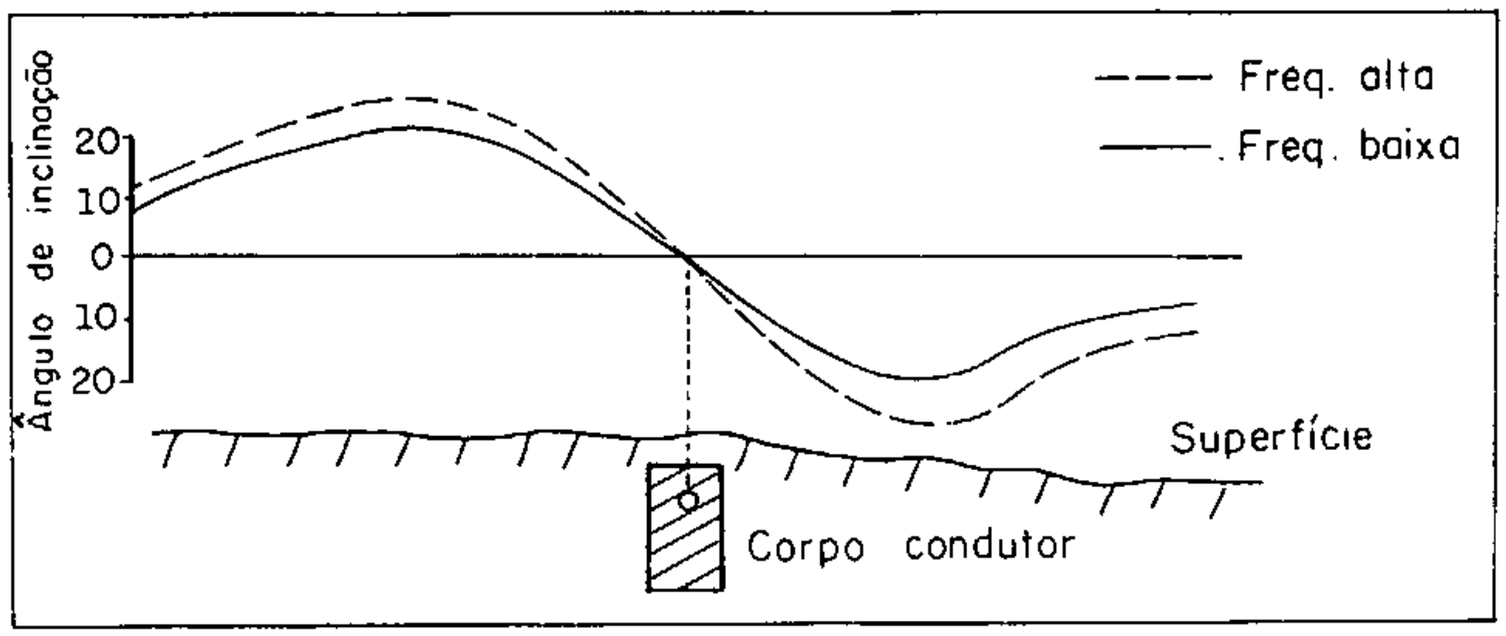


Figura 22 - Ilustração referente a um "crossover" sobre um corpo condutor de postura vertical

É possível, também, fazer-se uma estimativa semi-quantitativa da condutividade a partir da relação entre as amplitudes dos picos registrados pelo instrumento com as leituras em baixa e alta frequências.

O sentido do mergulho do corpo condutor pode ser inferida a partir das posições relativas dos "crossovers" em baixa (LOW) e alta (HIGH) frequências. Quando há coincidência dos "crossovers", o corpo anômalo é vertical.

Finalmente pode-se obter a profundidade do corpo condutor a partir da fórmula:

$$P = (\sigma o \quad 2f/2)^{-\frac{1}{2}},$$ onde:

P = profundidade, o = permeabilidade magnética;

f = frequência utilizada; e σ = condutividade média.

A figura 23 mostra os perfis obtidos na área de Macambira (Alvo S-1). Nele aparecem um alinhamento de direção aproximadamente Norte-Sul e os "crossovers"

típicos, como os indicados por "A" e "B" nos perfis G e H.

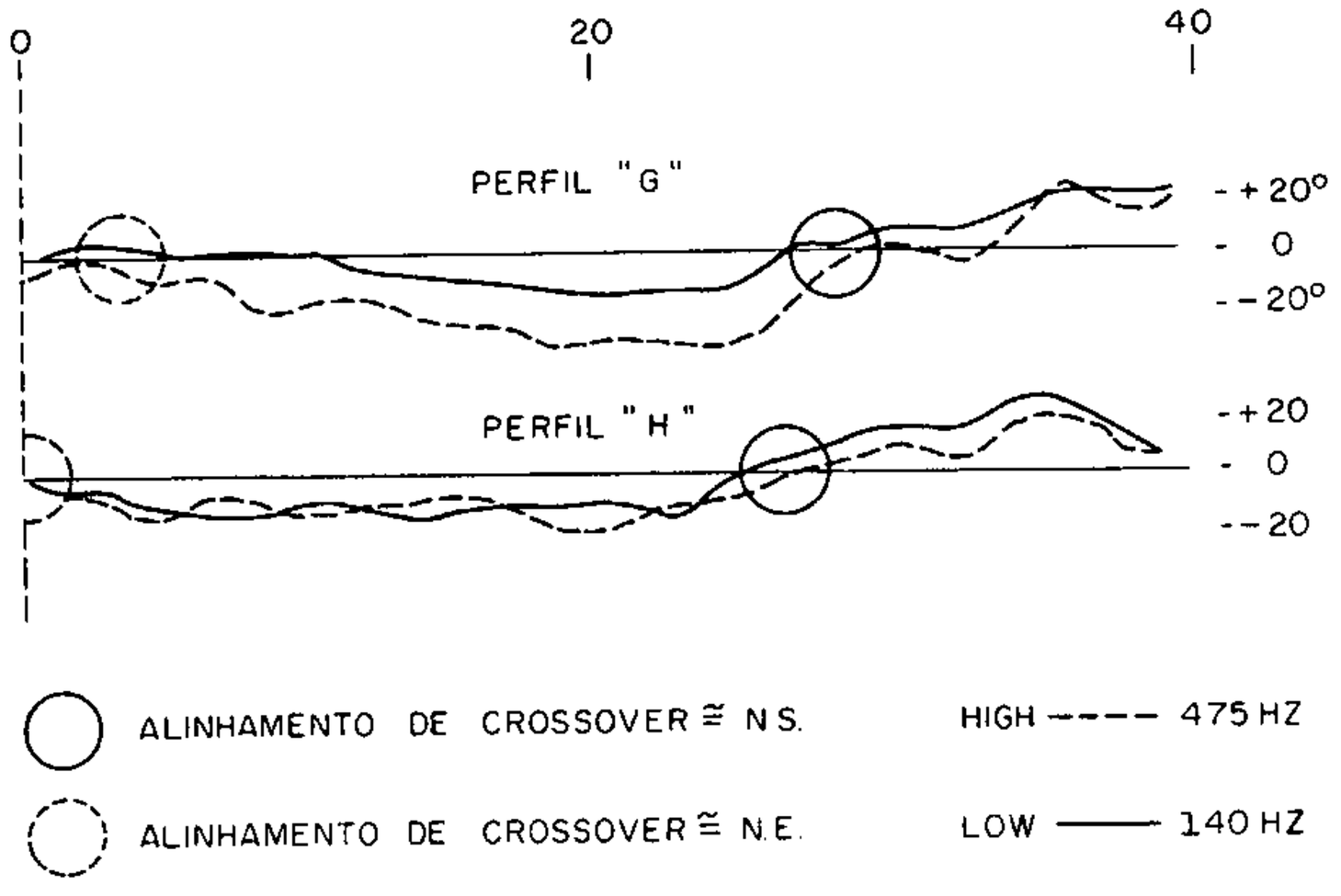


Figura 23 - "Crossovers" típicos obtidos em perfis realizados sobre a área do Alvo S-1, com AFMAG.

4.3.4.3. Limitações e produção

O método não pode ser utilizado durante grande parte do dia devido as reflexões eletromagnéticas serem melhores no período da tarde e da noite. Também os campos criados pelas linhas de alta tensão, que são frequentemente maiores que os campos naturais, prejudicam as leituras do AFMAG.

Ainda, em face às descargas locais da atmosfera, as medições tornam-se difíceis ou mesmo impossíveis.

Finalmente deve ser considerado que entre janeiro e junho é praticamente impossível utilizar o método no vale do Curaçá. Entre janeiro e março as chuvas

da região prejudicam as locomoções, e entre abril e junho ocorrem os mesmos fenômenos das reflexões eletromagnéticas referidas acima, já agora durante o dia.

Quanto a produção, é estimado um tempo médio de três minutos para o deslocamento e a leitura em uma estação espaçada de 50 m. Assim, um perfil de 1 km é completado em 60 minutos.

Observadas as ressalvas quanto as dificuldades de utilização do AFMAG, estimou-se em dias bons uma produção média de (4 a 5) km.

4.3.4.4. Sumário dos resultados

O método AFMAG mostrou-se adequado para o delineamento de eixos de condução relacionados normalmente a falhas e útil para a determinação da condutividade média da área através do estudo qualitativo e quantitativo dos "crossovers" típicos.

Entretanto, o método apresenta o grande inconveniente das leituras sofrerem interferência de reflexões eletromagnéticas o que torna difícil estabilizá-las durante certas horas do dia e certo período do ano, limitando assim a produção e aumentando o custo operacional.

Diante destas limitações e considerando que os mesmos elementos podem ser obtidos com o uso do método magnético, optou-se pela utilização da magnetometria na integração com os levantamentos de IP.

4.4. Trincheiras e poços de pesquisa

Poços de pesquisa, com profundidade de até 10 m, foram inicialmente utilizados pela GEOSOL na

pesquisa dos corpos de Lagoa da Mina, Cercado Velho, Bela Vista e Senhor de Lisboa.

Este método de trabalho é reconhecidamente útil para a cubagem do minério oxidado de cobre e somente com este objetivo é justificado o seu emprego, pois não se presta como critério de descarte de áreas mineralizadas em uma fase pré-sondagem.

As trincheiras, entretanto, constituem um valioso instrumento da pesquisa, indispensável à execução de mapeamentos geológicos de detalhes (escala de 1:500 a 1:2500).

Anomalias geoquímicas pouco significativas e anomalias geofísicas de polarização induzida provocadas por zonas de falha ou por presença de grafite, podem ser descartadas com abertura de trincheiras, eliminando-se, desta forma, um dispêndio desnecessário com as fases de pesquisa, subsequentes.

Somente através de trincheiras é possível se estudar o comportamento da mineralização oxidada que se manifesta em superfície e a sua representatividade,no que concerne ao potencial da ocorrência mineral que induz a execução de sondagens prospectivas.

4.5. Sondagem

Há duas considerações a serem feitas, no que tange ao diâmetro de perfuração e a malha de sondagem.

Quanto ao diâmetro, é sabidamente reconhecido que a precisão dos teores de cobre é maior com o aumento do diâmetro da perfuração, principalmente se a mineralização é irregularmente distribuída como é o caso do vale

do Curaçá. Entretanto, os custos da sondagem são extremamente onerosos e aumentam proporcionalmente ao diâmetro do furo.

Compatibilizando os aspectos técnico-econômicos, julgou-se mais conveniente a execução da sondagem no diâmetro AX.

Na prática, devido a zona de alteração que normalmente prolonga-se até (15 a 30) m de profundidade acarretando problemas de recuperação de testemunhagem, torna-se necessário o uso do diâmetro BX até a ultrapassagem da rocha decomposta, mormente quando se usa a água como fluído de perfuração, o que implica necessariamente em revestimento do furo.

O uso do diâmetro EX é totalmente desaconselhável, a não ser em casos extremos de redução do diâmetro da perfuração por problemas operacionais, para se evitar a perda de um furo profundo onde o objetivo esteja próximo de ser alcançado.

As sondagens realizadas pelo projeto, obedeceram,em média, aos seguintes intervalos de profundidade em relação aos diâmetros da perfuração:

Diâmetro	Intervalos de profundidade
NX	(0 a 3) m
BX	(3 a 30) m
AX	> 30 m

Nas zonas de alteração, em condições especiais de locação de furos, atravessando a parte oxidada do minério, realizou-se amostragem de calha de metro em metro. Em outras situações a amostragem de calha foi recolhida por intervalo de manobra. As análises químicas das amostras

de calha só foram realizadas, normalmente, nas zonas oxidadas, ou quando a recuperação de faixas comprovadamente mineralizadas em sulfetos era inferior a 50%.

Quanto a malha de sondagem, não foi ainda estabelecida a mais conveniente, do ponto de vista técnico-econômico.

A experiência adquirida na interpretação dos corpos de minério dos depósitos de Lagoa da Mina, Cercado Velho e Pirulito, tem demonstrado que:

1) Em depósitos onde a mineralização foi grandemente remobilizada, normalmente coincidindo com zonas dobradas, como é caso de Lagoa da Mina e do depósito de Caraíba, a interpretação dos corpos de minério é mais difícil de ser realizada, havendo necessidade de uma maior densidade de furos.

2) Quando os corpos de minério apresentam forma tabular, como são os casos, por exemplo, dos corpos de Cercado Velho, Pirulito e Baraúna (extensão para sul do corpo de Caraíba), a densidade de furos pode ser reduzida a um nível mais econômico. O espaçamento de 100 m entre as seções transversais mostrou-se adequado para a cubagem do minério dos depósitos de Cercado Velho e Pirulito, podendo ser utilizado na avaliação de depósitos similares.

4.6. Testemunhos de sondagem

Os testemunhos obtidos na perfuração foram divididos em duas metades, uma das quais era destinada às análises químicas nos trechos selecionados. A outra metade foi arquivada em caixas de madeira de (5 a 4) metros de conteúdo, separadas em cinco divisões de 1 metro cada, no

caso do testemunho de diâmetro AX, e 4 divisões de um metro de comprimento, no caso do testemunho de diâmetro BX. As caixas arquivadas foram numeradas em intervalos de nºs inteiros, normalmente múltiplo de 5, de acordo com a profundidade da testemunhagem e cada caixa recebeu uma etiqueta de alumínio onde foram gravados o prefixo do furo e o intervalo testemunhado. Todo este material acha-se arquivado no depósito de testemunhos de sondagem do Projeto Cobre, na cidade de Juazeiro da Bahia, pelos menos até a data da elaboração deste relatório.

Os intervalos separados para análise foram relacionados em fichas especialmente confeccionadas para este fim (fig. 24), onde foram anotados os nºs do furo e da caixa de testemunho, o intervalo amostrado e a metragem recuperada de cada amostra, servindo assim de documento hábil para o cálculo dos teores médios dos corpos de minério, quando a recuperação é inferior a 100% (4.9).

Os dados físicos da sondagem, obtidos dos boletins diários de sondagem, assim como os estudos dos testemunhos, incluindo a distribuição da metragem recuperada metro por metro (descontada as perdas) e a descrição litológica e dos aspectos estruturais, foram transcritos em perfis compostos de sondagem (fig. 25). A este perfil juntou-se os resultados analíticos transcritos do boletim supramencionado e os resultados dos teores médios dos corpos de minério, utilizados no cálculo da reserva.

4.7. Análises químicas

Nas análises geoquímicas de solo residual, foram feitas determinações para cobre por absorção atômica, em amostras totalmente pulverizadas a menos de 100

CPRM

PROJETO COBRE - CURAÇÁ

TESTEMUNHOS ANALISADOS

Localidade: .....

Nº do Furo	Nº da Caixa	Testemunho		Intervalo analisado (m)			% Cu
		Nº	Comp.(m)	De	Até	Comp.	

Figura 24 - Ilustração da ficha, utilizada pelo Projeto Cobre, para relação das amostras de testemunhos analisadas para cobre

CONVENIO
CPRM - DNPM
AGENCIA SALVADOR

PROJETO COBRE - CURAÇÁ

PERFIL COMPOSTO DE SONDAGEM

FURO:	ALTITUDE:	LOCALIDADE:	TEC. RESP. PERFIL:
DIREÇÃO:	INÍCIO:		TEC. RESP. SOND.
INCLINAÇÃO:	TÉRMINO:	MUNICÍPIO:	ENC. SONDAGEM:
COMPRIMENTO:	SONDA:	ESTADO:	SONDADORES:

DATA	AVANÇO DIÁRIO (m)	METROS PERFURADOS POR MANOBRA	RECUPERAÇÃO			PERFIL LITOLÓGICO	DESCRIÇÃO DO TESTEMUNHO	AMOSTRA C/ ESTUDO PETROGRÁFICO (+) E OU CALCOGRÁFICO (+)	ANÁLISES						TEOR MÉDIO PROVÁVEL (% COBRE)
			POR MANOBRA (m)	PARCIAL (m)	POR METRO (m)				TESTEMUNHO			CALHA			
									INTERVALO ANALISADO (m)	% COBRE		INTERVALO ANALISADO (m)	% COBRE		
										ROTINA	MÉDIA		ROTINA	MÉDIA	

meshs. Apenas no corpo de Pirulito, devido a complementação de estudos orientativos de geoquímica, efetuaram-se análises espectrográficas semi-quantitativas para 30 elementos.

Nas análises geoquímicas de sedimentos de corrente, foram feitas determinações de cobre total, cobre solúvel e níquel, na fração natural das amostras, inferior a 80 meshs, por absorção atômica, seguindo técnica descrita no Geological Survey Bulletin 1152. Nos estudos orientativos, entretanto, foram efetuadas também análises por métodos colorimétricos e de espectrometria.

As análises químicas quantitativas para cobre, em testemunhos de sondagem, foram realizadas, principalmente, por absorção atômica e, em parte, por solução de tiosulfato e fluorescência de Raio - X.

Em 93 amostras mineralizadas dos corpos de Lagoa da Mina, Cercado Velho e Pirulito, realizaram-se análises espectrográficas semi-quantitativas para 30 elementos (Fe, Mg, Ca, Ti, Mn, Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, La, Mo, Nb, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, V, W, Y, Zn e Zr).

Análises específicas para ouro foram processadas em 72 amostras de minério de cobre através de absorção atômica.

O controle das análises específicas para cobre, efetuado pela correspondência dos resultados com a espectrografia e pelas observações macroscópicas dos testemunhos, responde pela confiabilidade dos teores de cobre do minério dos depósitos de Lagoa da Mina, Cercado Velho e Pirulito, os mais intensivamente pesquisados pelo projeto.

4.8. Cálculos das densidades

Segundo Melo Jr, Pouchain et Castiel (1962), as médias das densidades do minério da jazida de Caraíba, são as seguintes:

Minério oxidado = 2,80 g/cm^3
Minério sulfetado = 3,26 g/cm^3

A densidade do minério oxidado foi determinada por método global, no campo, a partir do material extraído dos poços de pesquisa, razão pela qual o valor calculado (2,80 g/cm^3) torna-se irrefutável.

Com relação ao minério sulfetado, realizou-se uma série de determinações, em laboratório, de densidades de diversos tipos litológicos, incluindo rochas mineralizadas e estéreis, provenientes de testemunhos de sondagem dos corpos de Lagoa da Mina, Cercado Velho, Pirulito e Paredão. Os dados de laboratório acham-se transcritos na tabela XII e as densidades médias apresentadas na tabela XIII.

As rochas ultramáficas, piroxeníticas, mineralizadas, apresentaram-se sem dúvida, como as de densidade mais elevada (3,30 g/cm^3), bastante próxima da densidade (3,26 g/cm^3) encontrada por Melo Jr et alii (op. cit.) para o minério de Caraíba, devido provavelmente a abundância de rochas piroxeníticas na referida jazida, enquanto nas rochas máficas-ultramáficas não mineralizadas e mineralizadas as densidades variaram de 2,93 g/cm^3 a 3,12 g/cm^3, respectivamente.

Preferiu-se utilizar, no cálculo das reservas do minério sulfetado, densidades compatíveis com a

Natureza da rocha	Densidade g/cm^3	Referência da amostra metragem/furo
Biotita-gnaisse	2,82	65,60/1JO-1-BA
Quartzo-feldspato-gnaisse	2,56	120,80/1CA-11-BA
Biotita-gnaisse	2,60	41,00/1CA-16-BA
Biotita-gnaisse	2,94	168,18/1CA-27-BA
Quartzo-feldspato-gnaisse	2,52	43,44/1CA-33-BA
Granito róseo	2,50	51,32/1CA-33-BA
Granito róseo	2,57	244,66/1CA-33-BA
Granito róseo	2,51	106,65/1CA-34-BA
Granito róseo	2,56	137,67/1CA-34-BA
Quartzo-feldspato-gnaisse	2,84	162,70/1CA-34-BA
Biotita-gnaisse	2,77	62,59/1CA-35-BA
Biotita-gnaisse	2,88	116,08/1CA-38-BA
Gnaisse	2,47	310,90/1CA-40-BA
Biotita-hornblenda-gnaisse	2,67	345,00/1CA-40-BA
Biotita-gnaisse	2,63	498,66/1CA-40-BA
Quartzo-feldspato-gnaisse	2,72	292,35/1CA-45-BA
Granito róseo	2,61	309,00/1CA-45-BA
Diorito	2,88	59,90/F-2
Melanorito mineralizado	2,82	85,79/F-2
Augita diorito gnáissico	2,90	116,00/F-2
Norito mineralizado	2,82	196,21/F-0
Norito	2,82	91,22/1CA-19-BA
Norito mineralizado	2,92	91,80/1CA-19-BA
Nornblenda gabro	3,02	49,32/1CA-37-BA
Clinopiroxênio diorito	3,14	53,19/1CA-37-BA
Ortopiroxênio diorito	2,76	82,19/1CA-37-BA
Ortopiroxênio meladiorito	3,03	83,57/1CA-37-BA
Ortopiroxênio diorito	3,00	161,20/1CA-40-BA
Piroxênio diorito	3,07	368,10/1CA-40-BA
Piroxênio leucodiorito	2,87	379,77/1CA-40-BA
Anfibolito	2,95	32,00/1CA-16-BA
Anfibolito	3,16	94,19/1CA-19-BA
Anfibolito	3,15	42,25/1CA-33-BA
Anfibolito	2,95	115,21/1CA-33-BA
Anfibolito	3,25	134,00/1CA-33-BA
Anfibolito	3,14	139,90/1CA-34-BA
Biotita-piroxenito mineralizado	3,36	127,18/1CA-33-BA
Biotita-piroxenito mineralizado	3,43	149,06/1CA-33-BA
Biotita-piroxenito mineralizado	3,20	66,54/1CA-35-BA
Biotita-piroxenito mineralizado	3,15	83,00/1CA-38-BA
Biotita-hornblenda-piroxenito mineralizado	3,30	250,00/1CA-40-BA
Biotita-piroxenito mineralizado	3,37	354,00/1CA-40-BA

Tabela XII - Relação das densidades, determinadas em laboratório, de amostras de testemunhos de sondagem (Fonte: Boletim 05/LAB/74. Determinações por Raymundo Loureiro Falcão).

Natureza da rocha	Densidade média g/cm^3
Rochas félsicas	2,65
Rochas gabro-dioríticas	2,93
Rochas anfibolíticas	3,10
Rochas piroxeníticas mineralizadas	3,30
Rochas máficas-ultramáficas mineralizadas	3,12

Tabela XIII - Densidades médias de rochas félsicas, máficas e ultramáficas, determinadas em laboratório, de amostras de testemunhos de sondagem.

natureza mais máfica ou mais ultramáfica das rochas hospedeiras da mineralização, usando-se 3,00 g/cm^3 para os corpos de Lagoa da Mina e Cercado Velho e 3,20 g/cm^3 para o corpo de Pirulito.

4.9. Cálculo de reservas

As reservas de minério de cobre oxidado, dos corpos estudados, foram estimadas com base nas obras de pesquisa, não obedecendo rigidamente aos métodos clássicos de avaliação.

Quanto ao minério de cobre sulfetado dos depósitos de Lagoa da Mina, Cercado Velho e Pirulito, o cálculo das reservas foi realizado segundo o método das seções paralelas, obedecendo, em geral, aos critérios seguintes:

1) Elaboração de seções verticais, transversais aos corpos, com as escalas horizontal e vertical iguais a 1:500.

2) Ao longo dos traços dos furos, plotação dos dados geológicos, interpretação e confecção dos perfis geológicos.

3) Cálculo dos teores médios de cobre dos intervalos mineralizados, por média ponderada, a partir dos dados documentados nas fichas de análises químicas dos testemunhos e nos perfis compostos de sondagem.

No caso da recuperação do testemunho ser inferior a 100%, o teor médio do intervalo considerado foi obtido mediante a fórmula:

$C = \frac{C' + C''}{2}$; onde: C' – é o teor médio dos teste

munhos calculado proporcionalmente ao comprimento do avanço da sonda (intervalo amostrado); e C" - é o teor médio das provas calculado proporcionalmente ao comprimento real dos testemunhos recuperados no intervalo amostrado.

Os valores de C' e C" foram calculados com o uso das fórmulas seguintes:

$$C' = \frac{C_1 l_1 + C_2 l_2 + \ldots + C_n l_n}{l_1 + l_2 + \ldots + l_n} \quad e$$

$$C'' = \frac{C_1 l_1' + C_2 l_2' + \ldots + C_n l_n'}{l_1' + l_2' + \ldots + l_n'} ,$$

onde: C_1, C_2 ... C_n - São os teores de cobre dos testemunhos analisados;

l_1, l_2 ... l_n - são os comprimentos dos intervalos amostrados; e

l_1', l_2' ... l_n' - são os comprimentos dos testemunhos recuperados.

4) Cálculo dos teores médios referidos no ítem anterior segundo três classes de minério:

Minério classe A - minério com teor de corte de 0,7% Cu;

Minério classe B - minério compreendido entre o teor de 0,4% Cu (teor de corte) e 0,7% Cu; e

Minério classe C - minério compreendido entre o teor de 0,2% Cu (teor de corte) e 0,4% Cu.

Para o corpo de Pirulito, devido aos baixos teores de cobre registrados e para um maior aproveitamento de reservas, modificou-se ligeiramente os intervalos das classes dos minérios conforme segue:

Minério classe B - minério compreendido entre o teor de 0,3% Cu (teor de corte) e 0,7% Cu;

Minério classe C - minério compreendido entre o teor de 0,15% Cu (teor de corte) e 0,3% Cu.

5) Plotação ao longo dos traços dos furos dos intervalos com teores médios calculados e interpretação das seções verticais dos corpos de minério.

6) Traçado,nos perfis,das zonas de influência dos furos iguais a meia distância do furo mais próximo (quando os furos são paralelos) ou a bissetriz do ângulo formado por furos concorrentes.

Quando o furo de sonda não se apresentava próximo a nenhum outro que pudesse influenciar o comportamento dos corpos de minério, estabeleceu-se as zonas de influência iguais às adotadas para outros furos, na mesma seção.

7) Separação das seções dos blocos de minério contidos entre dois furos contíguos (seção medida); entre o furo e a zona de oxidação (seção medida); entre o furo e a sua própria área de influência externa (seção indicada); abaixo da zona de influência externa do furo (seção inferida).

8) Cálculo das áreas das seções dos blocos de minério. No caso, utilizou-se um planímetro marca ARISTO 1130 L.

O teor médio da seção do bloco de minério, corresponde ao teor médio ponderado do furo, no intervalo que atravessa a seção.

9) Determinação, para cada perfil, de uma zona de influência igual a metade da distância ao perfil contíguo,

exceto nas seções externas que foram inferidas até o provável limite externo dos corpos de minério;

10) O produto das áreas das seções dos blocos pelos respectivos comprimentos das áreas de influência representa o volume dos blocos de minério. Para as áreas de influência de alguns corpos de minério, o volume do bloco extremo foi calculado utilizando-se a fórmula do "trapézio": $V = \frac{S.l}{2}$, onde S representa a área da seção do bloco de minério e l representa o comprimento da área de influência;

11) O produto do volume dos blocos de minério pela densidade do minério, representa a tonelagem dos blocos de minério;

12) O somatório das tonelagens dos blocos de minério, por seção, constitui a reserva da seção. O teor médio da seção é a média ponderada dos teores médios dos blocos pelas respectivas tonelagens;

13) O somatório das reservas das seções constitui a reserva do depósito;

O procedimento para a separação das reservas medidas, indicadas e inferidas, foi estabelecido, primeiro, nas seções dos blocos de minério, conforme os critérios apresentados no ítem 7º e segundo, na caracterização das áreas de influência entre os perfis (comprimento das áreas de influência dos blocos de minério). Se a área de influência é medida, as reservas medidas, indicadas e inferidas, serão determinadas pelas seções dos blocos de minério. Se a área de influência é indicada, as seções dos blocos medidas e indicadas constituirão reservas indicadas e se a área de influência é inferida, as reservas serão sempre inferidas. Em qualquer situação, as seções dos blocos inferidas constituirão sempre reservas inferidas.

Os critérios assim admitidos foram tais que as reservas medidas são aquelas totalmente delimitadas pelas áreas de influência dos furos e seções geológicas, sendo portanto conhecidas nas três dimensões.

4.10. Sistemática de prospecção

Foram utilizadas três sistemáticas de prospecção na procura dos depósitos de cobre na região, caracterizando três fases distintas na evolução dos trabalhos de pesquisa.

A primeira fase, executada no período de 1965 a 1969, constou de levantamento geoquímico dirigido para os corpos máficos-ultramáficos identificados nas aerofotos através de sua textura fotográfica, de cor cinza escura, denominados por isto de "manchas". Essa prospecção apoiou-se basicamente no controle litológico determinante da mineralização. A prospecção nesta fase obedeceu a sistemática seguinte:

1) Prospecção de reconhecimento

Amostragem de solo ao longo de uma picada-eixo aberta segundo a maior extensão da "mancha", com coleta de amostras a intervalos de 100 m e análises geoquímica para Cu, Co e Cr.

2) Prospecção de detalhe

Detalhamento geoquímico, segundo uma malha predeterminada, de zonas de anomalias geoquímicas delineadas na etapa anterior. Persistindo a anomalia, abertura de poços de pesquisa, trincheiras e amostragem de canal. Preparação de mapas geológicos e de distribuição de isoteores para cobre. Em função da potencialidade de área, execução de

furos exploratórios.

A segunda fase de prospecção, iniciada em 1970, apoiou-se no reconhecimento geoquímico, através da amostragem de sedimentos ativos. Essa campanha se desenvolveu paralelamente ao mapeamento geológico na escala 1:25.000 e visava a seleção de áreas anômalas que se convencionou denominá-las de "ALVOS - S". A este tempo, as "manchas" já tinham sido pesquisadas em sua grande maioria,necessitando-se,portanto,de uma metodologia que selecionasse áreas até então desconhecidas sobre o ponto de vista da mineralização de cobre. Esta crença baseiava-se no fato de que alguns corpos máficos-ultramáficos, comprovadamente mineralizados, não apresentavam conotação fotogeológica, como por exemplo: os corpos de Surubim e Cercado Velho, e por isto não seriam provavelmente revelados no mapeamento geológico na escala 1:25.000.

A escolha do método geoquímico de sedimentos ativos para a fase de reconhecimento baseou-se nos trabalhos pioneiros de Ladeira et alii (1969) e nos estudos orientativos desenvolvidos "a posteriori".

Para a fase de detalhamento,iniciou-se a utilização de técnicas geofísicas, já testadas nos depósitos até então conhecidos e se prestando satisfatoriamente para uma análise do potencial das anomalias geoquímicas,numa fase pré-sondagem, evitando-se assim o dispêndio excessivo com os elevados custos das perfurações, em áreas pouco favoráveis.

Com este espírito, a prospecção nesta segunda fase, obedeceu a sistemática seguinte:

1) Prospecção de reconhecimento

Mapeamento geológico e reconhecimento geoquímico através de sedimentos de corrente, na escala 1:25.000, com seleção das áreas anômalas denominadas de Alvos "S".

2) Prospecção de semi-detalhe

Sobre os Alvos "S", levantamento geoquímico de semi-detalhe através da amostragem de solo em malha de (200 x 100) m e análises para cobre. Preparação de mapas de distribuição geoquímica e, dependendo das condições da área, preparação de mapas geológicos na escala 1:10.000.

3) Prospecção de detalhe

Sobre as zonas de anomalias geoquímicas definidas na campanha de semi-detalhe, detalhamento geoquímico em malha de (100 x 50) m; prospecção geofísica através de IP (arranjo dipolo-dipolo) e magnetometria; abertura de trincheiras; mapeamento de detalhe e, comprovada a potencialidade do alvo, sondagem prospectiva.

A terceira fase de prospecção, iniciada em 1973, após a conclusão dos trabalhos de mapeamento geológico na escala 1:25.000, representou o início de uma evolução muito rápida dos conhecimentos geológicos da área e dos controles da mineralização. A esta época foram concluídos novos testes de metodologia, principalmente no domínio da geofísica, com a utilização do AFMAG e do IP (arranjo polo-dipolo), para ser aplicado nos trabalhos de geofísica em escala de semi-detalhe.

Os reconhecimentos dos controles geológicos da mineralização, notadamente do controle regional, "subestratigráfico", propiciou a seleção de novas áreas, que se convencionou denominar de "ALVOS - L", selecionadas em

função dos elementos geológicos constantes do mapeamento na escala 1:25.000.

A orientação dada aos trabalhos de prospecção, nesta fase, obedeceu a sistemática seguinte:

1) Prospecção de semi-detalhe

Sobre os Alvos "L" selecionados com base nos controles geológicos da mineralização, amostragem de solo residual em malha de reconhecimento (300 x 100) m com análises geoquímica para cobre. Simultaneamente, mapeamento geológico do Alvo na escala 1:10.000. Dependendo desses resultados, levantamento geofísico com a utilização do AFMAG e/ou magnetometria e polarização induzida (arranjo polo-dipolo).

2) Prospecção de detalhe

Sobre as "zonas de anomalias" selecionadas na etapa anterior e em função do tipo de anomalia (geoquímica, geofísica ou ambas superpostas), campanhas de detalhe, segundo umas das alternativas seguintes: geoquímica de detalhe para definição das anomalias geoquímicas; geofísica de detalhe (IP - dipolo-dipolo e magnetometria) para a definição das anomalias geofísicas; e eventualmente, gravimetria, em seções previamente selecionadas para dirimir dúvidas quanto ao significado das anomalias de IP. Dependendo desses resultados: aberturas de trincheiras, mapeamento geológico detalhado dos indícios e sondagem prospectiva.

Finalizando, salienta-se que os modelos apresentados das sistemáticas de prospecção são ideais e naturalmente teóricos. Na execução, muitas variáveis foram permitidas em função dos problemas peculiares a cada alvo prospectado, tendo em vista os aspectos técnico-econômicos.

4.11. Dados físicos de produção

Na tabela XIV estão relacionados todos os trabalhos realizados no Projeto Cobre durante o período de 1965 a 1973, englobando os levantamentos executados diretamente pela GEOSOL, pelo DNPM e pela CPRM, de conformidade com o demonstrativo apresentado nas tabelas I, II, III e IV.

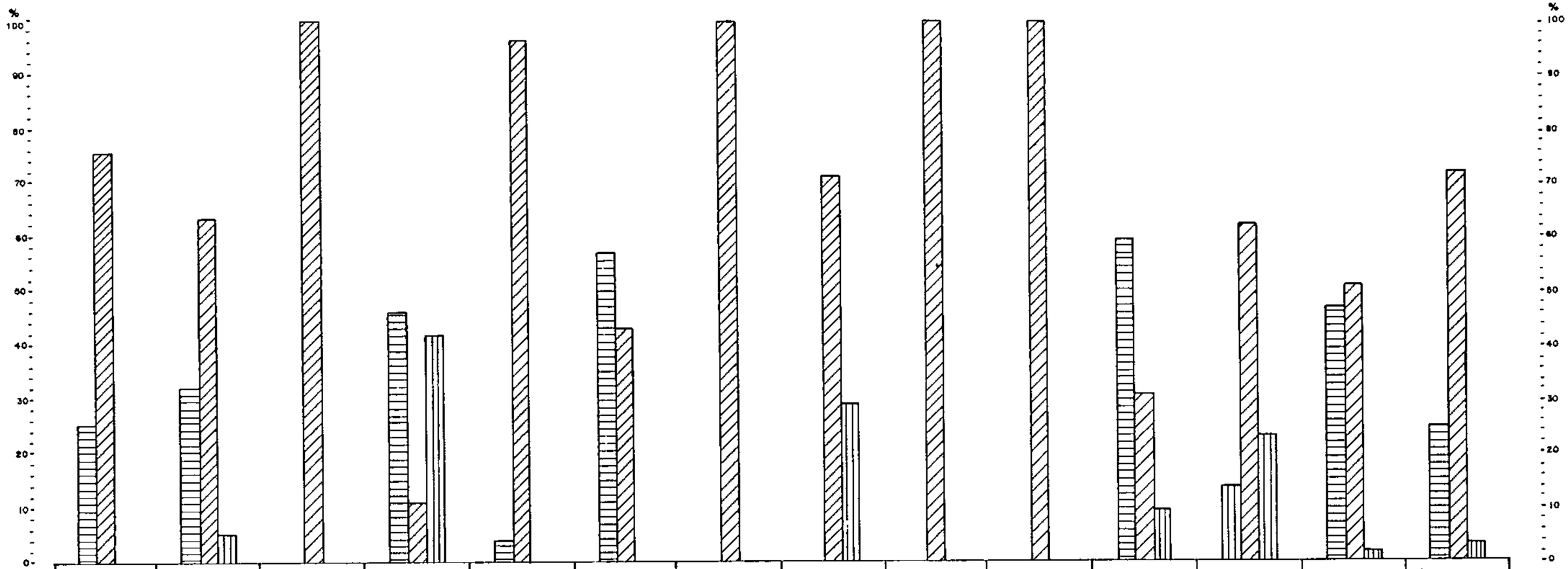
A figura 26 ilustra o grau de participação da CPRM, GEOSOL e DNPM na execução dos serviços de pesquisa.

Na última fase de trabalho, realizada pela CPRM, a pesquisa apresentou uma evolução mais gradativa, com etapas bem definidas e aplicadas de forma sistemática, resultado da metodologia desenvolvida pelo pessoal técnico do Projeto Cobre, para o vale do Curaçá.

No mapeamento geológico, verifica-se uma participação maior da CPRM nos levantamentos realizados nas escalas 1:25.000, 1:10.000 e 1:2.500, enquanto a GEOSOL lidera o levantamento das áreas mapeadas nas escalas de detalhe, 1:1.000 e 1:500.

No estudo geoquímico dos sedimentos de corrente, devido a sistemática de prospecção utilizada, a CPRM coletou um número expressivo de amostras, enquanto na geoquímica de solo residual, pesquisa empregada sistematicamente pelas duas empresas, foi coletado um total de 14.423 amostras.

O largo emprego da geoquímica em sedimentos de corrente, método consagrado na última fase do Projeto Cobre, em função dos excelentes resultados obtidos, proporcionou, à CPRM, uma área, correspondente às "manchas" ou alvos prospectados, equivalente a aproximadamente três



MAPEAMENTO 1:25.000	MAPEAMENTO 1:10.000 - 1:5.000	MAPEAMENTO 1:2 500	MAPEAMENTO 1:1000 - 1.500	GEOQUÍMICA SEDIMENTOS DE CORRENTE	GEOQUÍMICA SOLO RESIDUAL	POLARIZAÇÃO INDUZIDA	MAGNETOMETRIA	A FMAG	GRAVIMETRIA	TRINCHEIRAS + POÇOS PESQUISAS	SONDAGEM	ANÁLISES QUÍMICAS	ÁREA DAS MANCHAS OU DOS ALVOS
3.040 km	9.841 ha	145 ha	90 ha	6.339 amostras	14.423 amostras	118 km	211 km	58 km	19 km	6.386 m	12.698,51 m	62.803 determinações	12.603 ha

Serviços executados pelo GEOSOL no período de abril/1965 a março / 1968 (36 meses)

Serviços executados pelo DNPM no periodo de abril/1968 a junho / 1970 (27 meses)

Serviços executados pelo CPRM no periodo de julho / 1970 a setembro/1973 (39 meses)

FIGURA 26 - DADOS FÍSICOS DE PRODUÇÃO DO PROJETO COBRE E GRAU DE PARTICIPAÇÃO DA GEOSOL , DNPM E CPRM NA EXECUÇÃO DIRETA DOS SERVIÇOS DE PESQUISA

vezes a área prospectada pela GEOSOL no início das pesquisas, antes da aplicação deste método geoquímico.

O emprego persistente dos métodos geofísicos pela CPRM, aplicados inicialmente em caráter experimental e sistematicamente em etapas posteriores, acarretou um sucessivo aperfeiçoamento desta fundamental ferramenta na prospecção de corpos mineralizados em subsuperfície, contribuindo para o desenvolvimento de uma tecnologia de pesquisa anteriormente desconhecida no vale do Curaçá e cuja aplicação pode ser visualizada quantitativamente na tabela XIV.

No período de duração do Projeto Cobre, foram realizadas 62.803 determinações geoquímicas, com participação expressiva das duas empresas de pesquisa.

O programa de sondagem realizado pelo Projeto Cobre, atingiu uma significativa metragem de perfuração, cerca de 12.698,51 m, contribuindo a CPRM com 62,30% deste total, seguido do DNPM (23,73%) e da GEOSOL (13,97%), sendo o programa de sondagem liderado pela CPRM consequente da avaliação das reservas dos depósitos de Lagoa da Mina, Cercado Velho e Pirulito.

5. GEOLOGIA REGIONAL

A região pré-cambriana do nordeste da Bahia, onde se acha encravado o vale do rio Curaçá, tem sido alvo de controvérsias no que diz respeito às delimitações e divisões de suas unidades lito-estratigráficas e ao estabelecimento de sua coluna lito-estratigráfica, de modo que a cada novo trabalho geralmente são propostas reformulações no esquema estabelecido, para determinadas áreas, nos levantamentos geológicos anteriormente executados.

A seguir, partindo do esquema lito-estratigráfico proposto por Barbosa et alii (1964) e considerando os conhecimentos auferidos por outros autores, serão feitas considerações sobre a geologia e estratigrafia da região em apreço.

Grupo Caraíba

O Grupo Caraíba, o mais antigo, co-participa do Craton Sanfranciscano servindo de embasamento aos grupos pré-cambrianos mais recentes no nordeste da Bahia. Foi definido originalmente por Barbosa et alii (op. cit.), sendo sua denominação uma referência à área-tipo da jazida de Caraíba.

Este complexo, na realidade um Super-Grupo, compreende um conjunto de rochas altamente metamórficas e migmatizadas, pertencentes generalizadamente aos fácies do granulito e do anfibolito, destacando-se: granulitos diversos, gnaisses charnockíticos, migmatitos granulíticos, migmatitos diversos, paragnaisses (biotita-gnaisse, biotita-anfibólio-gnaisses, etc) paragnaisses migmatizados, calco-silicatadas, quartzitos, quartzitos ferríferos, kinzigitos, anfibolitos, etc. Associados a essas rochas ocorrem inúmeros corpos concordantes de rochas máficas-ultramáficas potencialmente hospedeiras de mineralizações cupríferas,rochas

diaftoríticas (localmente) e corpos de rochas "graníticas", tais como: granitos róseos, adamelitos, granodioritos, granitos-gnáissicos grosseiros, sienito Poço de Fora-Itiúba, etc.

As poucas datações geocronológicas, de amostras coletadas em âmbito regional, revelaram idades de cerca de 2.000 m. a. (1.800 m. a. em noritos da jazida de Caraíba) para as rochas do Grupo Caraíba, indicando portanto idades relativas ao ciclo Trans-Amazônico (Pré-Cambriano Médio). Contudo, a maioria dos estudiosos admitem ser essas rochas bem mais antigas (Pré-Cambriano Inferior?), representando aquelas idades apenas uma fase de rejuvenescimento isotópico das mesmas durante o ciclo mencionado. ("Vast reaches of rocks older than the Trans-Amazonian cycle, belonging to the ancient cratons of the platform, seem to have been isotopically rejuvenated during this cycle, as is possibilly the case of the Caraíba Group in Bahia", segundo F.F.M. de Almeida, 1971).

Dentro de um modelo geotectônico moderno, J. Mascarenhas (1973) postulou que as rochas do Grupo Caraíba, e portanto a região em torno do vale do Curaçá, representariam um "mobile belt" (idade de cerca de 2.700 m. a. - Ciclo Guriense) que se estenderia da região sul da Bahia para norte, até o rio São Francisco. Contudo, na região em foco, aquele autor não precisou o limite do cinturão móvel com relação as zonas cratônicas mais antigas, a oeste e a leste, esta última contendo o complexo de Rochas Verdes, postulado pelo autor.

Grupo Uauá

Foi individualizado por Barbosa et alii (op.cit.) para designar um conjunto de ectinitos, do

fácies do anfibolito e transicional xisto verde-anfibolito, que ocorre a leste do maciço sienítico Itiúba-Poço de Fora, estendendo-se segundo um rumo noroeste desde Uauá até os arredores da vila de Patamuté.

Consta de biotita-paragnaisses, biotita-xistos algo feldspáticos, meta-grauvacas, muscovita-xistos, muscovita-gnaisses, muscovita-quartzitos, quartzitos, quartzo-itabiritos e abundantes intercalações delgadas de anfibolitos. Essas rochas encaixam mafitos e ultramafitos diversos e maciços circunscritos de granito, e exibem fenômenos de migmatização nas áreas mais intensamente deformadas.

O Grupo Uauá, bem como o Grupo Caraíba, acham-se cortados por numerosos diques de diabásio dispostos preferencialmente segundo as direções NE e NNE.

Contrariamente a Barbosa et alii (op.cit.), Ladeira e Brockes Jr. (1969), Hermann (1970) e Mascarenhas et alii (1971) consideram os Grupos Caraíba e Uauá como equivalentes, tendo os últimos agrupados os dois grupos como Grupo Caraíba (Pré-Cambriano Inferior ?).

Grupo Macururé

Foi separado por Barbosa et alii (op.cit.) e compreende um grupo de micaxistos, paragnaisses e quartzitos micáceos, de grau de metamorfismo médio a moderadamente alto, que ocorre nas bacias dos riachos da Vargem e Macururé, próximo a cidade homônima. Localmente, este grupo exibe incipiente migmatização, além de encaixar corpos de granito circunscritos.

F.F. Almeida (1967) considerou este grupo como correspondente ao Grupo Vaza Barris de Sergipe.

A.S. Leal, em trabalho inédito, reuniu os grupos Uauá e Macururé de Barbosa et alii (op.cit.)sob

a denominação de Grupo Cabrobó.

Posteriormente Leal et Brito Neves (1968) reuniram o Grupo Macururé ao Grupo Salgueiro, identificado por Barbosa et alii (op.cit.) no Estado de Pernambuco, sob a denominação de Salgueiro-Macururé e o colocaram abaixo do Grupo Bambuí.

H. Jordan (1971) subdividiu o Grupo Macururé de Barbosa et alii (op.cit.) em duas unidades, estratigráfica e tectonicamente distintas: uma mais metamórfica e bastante mais antiga e outra sobrejacente constituída de filitos e micaxistos, agrupados juntamente com os Grupos Canudos e Bambuí de Barbosa et alii (op.cit.) em uma mesma sequência contínua de sedimentação que aquele autor denominou de "Série Canudos (Bambuí)", do Eo-Cambriano Superior.

Grupo Canudos

Barbosa et alii (op.cit.)denominaram de Grupo Canudos a uma faixa de metassedimentos fracamente metamórficos, compreendendo calcários, calcoxistos,filitos e micaxistos, que se estende de Canudos para Curaçá. A terminologia Canudos foi utilizada pela primeira vez por Sopper, 1914 (in E.C.Bruni et M.A.Bruni,1973) para designar os xistos supracitados.

Aparentemente "intrusivo" no Grupo Canudos, ocorre o sienito sódico da serra da Natividade.

Segundo Barbosa et alii (op.cit.) o Grupo Canudos "acavala os calcários da Série Bambuí e as rochas do Grupo Uauá em um nítido empurrão entre Bendengó e Canabravinha".

F.F. Almeida (1967) considerou os metassedimentos do Grupo Canudos equivalentes ao Grupo Miaba do geossinclinal de Sergipe, enquanto que Humphrey et Allard (1969) admitiram sua correlação com o Grupo Vaza Barris da

quela geossinclinal.

Mais tarde em 1971, H. Jordan considerou o Grupo Canudos, o calcário Bambuí e parte do Grupo Macururé, conforme foram definidos por Barbosa et alii (op. cit.), como equivalentes estratigráficos pertencentes a um mesmo ciclo de sedimentação, para o qual propôs o nome Série Canudos (Bambuí)

Grupo Bambuí

Barbosa et alii (op.cit.) identificaram nos municípios de Curaçá, Uauá, etc, serras constituídas de calcáriostipo Bambuí. Segundo os citados autores "essas rochas são pouco movimentadas, pouco metamórficas e assentam-se discordantemente sobre as rochas dos Grupos Uauá e Canudos. Na linha Bendegó-Corundundum-Patamuté-Canabravinha, os calcários Bambuí estão acavalados por empurrão pelos xistos Canudos".

O Grupo Bambuí identificado a norte do paralelo 10°00'' por Barbosa et alii (op.cit.)corresponde ao Grupo Miaba de Humphrey et Allard, op. cit.(in J. Mascarenhas,1973).

Segundo F.F. Almeida (1971) e outros autores, a deposição e tectonização dos Grupos Bambuí e Canudos relacionam-se ao último episódio do ciclo tecto-orogênico Brasiliano, de idade compreendida entre (570 a 620)m.a., isto é do Eo-Cambriano Superior.

Formação Caatinga

Nas proximidades da cidade de Juazeiro ocorrem os calcários referenciados como "Calcário Caatinga" e colocado no Mioceno e Quaternário, por Brenner, 1911 (in E.C. Bruni et M.A. Bruni, 1973).

Em 1959 e 1965, Kegel (in E.C. Bruni et M.A. Bruni, op.cit.) mapeou estes calcários de coloração esbranquiçada, geralmente bem consolidados e de aspecto óseo característico, contendo fósseis de algas, lamelibrânquios e gastrópodos, denominando-os de "Calcário das Vazantes".

Para os dois autores supracitados, a ocorrência típica dos calcários em foco situa-se na bacia do calcário Bambuí, que ambos consideraram como fonte supridora desses calcários cenozóicos.

Sedimentos recentes

São representados pelos depósitos aluviais e pelos sedimentos elúvio-coluviais (talus, manto de meteorização, etc).

6. SÍNTESE DA GEOLOGIA DO DISTRITO CUPRÍFERO DO RIO CURAÇÁ

Neste capítulo considerar-se-á, de modo sucinto, a geologia do vale do Curaçá, assunto que é tratado detalhadamente, dos pontos de vista estratigráfico, petrográfico, petrológico, das relações de campo, etc, no volume II deste relatório.

6.1. Estratigrafia e petrografia

No Distrito Cuprífero do Vale do Rio Curaçá, distinguem-se, estratigraficamente, dois grupamentos rochosos, ambos de idade pré-cambriana, de características litológicas-estruturais-tectônicas próprias, relacionadas a ciclos tecto-orogênicos distintos: o Grupo Càraíba e o Grupo Canudos (fig. 27).

O Grupo Caraíba (Barbosa et alii, op. cit.), mais antigo (Pré-Cambriano Inferior ?), constitui a maior parte da área investigada, onde está representado por um conjunto de rochas altamente metamórficas e migmatizadas, às quais associam-se rochas máficas-ultramáficas hospedeiras da mineralização cuprífera e rochas "graníticas", tais como: granitos róseos, adamelitos, granodioritos, granitos-gnáissicos grosseiros, sienito Poço de Fora-Itiúba, etc.

Várias gerações de veios de quartzo e diques de diabásio e gabro ofítico grosseiro de idade pré-Grupos Canudos e Bambuí (Barbosa et alii, op. cit.), isto é, anterior ao Eo-Cambriano Superior, cortam as diversas litologias do Grupo Caraíba. (Estes diques básicos não foram constatados cortando o Grupo Canudos e, fora da área, ocorrem recobertos pelos mármores e filitos do Grupo Bambuí - In Mapa Geológico da Região Barro Vermelho-Patamuté, escala 1:1.000.000, SUDENE - Missão Geológica Alemã, 1973).

Na porção norte da área mapeada, as

rochas do Grupo Caraíba estão parcialmente recobertas pelos calcários, calcoxistos e micaxistos (fácies do xisto verde) do Grupo Canudos (Barbosa et alii, op.cit.). Este Grupo, datado do Eo-Cambriano Superior, repousa discordantemente sobre as rochas do Grupo Caraíba e representa um ciclo contínuo de sedimentação, com calcários sempre na base que gradam rapidamente para calcoxistos e daí para os micaxistos do topo da sequência.

Os metassedimentos do Grupo Canudos são cortados por diques de quartzo, sem minerais de alta temperatura.

Rochas posteriores ao Pré-Cambriano estão representadas, na área mapeada, exclusivamente pelos depósitos aluviais e elúvio-coluviais recentes.

6.1.1. Grupo Caraíba

6.1.1.1. Fundamentos da subdivisão estratigráfica

Ladeira e Brockes Jr (1969) apresentaram pela primeira vez uma subdivisão estratigráfica do Grupo Caraíba no vale do Curaçá, propondo para o que denominaram de Super-Grupo Caraíba, a seguinte estratigrafia:

Super-Grupo Caraíba
- Rochas granitóides, metassomatitos e diaftoritos associados
- Grupo Tanque Novo
- Sequência máfica-ultramáfica
- Grupo Rio Curaçá

No esquema estratigráfico proposto por aqueles autores os corpos máficos-ultramáficos, conside

rados como de origem ígnea, encaixavam-se exclusivamente no Grupo Rio Curaçá, sendo portanto mais recentes que as rochas deste grupo e anteriores ou no máximo penecontemporâneos a sequência metassedimentar constitutiva do Grupo Tanque Novo. À sequência máfica-ultramáfica associaram genética e estratigraficamente os níveis de quartzo-magnetita-hematita, atualmente denominados de quartzitos ferríferos.

Aqueles autores subdividiram os Grupos Rio Curaçá e Tanque Novo em unidades litológicas que denominaram de "formações".

Com a continuidade do mapeamento geológico, constatou-se a ocorrência de rochas máficas-ultramáficas em novos grupamentos litológicos mapeados e denominados pelos autores deste relatório de Unidades ("formações"de Ladeira et Brockes Jr, op. cit.), pertencentes ao Grupo Tanque Novo daqueles autores, inclusive mineralizadas em cobre, bem como a presença generalizada de quartzitos ferríferos neste grupo, fatos que vieram a exigir uma reformulação da estratigrafia proposta por aqueles autores.

Apesar das dificuldades existentes, tais como: a pequena dimensão da área mapeada, o elevado grau de metamorfismo, a granitização generalizada, o complicado quadro estrutural-tectônico, o nível de erosão profundamente arrasado, etc; conseguiu-se agrupar as rochas do Grupo Caraíba em três conjuntos lito-estratigráficos distintos:

Grupo Caraíba
- Rochas granitóides, metassomatitos e diaftoritos associados
- Sequência Tanque Novo
- Sequência Rio Curaçá

As UNIDADES constitutivas de cada um

destes conjuntos lito-estratigráficos, bem como as suas litologias características, estão relacionadas na figura 27, enquanto que a figura 28 mostra a correspondência entre as UNIDADES das sequências supracitadas nas estratigrafias propostas por estes autores e por Ladeira et Brockes Jr (op.cit.).

Dentro do esquema proposto, as rochas máficas-ultramáficas encaixam-se quase que exclusivamente na sequência basal e na metade inferior da Sequência Tanque Novo, enquanto que os níveis de quartzitos ferríferos ocorrem, quase que unicamente, nesta última sequência.

A subdivisão das rochas do Grupo Caraíba nas Sequências Rio Curaçá e Tanque Novo, fundamentou-se nos seguintes elementos:

1) Pela individualização de um grupamento de unidades litológicas, denominado Sequência Tanque Novo, representando, originalmente, um ciclo de sedimentação provavelmente marinha, regressiva, oscilatória, interpretado à luz das litologias dominantes, assim caracterizada, da base para o topo:

Unidades	Litologias dominantes	Sedimentos originais
Bogó	Quartzitos e gnaisses quartzo-feldspáticos.	Arenitos e arcósios
Banguê	Gnaisses bandeados (bandas de quartzo--feldspato e anfibolitos).	Margas e clásticos finos (?)
Bom Despacho	Calco-silicatadas, quartzitos ferríferos e granada-gnaisses.	Sedimentos químicos (calcários e sílico-ferruginosos) e clásticos finos

CENOZÓICO

QUATERNÁRIO

Qa, Qt, Qa, Qa — Aluvião (Qa); Talus (Qt); Eluvio arenoso grosseiro com seixos de quartzo (Qe); e Cobertura areno-argilosa calcífera ou argilo-arenosa calcífera (Qc).

PRÉ-CAMBRIANO INFERIOR (?)

EO-CAMBRIANO

GRUPO CANUDOS

Dique de quartzo

UNIDADE VENEZA — Quartzo-feldspato-micaxisto e subordinadamente granada-micaxisto com alguns níveis de quartzito e variações para calcaxisto.

UNIDADE VERMELHOS — Calcário metamórfico geralmente listrado com níveis de meta-arcósio (ak) e variações para calcaxisto.

Dique de quartzo milonitizado ou cataclasado

Dique básico (db): diabásio (db_1) e gabro afítico grosseiro (db_2).

Milonito, blastomilonito e cataclasito da falha Serrote do Souza.

PRÉ-CAMBRIANO INFERIOR (?)

GRUPO CARAÍBA

ROCHAS GRANITÓIDES, METASSOMATITOS E DIAFTORITOS ASSOCIADOS

UNIDADE CAPIVARA — Anfibólio-biotita-gnaisse diaftorítico, cataclástico e epidotizado.

Dique de granito porfiroclástico.

Granito gnáissico grosseiro a hornblenda e biotita.

Granodiorito róseo de granulação média a grosseira.

Granito róseo fino (γ_1), granito-adamelito cinza (γ_2), e granito róseo grosseiro (γ_3).

Biotita-gnaisse porfiroblástico e biotita-hornblenda-gnaisse porfiroblástico de cor róseo e cinza ($p\gamma_1$). Anfibólio-oftalmita e biotita-augen-gnaisse muito grosseiro e de cor cinza ($p\gamma_2$).

Sienito gnáissico Poço de Fora — Itiúba

ROCHAS MÁFICAS-ULTRAMÁFICAS

Níveis de quartzito ferrífero intercalados na Sequência Tanque Novo e raramente na Sequência Rio Curaçá.

Níveis de rocha calco-silicatada (cs_2) — incluindo diopsídito (cs_3), — intercalados na Sequência Tanque Novo e raramente na Sequência Rio Curaçá.

a_1 — Corpos de anfibolito; a_2 — corpos constituídos de anfibolito e, subordinadamente, rocha calco-silicatada, diorito, gabro e piroxenito, encaixados nas Sequências Tanque Novo e Rio Curaçá.

Corpos constituídos de gabro e diorito, e, subordinadamente, anfibolito, norito e piroxenito, encaixados nas Sequências Rio Curaçá e Tanque Novo.

Corpos constituídos de piroxenito e norito, e subordinadamente, anfibolito, diorito, gabro e serpentinito, encaixados nas Sequências Rio Curaçá e Tanque Novo.

Corpos constituídos de serpentinito e piroxenito serpentinizado, e, subordinadamente, anfibolito, diorito, gabro e piroxenito, encaixados nas Sequências Rio Curaçá e Tanque Novo.

SEQUÊNCIA TANQUE NOVO

UNIDADE PEDREIRAS — Migmatito "stromatic" e hornblenda e biotita e diatexito "manchado" a biotita e granada

UNIDADE BOGÓ — $TNbo_1$: quartzito muito recristalizado frequentemente fuchsítico e, às vezes, feldspatizado. $TNbo_2$: quartzo-feldspato-granada-gnaisse e gnaisse kinzigítico, parcialmente migmatizados, com intercalações delgadas nem sempre individualizáveis de anfibolito (a_1) e menos comumente quartzito ferrífero (qf) e rocha calco-silicatada (cs_1).

UNIDADE BANGUÊ — Biotita-hornblenda-gnaisse bandeado, gnaisse félsico e subordinadamente granulitos, migmatizados, com intercalações delgadas nem sempre individualizáveis de anfibolito (a_1, a_2) e menos comumente de rocha calco-silicatada (cs_1, cs_2) e piroxenito (pn).

UNIDADE BOM DESPACHO — Biotita-gnaisse migmatizado e subordinadamente kinzigito, com abundantes intercalações delgadas, nem sempre individualizáveis, de rocha calco-silicatada (cs_1) incluindo diopsídito (cs_2), quartzito gnaissificado (q) que passa a quartzo-feldspato-gnaisse, anfibolito (a_1, a_2), quartzito ferrífero (qf) e localmente gondito (g).

*** SEQUÊNCIA RIO CURAÇÁ**

UNIDADE CACHOEIRA — Migmatito listrado a biotita e, subordinadamente, a hornblenda e biotita, com intercalações delgadas de anfibolito

UNIDADE ARAPUÁ — Biotita-gnaisse parcialmente migmatizado, com abundantes níveis nem sempre individualizáveis de anfibolito (a_1), passando lateral e verticalmente a quartzo-feldspato-gnaisse.

UNIDADE MARI — Biotita-gnaisse-migmatítico e subordinadamente biotita-hornblenda-gnaisse-migmatítico de estrutura "*schlieric*" e listrado, com intercalações delgadas de anfibolito.

UNIDADE SERRA DA BARRIGUDA — Biotita-ortopiroxênio-granulito com lentes de granulito básico. Efeitos de migmatização presentes.

UNIDADE POÇO DE FORA — Gnaisses charnockíticos e granulitos associados com intercalações delgadas de anfibolito e efeitos de migmatização contínuos.

* O posicionamento, na coluna, das unidades litológicas da Sequência Rio Curaçá é desprovido de conotação estratigráfica.

FIG. 27 — Coluna Lito-estratigráfica do Distrito Cuprífero do Rio Curaçá

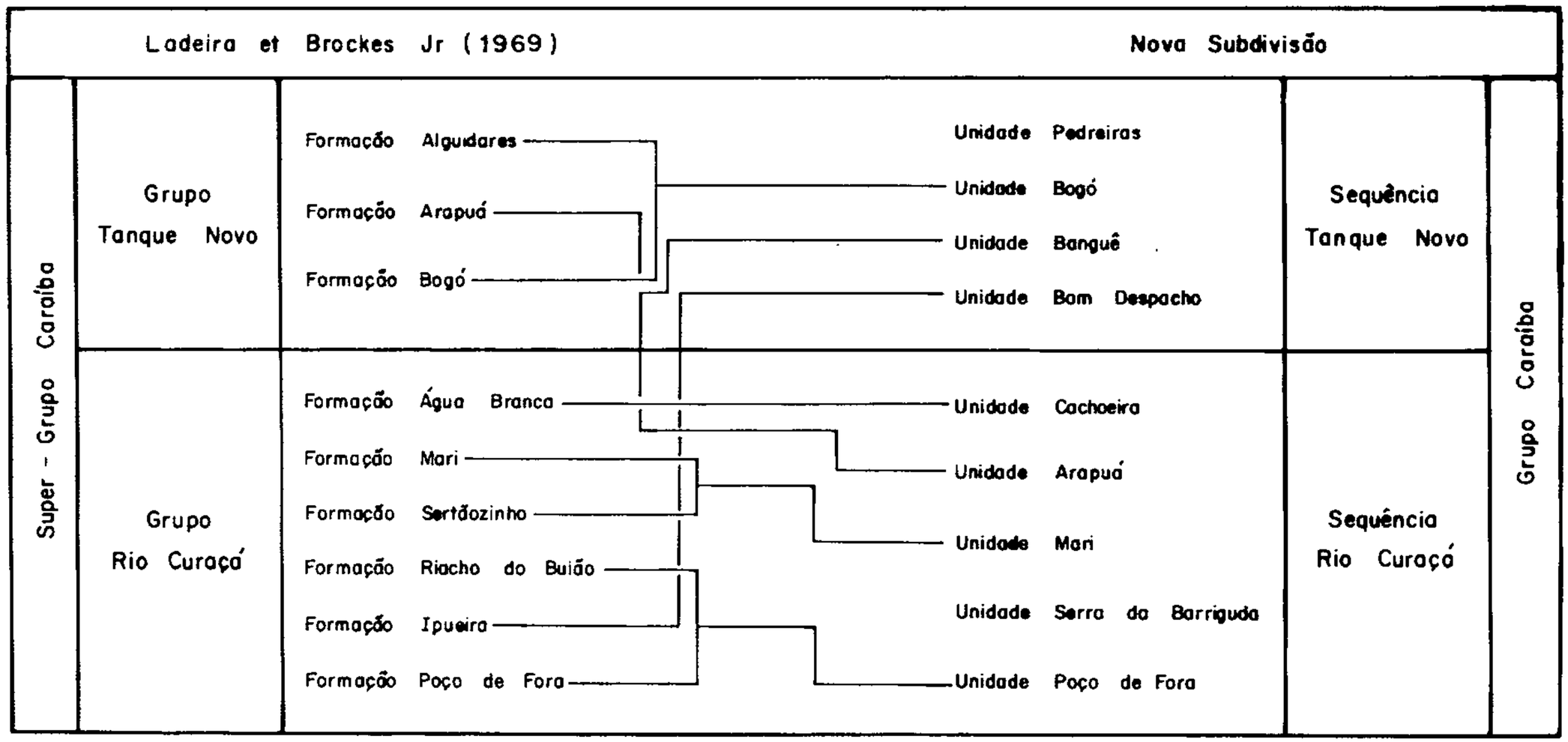


Figura 28— Correspondência entre as formações litológicas dos Grupos Rio Curaçá e Tanque Novo, de Ladeira et Brockes Jr. (1969), e as unidades litológicas da nova subdivisão estratigráfica.

2) Pela constatação do posicionamento estratigráfico da sequência supramencionada, sempre recobrindo as rochas da sequência inferior, denominada de Rio Curaçá, especialmente claro e evidente em seções-chaves, como o perfil geológico (fig. 29) pela BR-235 (serra de João Domingos-Pinhões-serrote do Souza).

3) Pelo posicionamento estrutural da Unidade Bom Despacho (base da Sequência Tanque Novo), sempre repousando em núcleo de estruturas sinclinais.

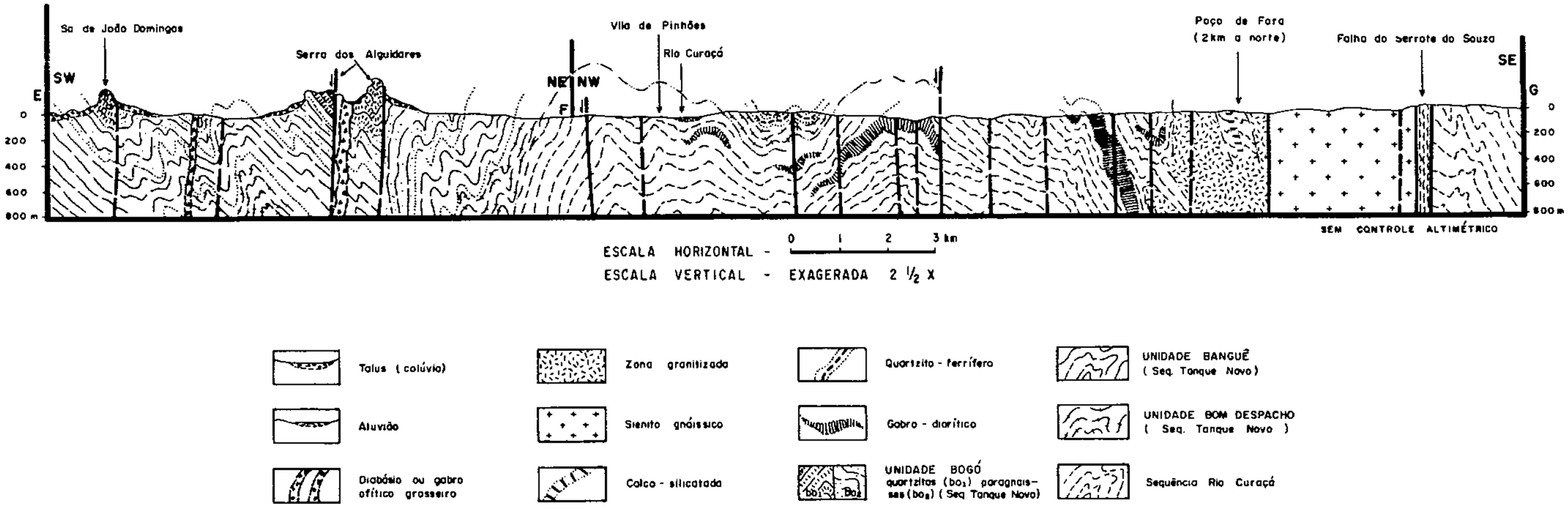
4) Pela constatação, na área do projeto, de uma grande estrutura em anticlinório, com características de um braquianticlinório, com "plunge" para sul e para norte, na qual a Sequência Rio Curaçá ocupa a porção central, axial,do dobramento principal, enquanto a Sequência Tanque Novo distribui-se,regionalmente,nas partes periféricas.

5) Pelo grau de metamorfismo, generalizadamente mais elevado na Sequência Rio Curaçá e diminuindo, em termos gerais, da base para o topo da Sequência Tanque Novo.

6) Pela granitização, mais acentuada e generalizada nas rochas da Sequência Rio Curaçá e menos enérgica e, às vezes, incipiente, nos metassedimentos da Sequência Tanque Novo.

A Sequência Rio Curaçá exibe grau de metamorfismo mais elevado e está afetada por processos generalizados de granitização, características estas que se constituiram no principal responsável pela não elucidação da posição estratigráfica relativa de cada uma de suas unidades constitutivas, razão pela qual o posicionamento das mesmas na coluna proposta (fig. 27) é desprovido de conotação estratigráfica.

A Sequência Tanque Novo, entretanto,



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 29 - Seção geológica Serra de João Domingos - Pinhões - Poço de Fora - Serrote do Souza. Nesta seção está bem ilustrado o posicionamento estratigráfico da Sequência Rio Curaçá e das Unidades da Sequência Tanque Novo.

CPRM

é constituída de rochas mais facilmente individualizadas(calco-silicatadas, quartzitos, quartzitos ferríferos, kinzigitos, paragnaisses, etc), afetadas, de uma maneira geral, por um metamorfismo de grau menos elevado e por processos granitizantes muito menos enérgicos, de modo que foi possível estabelecer-se uma estratigrafia, para as suas unidades, válida no âmbito regional da área mapeada.

6.1.1.2. Sequência Rio Curaçá

A Sequência Rio Curaçá é constituída por uma série de rochas altamente metamórficas, destacando-se: gnaisses charnockíticos, granulitos félsicos, piroxênio-granulitos, biotita-piroxênio-granulitos, granulitos migmatizados, migmatitos, gnaisses migmatíticos, biotita-gnaisses, biotita-anfibólio-gnaisses, quartzo-feldspato-gnaisses, rochas máficas-ultramáficas, etc.

As rochas dessa sequência foram agrupadas em cinco UNIDADES distintas, denominadas,respectivamente,de:

- Unidade Cachoeira
- Unidade Arapuá
- Unidade Mari
- Unidade Serra da Barriguda
- Unidade Poço de Fora

Essas unidades, como já enfatizou-se, são destituídas de significado estratigráfico e representam, apenas, agrupamentos litológicos caracterizados pelas similaridades mineralógicas e texturais-estruturais e pelo fácies metamórfico comum de suas litologias.

De uma maneira geral, as rochas da

Sequência Rio Curaçá foram submetidas a um metamorfismo regional do mais alto grau, nas condições do fácies do granulito. As diversas associações minerais típicas do fácies metamórfico do anfibolito hoje encontradas, mostram evidências conspícuas de que estiveram submetidas às condições metamórficas do fácies do granulito, antes de atingirem o equilíbrio mineral atual. Essas paragêneses minerais típicas do fácies do anfibolito estariam, portanto, relacionadas a processos de metamorfismo retrógrado. Contudo, deve ser dito que as litologias da Unidade Arapuá, com caracteres texturais-estruturais e paragêneses minerais típicas do fácies metamórfico do anfibolito, não exibem evidências de terem sido submetidas, generalizadamente, a condições metamórficas mais enérgicas que às deste fácies.

Generalizando, pode-se dizer que as Unidades (1) Poço de Fora e Serra da Barriguda e (2) Arapuá representam litologias originais levadas ao metamorfismo regional dos fácies do granulito e do anfibolito, respectivamente, e que as outras duas unidades compreendem rochas deste fácies metamórfico anteriormente submetidas ao metamorfismo do fácies do granulito.

6.1.1.2.1. Unidade Poço de Fora

A Unidade Poço de Fora compreende um conjunto de litologias metamorfoseadas no fácies do granulito, que por efeitos posteriores foram parcialmente levadas ao fácies transicional anfibolito-granulito (Turner, 1968), ao fácies do anfibolito e muito localmente ao fácies do xisto verde.

Os gnaisses charnockíticos constituem o tipo litológico mais conspícuo e de mais ampla distri

buição da Unidade Poço de Fora. Macroscopicamente, essas rochas caracterizam-se pela sua coloração geral cinza esverdeada e pela presença constante de hiperstênio e feldspatos esverdeados e/ou cinzas esverdeados, às vezes, ao lado de feldspatos brancos. Em média, apresentam a seguinte composição mineralógica: andesina (63%), quartzo (19%), microclina + pertita (7%), biotita (4%), hiperstênio (3%), clinopiroxênio (2%) e opacos (2%).

Os granulitos-charnockíticos básicos embora de distribuição restrita, constituem outro tipo litológico característico da unidade. A feição macroscópica diagnosticante destas rochas é a sua cor cinza-esverdeada escura e a presença marcante de feldspatos de cor verde cana. Mostram composição "norítica".

Outras litologias de distribuição bastante ampla são os piroxênio-granulitos, anfibólio-piroxênio-granulitos e biotita-piroxênio-granulitos, os quais ocorrem associados e intimamente relacionados, sendo comum, em um mesmo afloramento, as variedades transicionais entre estas rochas.

Subordinadamente ocorrem granulitos félsicos e menos comumente biotita-anfibólio-gnaisses. Níveis concordantes de anfibolito aparecem, com frequência, na unidade.

Fenômenos de migmatização são observados amplamente nas diversas litologias da Unidade Poço de Fora. A migmatização se processa de forma primária (veios e filonetes neossômicos quartzo-feldspáticos, pegmatóides e de granitos róseos e cinzas) ou de modo intenso, propiciando o aparecimento de migmatitos com estrutura flebítica e nebulítica.

A granitização é mais notória na fo

lha de Barro Vermelho (1:25.000), manifestando-se através de veios e corpos relativamente abundantes de granitos e adamelitos róseos e/ou cinzas de origem anatética com ou sem participação de uma fase metassomática potássica.

A Unidade Poço de Fora ocupa a porção mais central, axial, do Anticlinório Rio Curaçá e abriga diversos corpos concordantes de rochas máficas-ultramáficas (dioritos, gabros, noritos, piroxenitos e serpentinitos), alguns dos quais mineralizados em cobre.

6.1.1.2.2. Unidade Serra da Barriguda

Constitui o acidente orográfico homônimo e compreende rochas granulíticas associadas a tipos subordinados pertencentes ao fácies metamórfico transicional anfibolito-granulito e ao fácies do anfibolito, que foram separadas da Unidade Poço de Fora por exibirem características estruturais e composições mineralógicas algo diferentes,além de constituirem associações litológicas distintas.

O tipo litológico característico e predominante da Unidade Serra da Barriguda é um biotita-hiperstênio-granulito caracterizado por apresentar coloração cinza a cinza esverdeada, estrutura gnáissica pouco conspícua em amostra de mão, mas comprovada em escala de afloramento, e a seguinte composição mineralógica média: microclina + microclina pertítica (37%), oligoclásio (30%), quartzo (22%), biotita (5%), hiperstênio (5%) e opacos (1%).

Associados aos biotita-hiperstênio -granulitos ocorrem granulitos de aspectos texturais-estruturais semelhantes mas de composições mineralógicas diferentes, marcadas pelo aparecimento algo conspícuo de clinopiroxênio e, principalmente, hornblenda ao lado de hiperstênio.

Subordinadamente ocorrem intercalações, de potência reduzida, de granulitos básicos, enquanto que em certas zonas aparecem gnaisses ácidos com paragênese mineral do fácies do anfibolito.

Os efeitos de migmatização são pouco conspícuos nos granulitos, só manifestando-se com mais intensidade nas rochas de fácies metamórfico menos elevado.

6.1.1.2.3. Unidade Mari

Esta unidade é formada predominantemente por biotita-gnaisses migmatíticos e hornblenda-gnaisses migmatíticos de aspectos estruturais diversos, que apenas localmente ocorrem como gnaisses "sensu strictu", isto é, sem evidências de terem sido submetidos a processos migmatizantes. Exibem principalmente estrutura "schlieric" e "stromatic", embora também mostrem estruturas flebítica, nebulítica e "folded", sendo este último tipo mais subordinado.

Seus afloramentos estão frequentemente cortados por veios e lentes de mobilizados pegmatóides e de quartzo-epidoto e menos comumente "invadidos" por mobilizados quartzo-dioríticos, estes tipicamente originados por processos de anatexia "in situ". Contudo, os mobilizados mais notáveis são os tipos graníticos (granito róseo, granito cinza, adamelito cinza, etc). Os processos de granitização são mais conspícuos nas zonas tectonicamente mais conturbadas, onde propiciam o aparecimento de inúmeros corpos, regionalmente concordantes, de rochas graníticas róseas e cinzas de origem anatética, em parte com a participação de uma fase metassomática potássica. Corpos desta natureza, dispostos em forma de rosário, acompanham conspicuamente toda a extensão do rio Curaçá na área de distribuição da Unidade Mari.

Outra litologia que aparece, com certa frequência, como estreitas intercalações, é o granulito félsico com ou sem granada rósea.

Paleossomas e intercalações delgadas de anfibolito são bastante comuns.

Corpos concordantes gábrico-dioríticos são frequentes, enquanto os norítico - piroxeníticos são mais subordinados.

As rochas da Unidade Mari possuem de uma maneira geral paragêneses minerais típicas do fácies do metamorfismo regional do anfibolito. Contudo, mostram evidências de que foram submetidas a um metamorfismo do fácies do granulito, sendo os equilíbrios minerais, agora apresentados, resultantes de transformações retrometamórficas.

6.1.1.2.4. Unidade Arapuá

A ocorrência ubíqua de abundantes níveis de anfibolito caracteriza litologicamente esta unidade. São níveis, com largura variando de alguns centímetros a poucas dezenas de metros e extensão que pode ser seguida continuamente por pouco mais de 3,5 km, que se intercalam concordantemente em paragnaisses, dos quais os mais típicos são os biotita-gnaisses e os leptitos.

Os anfibolitos são constituídos essencialmente por hornblenda (com percentagem em torno de 60%) e plagioclásio (andesina e menos comumente labradorita), aparecendo como acessórios mais frequentes: clinopiroxênio (diopsídio), quase invariavelmente presente; magnetita; apatita; epidoto; e quartzo, que pode aparecer em quantidade relativamente abundante ou estar ausente.

A atuação enérgica de processos mig

matizantes sobre os anfibolitos propicia o aparecimento de migmatitos anfibolíticos, onde aquelas rochas constituem paleossomas invadidos por mobilizados quartzo-feldspáticos finos e pegmatóides. Tipos de migmatito anfibolítico com estrutura "schlieric" também foram constatados.

Os leptitos são essencialmente quartzo-feldspáticos e raramente granatíferos e constituem bancos concordantes com espessura variando de decímetros a poucas dezenas de metros que ocorrem mais comumente intercalados com níveis anfibolíticos.

Contudo, são os biotita-gnaisses listrados que representam o tipo litológico mais conspícuo da unidade em foco. Constituem-se de bandas paralelas de espessura milimétrica a decimétrica, de cores variando de branca a cinza escura, intercaladas de modo irregular. As listras félsicas são quartzo-feldspáticas com disseminação de biotita e muito raramente hornblenda, enquanto que as bandas máficas compõem-se essencialmente de biotita ou são biotita-anfibolíticas.

Estes gnaisses mostram-se migmatizados em escala e estilo diversos, ocorrendo, com certa frequência, tipos com estruturas "schlieric" e nebulíticas.

As rochas da Unidade Arapuá, exibem generalizadamente paragêneses minerais típicas do fácies metamórfico do anfibolito.

6.1.1.2.5. Unidade Cachoeira

A entidade litológica protótipa da Unidade Cachoeira é um migmatito listrado com bandas neossômicas claras, quartzo-feldspáticas e bandas cinzas a negras formadas por biotita e/ou hornblenda e feldspatos. As bandas

neossômicas concordantes são brancas ou róseas, sendo as últimas geradas pela presença conspícua de microclina vinculada geneticamente aos processos de K-feldspatização rósea que atingiram marcantemente quase todas unidades da Sequência Rio Curaçá e mais conspicuamente às rochas da Unidade Cachoeira, provavelmente devido a proximidade desta com o sienito gnáissico Poço de Fora - Itiúba.

Em locais de K-feldspatização mais intensa os migmatitos adquirem coloração cinza rosada generalizada, enquanto suas listras e/ou "schlieren" perdem quase completamente sua individualidade.

Fenômenos de anatexia parcial propiciando transformação "in situ"de migmatito listrado para granitos e adamelitos cinzas, são observados com frequência.

Pequenos corpos regionalmente concordantes de rochas graníticas (granitos róseos e cinzas, adamelitos cinzas, etc) ocorrem esparsamente na unidade em foco.

Além dos níveis de anfibolito, as rochas máficas-ultramáficas estão representadas por diversos corpos concordantes gábrico-dioríticos, norítico - piroxeníticos e serpentiníticos.

As rochas da Unidade Cachoeira possuem, de uma maneira geral, paragêneses minerais típicas do fácies metamórfico do anfibolito, contudo mostram evidências diversas de terem sofrido retrometamorfismo generalizado do fácies do granulito para aquele fácies ou pelo menos,em grande parte, terem atingido as condições metamórficas do fácies do granulito.

6.1.1.3. Sequência Tanque Novo

A Sequência Tanque Novo é constituí

da de diversos tipos de paragnaisses parcialmente migmatizados, kinzigitos, quartzitos em camadas espessas ou delgadas, níveis estreitos de rochas calco-silicatadas, quartzitos ferríferos e anfibolitos e subordinadamente corpos gábrico-dioríticos, norítico - piroxeníticos e serpentiníticos.

A presença marcante de rochas calco-silicatadas, quartzitos ferríferos, quartzitos e gnaisses kinzigíticos, os dois primeiros notavelmente associados, constituem a feição litológica mais conspícua da sequência em foco.

A Sequência Tanque Novo compõe-se das seguintes UNIDADES, do topo para a base:

- Unidade Pedreiras
- Unidade Bogó
- Unidade Banguê
- Unidade Bom Despacho

Estas unidades, de modo geral, exibem grau de metamorfismo regional do fácies do anfibolito, mas podem alcançar o fácies do granulito, notadamente as Unidades Bom Despacho e Banguê.

Na Sequência Tanque Novo, ao contrário do que ocorre na Sequência Rio Curaçá, pôde ser caracterizado o posicionamento estratigráfico de suas unidades, sendo esta estratigrafia válida regionalmente para o vale do Curaçá.

Da base para o topo, as Unidades Bom Despacho, Banguê e Bogó, representam equivalentes metamórficos de rochas originalmente sedimentares, enquanto a Unidade Pedreiras representa uma parte intensamente migmatizada da Unidade Bogó.

Os contatos entre essas unidades são sempre transicionais e estão frequentemente mascarados pelas similaridades litológicas, acentuadas, em grande parte, pelo elevado grau de metamorfismo.

A Sequência Tanque Novo corresponde a uma sequência sedimentar primitiva com predominância de sedimentos carbonáticos na base (Unidade Bom Despacho) daí evoluindo para sedimentos pelíticos e margosos (Unidade Banguê) e culminando com sedimentos dominantemente psamíticos, no topo (Unidade Bogó), representando, no conjunto, uma sequência negativa oscilatória. A repetição, subordinada, de níveis carbonáticos (calco-silicatados e diopsiditos) ao longo da sequência, atesta as oscilações ocorridas, provavelmente durante uma regressão marinha.

6.1.1.3.1. Unidade Bom Despacho

A Unidade Bom Despacho representa um conjunto de rochas metassedimentares intimamente associadas, caracterizado pela presença marcante de abundantes intercalações de rochas calco-silicatadas. Quartzitos ferríferos, anfibolitos, gnaisses grafitosos, biotita-gnaisses parcialmente migmatizados, kinzigitos, quartzo-feldspato-gnaisses, quartzo-feldspato-granada-gnaisses e quartzitos gnaissificados, são as outras litologias principais da unidade.

As rochas calco-silicatadas e os quartzitos ferríferos serão considerados mais adiante, nos ítens 6.1.1.4.1 e 6.1.1.4.2.

Os anfibolitos constituem delgadas intercalações concordantes e ocorrem com relativa abundância.

Os quartzitos gnaissificados constituem estreitos níveis concordantes e ocorrem, quase sempre, em

íntima associação com as rochas calco-silicatadas, o que propicia o aparecimento de tipos intermediários, tal como calco-quartzitos gnaissificados.Por outro lado, os quartzitos gnaissificados,com frequência, passam gradativamente, tanto na direção horizontal como na vertical à quartzo-feldspato-gnaisse.

Os gnaisses granatíferos máficos de composição kinzigítica mostram distribuição muito subordinada e ocorrem principalmente associados às rochas calco-silicatadas. Esses kinzigitos apresentam a seguinte composição mineralógica percentual média: granada (24%), andesina (24%), cordierita (15%), quartzo (15%), biotita (13%), microclina (6%), silimanita (2%) e magnetita (2%).

Os biotita-gnaisses são abundantes e em muito locais estão parcialmente migmatizados. Tipos migmatíticos com estrutura "schlieric" e nebulítica são raros.

Associados aos biotita-gnaisses foram constatados, localmente, níveis de gnaisses granulíticos.

As paragêneses minerais das rochas da Unidade Bom Despacho, pertencem ao fácies metamórfico do anfibolito e subordinadamente ao fácies transicional anfibolito-granulito e do granulito. É provável que toda a unidade tenha atingido plenamente o fácies do granulito e sido posteriormente retrometamorfisada até aos outros fácies citados.

A Unidade Bom Despacho e,em particular,as rochas calco-silicatadas e os quartzitos ferríferos constitutivos, representam elementos de fundamental importância para o estabelecimento do controle subestratigráfico das mineralizações de cobre do vale do Curaçá, já que delimitam o topo da Sequência Rio Curaçá e balizam a zona de mais alta concentração de cobre, onde localizam-se os corpos máficos-

-ultramáficos que constituem a jazida de Caraíba e os depósitos de Surubim, Pirulito, Cercado Velho e Lagoa da Mina.

6.1.1.3.2. Unidade Banguê

A feição litológica mais marcante desta unidade metassedimentar são as intercalações félsicas e anfibolíticas de espessura diversificada variando de milímetros a algumas dezenas de metros. Quando as intercalações adquirem pequenas espessuras obtém-se gnaisses bandeados, entre os quais predominam, de maneira quase absoluta, os biotita-hornblenda-gnaisses.

A migmatização dos biotita-hornblenda-gnaisses, evidente em vários sítios, manifesta-se geralmente através de uma trama simples de veios neossômicos quartzo-feldspáticos, pegmatóides e graníticos. Tipos com estrutura migmatítica de alta mobilidade mecânica, tais como "schlieric" e nebulítica, são bastante subordinados.

As intercalações ácidas da unidade são constituídas por gnaisses félsicos essencialmente quartzo-feldspáticos, enquanto os anfibolitos constituem as bandas máficas. Em alguns locais os gnaisses félsicos são típicos granulitos.

Corpos norítico-piroxeníticos e serpentiníticos são bastante frequentes na unidade. Nesta unidade, os corpos considerados são estéreis com respeito a mineralização de cobre.

Rochas calco-silicatadas ocorrem com certa frequência enquanto os quartzitos ferríferos são bastante subordinados.

As rochas da Unidade Banguê possuem paragêneses minerais pertencentes,de modo geral,ao fácies me

tamórfico do anfibolito. Em alguns locais, o metamorfismo elevou-se até o fácies do granulito e em outros retrocedeu ao fácies transicional xisto verde-anfibolito (Turner, op. cit.).

6.1.1.3.3. Unidade Bogó

Esta unidade constitui-se de quatro tipos litológicos principais: os quartzo-feldspato-granada--gnaisses, os quartzo-feldspato-gnaisses, os gnaisses mesclados de composição kinzigítica e os quartzitos; todos metamorfoseados no fácies do anfibolito.

Os dois primeiros tipos predominam sobre os demais e diferenciam-se entre si, exclusivamente, pela presença ou ausência de granada.

Os gnaisses kinzigíticos desta unidade são rochas ricas em quartzo, plagioclásio e microclina, caracterizados por apresentarem cor cinza e finas listras mal definidas e/ou pequenos "schlieren" de cor cinza escura, constituídas predominantemente de biotita e granada rósea, podendo estar presente também a hornblenda.

Fenômenos de migmatização, observados frequentemente nos tipos kinzigíticos, são pouco notórios nos gnaisses anteriores.

Os quartzitos são altamente recristalizados e em parte mostram-se fuchsíticos. Em certos locais passam gradativamente a quartzo-feldspato-gnaisses. As maiores massas quartzíticas estruturam serras e ocorrem, via de regra, nas partes estratigraficamente mais superiores da unidade.

Ocorrem ainda estreitas e alongadas intercalações concordantes de rochas calco-silicatadas e

quartzitos ferríferos, aparecendo, normalmente, associadas de maneira íntima.

As rochas máficas-ultramáficas estão representadas exclusivamente pelos níveis anfibolíticos.

Os paragnaisses e quartzitos da Unidade Bogó, representam na área, o topo da primitiva sequência agora denominada de Tanque Novo.

6.1.1.3.4. Unidade Pedreiras

Esta unidade tem distribuição bastante restrita e está relacionada geneticamente à Unidade Bogó, da qual constitui um equivalente estratigráfico. Representa apenas uma porção intensamente migmatizada dos metamorfitos constitutivos da mencionada unidade.

A Unidade Pedreiras é formada por migmatitos com estrutura "stromatic" típica e por diatexitos "manchados" de composição granítica, com manchas negras (enclaves) de caráter hipermicáceo (biotita e granada rósea).

6.1.1.4. Principais litologias individualizadas dentro das Sequências Rio Curaçá e Tanque Novo

6.1.1.4.1. As rochas calco-silicatadas

As rochas calco-silicatadas formam estreitos níveis, alguns deles de extensão considerável, dispostos concordantemente com a direção estrutural regional.

São extremamente abundantes na Unidade Bom Despacho, ocorrem de modo subordinado nas outras unidades estratigraficamente superiores da Sequência Tanque No

vo e são excessivamente escassas na Sequência Rio Curaçá, onde limitam-se a raros níveis de dimensões muito reduzidas.

As rochas calco-silicatadas mostram aspectos estruturais bastante diversificados e composição mineralógica algo variada, sendo a multiplicidade de tipos observados condicionada pelas variações da composição primária dos sedimentos originais e,principalmente,pelas transformações impostas pelo metamorfismo regional, pelos eventos tectônicos, pelos processos migmatizantes e, numa fase mais posterior,pelos fluidos hidrotermais metassomatizantes.

Muitas vezes estão representadas por diopsiditos, com mais de 85% de diopsídio, os quais ocorrem constituindo lentes e/ou bandas dentro de um conjunto calco-silicatado, como também níveis isolados individualizáveis.

Os tipos maciços ou com fraca orientação perceptível apenas em afloramento, constituídos de diopsídio, outros silicatos de cálcio, plagioclásio e quartzo são relativamente abundantes, principalmente, na metade sul da área mapeada, na Unidade Bom Despacho. Estas calco-silicatadas estão frequentemente entrecortadas por um enxame de finas listras de mobilizados quartzosos e/ou pegmatóides de natureza quartzo-feldspática.

São comuns também os tipos gnáissicos formados pelas intercalações de listras paralelas quartzosas ou quartzo-feldspáticas e bandas de níveis cálcio-silicatados. Nestas espécies o quartzo pode tornar-se extremamente abundante.

Outro tipo de calco-silicatada, comum nas folhas (1:25.000) de Barro Vermelho e Poço de Fora, está representado pelos gnaisses constituídos pela alternância de listras claras quartzo-feldspáticas, frequentemente picotadas com porfiroblastos de piroxênio (diopsídio e/ou

johannsenita) verde escuro, e bandas e "schlieren " concordantes de cor verde, variando nas tonalidades clara e escura, compostas de piroxênio, tremolita-actinolita, epidoto, hornblenda, biotita e clorita. Estas rochas estão normalmente migmatizadas, com mobilizados pegmatóides róseos compostos de quartzo, feldspato e porfiroblastos disseminados de piroxênio.

Na metade norte da área investigada predomina o tipo de estrutura agmatítica, onde uma trama rendilhada constituída por veios, vênulas e massas de mobilizados pegmatóides, quartzosos, feldspáticos, quartzo-feldspáticos e graníticos, envolve massas subordinadas do calco-silicatado-gnaisse supradescrito e abundantes fragmentos angulosos e lenticulares de clinopiroxenito (diopsidito) anfibolitizado.

Nos dois últimos tipos são comumente abundantes os veios e apêndices quartzo-epidotíferos.

Os diopsiditos e as outras rochas calco-silicatadas do vale do Curaçá são rochas metassedimentares originadas a partir de calcários dolomíticos quase puros e impuros.

6.1.1.4.2. Os quartzitos ferríferos

Os quartzitos ferríferos representam uma das litologias mais conspícuas e características da Unidade Bom Despacho, embora ocorram subordinadamente nas demais unidades da Sequência Tanque Novo e muito raramente em algumas unidades da Sequência Rio Curaçá.

Essas rochas formam níveis estreitos e de extensão variada, podendo estender-se continuamente por mais de 11 quilômetros, que se dispõem concordantemente com

a direção estrutural regional.

Macroscopicamente, são rochas recristalizadas, constituídas essencialmente de quartzo, magnetita e hematita, caracterizadas por apresentarem cor marrom avermelhada, granulação grosseira e estrutura fortemente orientada.

Os quartzitos ferríferos ocorrem generalizadamente associados e frequentemente em contato direto com as rochas calco-silicatadas, conquanto também tenham sido constatados, na Sequência Rio Curaçá, raros níveis, de dimensões reduzidíssimas, daquelas rochas, associados, a corpos máficos-ultramáficos, como ocorre no depósito de Surubim e na ocorrência de Bela Vista do Buião.

Quanto ao grau de metamorfismo dos quartzitos ferríferos,existe plena conformidade com o fácies metamórfico das rochas encaixantes.

Com base nas relações de campo e nos estudos de elementos traços, concluiu-se que os quartzitos ferríferos são de origem metassedimentar, formados a partir de sedimentos sílico-ferruginosos originais. A origem vulcânica direta, hipótese defendida por Ladeira et Brockes Jr (op.cit.), poderia ser aplicada unicamente aos estreitos e subordinados níveis de quartzo e óxidos de ferro encaixados no corpo gabro-diorítico de Bela Vista do Buião, caso a origem vulcânica dessas rochas máficas-ultramáficas seja comprovada.

6.1.1.4.3. As rochas máficas - ultramáficas

As rochas máficas-ultramáficas estão amplamente distribuídas no vale do Curaçá, constituindo cor

NATUREZA DOS SERVIÇOS	Unidades	GEOSOL Abril/1965-Março/1968	DNPM Abril/1968-Junho/1970	CPRM Julho/1970-Setembro/1973	Total Geral	Participação relativa (%) na execução dos serviços.		
						GEOSOL	DNPM	CPRM
Mapeamento geológico 1:25.000	km^2	760	-	2.280	3.040	25,00	-	75,00
Mapeamento geológico 1:10.000 - 1:5.000	ha	3.189	400	6.252	9.841	32,40	4,07	63,53
Mapeamento geológico 1:2.500	ha	-	-	145	145	-	-	100,00
Mapeamento geológico 1:1.000 - 1:500	ha	42	38	10	90	46,67	42,22	11,11
Geoquímica de sedimentos de corrente	amostra	244	-	6.095	6.339	3,85	-	96,15
Geoquímica de solo residual.	amostra	8.193	-	6.230	14.423	56,80	-	43,20
Polarização Induzida	km	-	-	118	118	-	-	100,00
Magnetometria	km	-	61	150	211	-	28,91	71,09
AFMAG	km	-	-	58	58	-	-	100,00
Gravimetria	km	-	-	19	19	-	-	100,00
Trincheiras e poços de pesquisa	m	3.780	591	2.015	6.386	59,19	9,25	31,56
Sondagem	m	1.773,63	3.013,96	7.910,92	12.698,51	13,97	23,73	62,30
Análises químicas	Nº de determinações	29.699	954	32.150	62.803	47,29	1,52	51,19
Áreas das "manchas" ou alvos prospectados	ha	3.189	400	9.014	12.603	25,30	3,18	71,52

Tabela XIV - Dados físicos de produção do Projeto Cobre distribuídos de acordo com as fases de execução direta dos serviços pela GEOSOL, DNPM e CPRM (Dados coligidos das Tabelas I, II, III e IV)

pos de dimensões muito diversificadas que ocorrem em todas as unidades das Sequências Rio Curaçá e Tanque Novo.

São metamorfitos para cuja denominação utilizou-se, a exceção dos anfibolitos, a terminologia adotada para as rochas ígneas plutônicas máficas-ultramáficas, num sentido puramente descritivo e sem conotação genética, omitindo-se propositadamente, na denominação, o prefixo meta ou qualquer expressão do grau de metamorfismo (norito granulito, por exemplo) para simplificação da terminologia.

Os corpos máficos e ultramáficos ocorrem na grande superfície pediplanada do vale do Curaçá e geralmente não constituem afloramentos. Contudo, são facilmente identificados no terreno, pelo seu solo argiloso de cor comum cinza escura com variação para castanho e avermelhado; por meio dos raros afloramentos e fragmentos eluviais de suas rochas, preservados sobre o manto de intemperismo; e pela associação vegetal de características próprias encontrada no solo residual: pinhão, matapasto, catingueira, quipá, baraúna e imburana (2.1.2.). Possuem também boa expressão fotogeológica, sendo representados, nas aerofotos, por manchas cinzas escuras concordantes, geralmente com sua maior dimensão coincidindo com a foliação e com a estrutura geológica regional. Deste fato advém a denominação "mancha" usada comumente para designar os corpos considerados.

As rochas constitutivas dos corpos máficos e ultramáficos são anfibolitos, dioritos, gabros, noritos, piroxenitos, serpentinitos e peridotitos. Nenhum destes tipos de rochas, a exceção dos anfibolitos, constituem isoladamente os corpos máficos e ultramáficos, já que generalizadamente eles possuem uma constituição litológica complexa, refletida na sucessão de faixas litológicas de composições mineralógicas diversas, com espessura variando de cen

tímetros a dezenas de metros, repetidas aleatoriamente, onde predomina uma ou duas das rochas supracitadas enquanto algumas das outras ocorrem de modo subordinado.

Em função do critério de predominância litológica, os corpos máficos-ultramáficos foram subdivididos e agrupados nas categorias seguintes, em ordem de abundância: anfibolíticos, gábrico-dioríticos, norítico-piroxeníticos e serpentiníticos.

Os corpos anfibolíticos ocorrem em todas unidades das Sequências Tanque Novo e Rio Curaçá e são particularmente frequentes nas Unidades Banguê, Bom Bespacho e, principalmente, Arapuá. Distinguem-se dois tipos de corpos anfibolíticos: os constituídos exclusivamente de anfibolito e aqueles onde intercaladas a esta rocha, que forma a sua massa principal, aparecem faixas subordinadas de outras litologias máficas e/ou ultramáficas. Os primeiros mostram uma distribuição regional mais ampla e representam os únicos corpos anfibolíticos existentes nas Unidades Arapuá, Bogó e Pedreiras, enquanto os segundos ocorrem maiormente nas Unidades Banguê e Mari.

Os anfibolitos ocorrem também como massas subordinadas intercaladas nos demais corpos máficos-ultramáficos.

Os anfibolitos são rochas de cor negra a negra esverdeada, de granulação média a grosseira, normalmente foliados, embora não sejam infrequentes os tipos maciços, e de textura xenoblástica e subidioblástica, constituídos dos seguintes minerais: hornblenda, com participação média de 58,4% e percentagens individuais variando entre 49% e 69%, nas amostras estudadas; plagioclásio com participação média de 33,4% e com composição variando entre An_{39} e An_{51};

piroxênio diopsídico, normalmente presente, podendo inclusive ser abundante; quartzo podendo ocorrer subsidiariamente; magnetita, biotita, tremolita-actinolita, epidoto, sericita, clorita, apatita e, menos frequentemente, zircão, titanita e carbonatos como acessórios mais comuns.

Uma íntima associação e passagem gradativa de anfibolito para diopsidito, bem como a ocorrência de níveis de anfibolito com riquíssima disseminação de grafite, foram constatados em certas zonas da Unidade Bom Despacho.

Os corpos gabro-dioríticos ocorrem predominantemente na Unidade Poço de Fora, com certa frequência na Unidade Mari, menos comumente na Unidade Banguê e mais raramente nas Unidades Cachoeira e Bom Despacho. As rochas gábricas e dioríticas aparecem ainda na Unidade Serra da Barriguda, em forma de diminutas intercalações envolvidas por biotita-hiperstênio-granulitos, enquanto nas demais unidades são raríssimas ou ausentes, nunca constituindo, em ambos os casos, corpos individualizáveis na escala utilizada no mapeamento (1:25.000).

Os gabros e dioritos apresentam coloração cinza escura com tonalidade esverdeada. A granulação, geralmente, varia em torno de 1mm e a textura é hipidiomórfica e menos comumente xenomórfica, ambas inequigranulares. São normalmente rochas maciças, principalmente nas zonas mais fêmicas dos corpos, conquanto em muitos casos exibam boa foliação conferida pela orientação dos minerais planares e/ou por um bandeamento gnáissico, sendo esta última feição muito comum nos gabros e dioritos migmatizados.

Os gabros mostram-se constituídos dos seguintes minerais: clinopiroxênio, que foram classifica

dos como augita em algumas amostras estudadas;ortopiroxênio, representado por hiperstênio e menos comumente por bronzita; plagioclásio com composição de labradorita, mas podendo estar representado por andesina devido a sericitização e/ou saussuritização; hornblenda, escassa ou abundante,geralmente originada a partir da transformação metassomática dos piroxenios; biotita,pode ser ausente, escassa ou relativamente abundante e formar-se a partir da transformação dos máficos já descritos; granada, apesar de geralmente ausente, pode ocorrer de modo escasso ou relativamente abundante; quartzo, normalmente ausente pode, eventualmente, ter participação notável, ocasionando o aparecimento de quartzo-gabros; e acessórios: magnetita, pirita, apatita, titanita, zircão, clorita, sericita, uralita, etc.

Os dioritos são praticamente constituídos dos mesmos minerais essenciais componentes dos gabros. Diferem destas rochas pelas seguintes características composicionais mineralógicas: o plagioclásio é menos cálcico, possuindo composição de andesina ou de oligoclásio básico; geralmente a hornblenda e/ou a biotita são os máficos dominantes, enquanto os clinopiroxênios e/ou ortopiroxênios ocorrem de modo subordinado; o quartzo, como nos gabros, pode ser ausente, escasso ou relativamente abundante, contudo, via de regra, está presente,de modo conspícuo,mais frequentemente nas rochas consideradas. Devido a este último fato os quartzo-dioritos são mais abundantes que os quartzo-gabros . Em ambas rochas grande parte do quartzo é claramente de origem secundária.

Os corpos notítico-piroxeníticos e principalmente os corpos serpentiníticos são subordinados em relação aos demais e ocorrem maiormente na Sequência Tanque

Novo, mais precisamente na Unidade Banguê e mais raramente na Unidade Bom Despacho.

Na Sequência Rio Curaçá, os noritos, piroxenitos e serpentinitos são mais comuns como zonas restritas co-participantes dos demais corpos. Como corpos isolados, os de natureza norítica-piroxenítica são mais conspícuos nas Unidades Mari e Poço de Fora, aparecendo em menor proporção na Unidade Cachoeira. Os de natureza serpentinítica são bastante raros e ocorrem exclusivamente nas Unidades Cachoeira e Poço de Fora.

Os noritos são rochas macro e microesquematicamente idênticas aos gabros diferindo destes pelo fato dos ortopiroxênios (hiperstênios) sobrepujarem aos clinopiroxênios e também por apresentarem, via de regra, índices de cor mais elevados. Geralmente são rochas maciças, embora também ocorram tipos foliados, sendo estes restritos,quase sempre,as partes migmatizadas ou metassomatizadas dos corpos.

Os piroxenitos compreendem tipos a um piroxênio e exemplares onde ocorrem associados orto e clinopiroxênios. Entre os primeiros tipos predominam os hiperstenitos e bronzititos que constituem a maior parte dos piroxenitos da Sequência Rio Curaçá. Os augititos são raros e sempre aparecem como intercalações subordinadas nos corpos máficos-ultramáficos e menos comumente como estreitos níveis associados aos níveis de quartzitos ferríferos e rochas calco-silicatadas.

A cor predominante dessas litologias é verde clara para os augititos e negro, comumente esverdeado, para os hiperstenitos, bronzititos e tipos a dois piroxênios. Sua granulação, em geral, é mais grosseira que aquela dos dioritos, gabros e noritos. Exibem estrutura maciça e me

nos comumente foliada e textura inequigranular, hipidiomórfica a xenomórfica.

Em muitos piroxenitos o hiperstênio é o único presente, enquanto em outros ele ocorre associado com augita, a qual, por seu turno, pode representar o único piroxênio das rochas consideradas. Os piroxenitos ricamente mineralizados em sulfetos são invariavelmente hiperstenitos. O hiperstênio exibe pleocroismo róseo característico, mostra frequentes inclusões de óxido de ferro e muitas vezes estão parcialmente alterados para hornblenda, uralita, biotita, óxido de ferro, etc. A augita apresenta-se com a sua variedade incolor e pobre em ferro, denominada leuco-augita. Mostra-se parcialmente transformada para uralita, bastita, serpentina, talco e clorita. Os outros minerais constitutivos comuns dos piroxenitos são os seguintes: hornblenda e biotita, podem ser ausentes, escassas ou abundantes, e originam-se, pelo menos em grande parte, a partir da transformação dos piroxênios; plagioclásio, quando ocorre, o faz em quantidade muito subordinada, mostrando-se sericitizados ou saussuritizados ; olivina, aparece subordinadamente, mostrando-se alterada para serpentina, talco e magnetita; magnetita, apatita, zircão, pirita, quartzo e minerais de alteração (clorita, talco, sericita, uralita, etc) são os acessórios mais comuns. Nos piroxenitos mineralizados ocorrem calcopirita, bornita e pirrotita.

Os corpos serpentiníticos são resultantes da serpentinização de antigos corpos piroxeníticos. Nestes corpos, invariavelmente, também, aparecem piroxenitos serpentinizados, ao mesmo tempo que com frequência é grande a participação de anfibolitos, provavelmente também originados pela transformação metassomática de piroxenitos originais.

Os serpentinitos são rochas densas, compactas, de granulação fina, maciças ou ligeiramente foliadas, consistindo em uma massa verde escura na qual existem pintas ou manchas verdes pistaches e, às vezes, pontuações brancas (talco). Exibem textura palimpséstica e constituem-se dos seguintes minerais principais: serpentina, formando com clorita e os minerais opacos uma massa com textura reticulada ou em malha e com frequência constituindo pseudomorfos, onde se observam remanescentes de augita, hiperstênio, hornblenda e menos comumente olivina; clorita, geralmente abundante e exibindo aspecto fibroso, radial ou em placas; talco, fibroso ou finamente granulado ocorre em concentrações isoladas que frequentemente conservam as formas dos minerais originais (augita e hiperstênio), os quais aparecem, às vezes, como remanescentes; opacos, são relativamente abundantes e estão representados pelos óxidos de ferro, destacando-se a magnetita; augita, hornblenda e menos comumente hiperstênio e olivina são os remanescentes observados.

Quanto aos peridotitos, foram constatados em apenas dois locais, na jazida de Caraíba e no depósito de Pirulito, aparecendo em ambos como delgadas e raras faixas intercaladas em rochas gabro-dioríticas.

Esses peridotitos são rochas maciças, finamente granulada, de cor cinza-verde escura e de textura hipidiomórfica granular. São constituídas essencialmente de olivina, hornblenda, clinopiroxênio, biotita (flogopita ?) e opacos (magnetita e subordinadamente cromita ?).

As rochas máficas-ultramáficas constituem corpos concordantes com as rochas encaixantes, mantendo com as mesmas contatos bruscos ou, mais comumente, transicionais. Estão flexionadas concordantemente com os dobramen

tos que afetaram as rochas encaixantes, constituindo dobras similares. Estão igualmente afetadas pelos falhamentos que interceptam as encaixantes e vice-versa.

Via de regra, os corpos máficos-ultramáficos apresentam forma tabular ou de lente delgada. A configuração superficial, com formas aparentemente irregulares e anômalas em relação ao padrão citado, exibida atualmente por certos corpos máficos-ultramáficos, é produto de diversos fenômenos tectônicos e petrogenéticos aliados à ação erosiva que rebaixou a região até ao nível atual, não representando exceção ao comportamento estrutural concordante e à forma original lenticular ou tabular generalizada dos corpos máficos-ultramáficos do vale do Curaçá.

Regionalmente,os corpos considerados exibem estrutura do tipo "pinch and swell", nas três dimensões, fato que leva a se postular a possibilidade da existência de depósitos cupríferos "enterrados" ("blind ore deposits").

As rochas máficas e ultramáficas são metamorfitos cujo grau de metamorfismo está, em geral, em plena conformidade com aquele das suas rochas encaixantes. São rochas pertencentes aos fácies metamórficos do granulito, transicional granulito-anfibolito e anfibolito que, com certa frequência, estão localmente retrometamorfisadas até o fácies do xisto verde. Assim é que rochas máficas e ultramáficas a ortopiroxênio (fácies do granulito) ocorrem apenas nas unidades cujas rochas pertencem ao fácies do granulito e nas unidades que atingiram este fácies e foram retrometamorfisadas ao fácies transicional granulito-anfibolito e anfibolito.

Os corpos máficos-ultramáficos estão afetados, com frequência, por processos de migmatização, metassomatismo e hidrotermalismo, fenômenos estes que são, quiçá, os maiores responsáveis pela estruturação litológica interna, complexa e desordenada, dos citados corpos.

A migmatização é proporcionada através de mobilizados feldspáticos, quartzo-feldspáticos, aplíticos, pegmatóides, graníticos, etc, e manifesta-se, geralmente, em zonas tectonicamente preparadas, ocorrendo em qualquer parte dos corpos, embora seja mais conspícua nas suas zonas marginais.

Nas zonas migmatizadas, o bandeamento é uma feição estrutural comum, estando as rochas consideradas transformadas em "gnaisse" quartzo-diorítico, "gnaisse" diorítico, "gnaisse" quartzo-gábrico, "gnaisse" quartzo-norítico, etc. Estes tipos passam gradativamente para rochas máficas e ultramáficas não migmatizadas, as quais também são encontradas dentro da zona migmatítica em forma de lentes e faixas não transformadas pela migmatização ("resisters").

Processos metassomáticos-hidrotermais manifestam-se de modo extensivo nas rochas máficas-ultramáficas do vale do Curaçá, traduzindo-se pela biotitização e anfibolitização das rochas consideradas, principalmente dos noritos e piroxenitos, pela serpentinização dos piroxenitos e pela albitização e/ou microclinização manifestadas nas zonas fraturadas dos corpos máficos-ultramáficos. São também observados em escala microscópica: sericitização, saussuritização, uralitização, serpentinização, cloritização, etc.

As considerações sobre a gênese das rochas máficas-ultramáficas são feitas em outro capítulo deste volume (8.1.).

6.1.1.5. Rochas granitóides, metassomatitos e diaftoritos associados

Compreende as seguintes entidades litológicas: sienito Poço de Fora-Itiúba, gnaisses porfiroblásticos, granitos diversos e Unidade Capivara.

6.1.1.5.1. Sienito gnáissico Poço de Fora-Itiúba

Esta entidade litológica constitui o conjunto de serras e serrotes, orientadas segundo a direção meridiana, denominadas regionalmente de Serra de Itiúba, e ocupa boa parte da banda oriental da metade sul da área investigada. Ali o maciço sienítico está seccionado pelo grande falhamento serrote do Souza, de direção NNE-SSW, e dividido em dois blocos, um norte e outro sul, separados segundo um rejeito horizontal aparente superior a 15 quilômetros.

O sienito gnáissico volta a aparecer ao norte de Barro Vermelho através de um eixo de serrotes, orientado segundo a direção meridiana, seccionado e deslocado por sucessivos falhamentos de rasgamento de direção WNW-ESE.

Os sienitos gnáissicos Poço de Fora-Itiúba são rochas constituídas essencialmente de microclina e hornblenda. São de origem ígnea intrusiva, tendo sofrido, em tempo posterior ou penecontemporâneo a sua colocação, intensa deformação refletida na sua excelente foliação. Representam uma intrusão muito antiga, já que são cortados por todos os sistemas de falha da área. Com base em dados regionais concluiu-se que a colocação do sienito Poço de Fora - Itiúba deu-se posteriormente a fase tectônica principal da área in

vestigada.

Foi constatado ainda uma pequena ocorrência isolada de sienito sódico, a sul de Sítios Novos (folha de Barro Vermelho). Este tipo, de origem metassomática, varia de sienito a quartzo-sienito e compõe-se essencialmente de albita-oligoclásio, anfibólio sódico da série riebeckita--glaucofana e subordinadamente quartzo.

6.1.1.5.2. Gnaisses porfiroblásticos

Ocorrem bordejando as serras sieníticas e compreendem tipos de aspecto litológico e textura-estrutural algo heterogêneos, destacando-se os biotita-gnaisses porfiroblásticos róseos e cinzas, os biotita-hornblenda-gnaisses porfiroblásticos cinzas, os anfibólio-oftalmitos de matriz esverdeada e anfibolítica com porfiroblastos de microclina rósea, os augen-gnaisses grosseiros, etc.

Estão relacionados geneticamente ao sienito gnáissico Poço de Fora-Itiúba tendo formado-se, provavelmente, pela ação de um metassomatismo alcalino potássico perimagmático, proporcionado pela intrusão sienítica durante e após a sua colocação. Englobam intercalações de anfibolito e gnaisses diversos que representam relictos inalterados ou parcialmente transformados das litologias originais que foram metassomatizadas.

6.1.1.5.3. Granitos diversos

Pequenos corpos de granito e adamelito róseo distribuem-se conspicuamente na região, ocorrendo encaixados, principalmente, na Sequência Rio Curaçá. São corpos estruturalmente concordantes em escala regional, que em esca

la de afloramento mostram simultaneamente relações concordantes e discordantes com as rochas encaixantes, sendo os contatos bruscos e menos comumente transicionais.

Corpos de granito e adamelito cinza, de reduzidas dimensões, também ocorrem com relativa abundância, embora sejam subordinados em relação ao tipo anterior. Aparecem com mais frequência nas zonas axiais e periclinais dos dobramentos. Neste tipo, mais que no anterior, predomina a estrutura maciça, sendo raríssimos os exemplares gnaissóides.

Os corpos de granito e adamelito grosseiros são bastante subordinados. Estas rochas exibem normalmente coloração rosada e orientação mineral variando de boa a fraca.

Rochas graníticas gnáissicas grosseiras, fortemente deformadas, constituem um corpo alongado, relativamente grande, situado a oeste do rio Curaçá, nas folhas de Jaramataia e Vermelhos. São rochas muito grosseiras, de coloração amarelada a rosada, constituídas por porfiroblastos amarelados de feldspato, quartzo em grãos translúcidos, grandes cristais de hornblenda e palhetas de biotita. Sua composição é essencialmente granítica, contudo muito subordinadamente aparecem tipos adamelíticos e menos comumente granodioríticos.

Corpos isolados de composição granodiorítica são raríssimos.

A nordeste da fazenda Sítio Floresta constatou-se um dique de granito porfiroclástico, de 30 metros de largura, introduzido em falhamento NEE-SWW, aparentemente mais recente que as rochas graníticas anteriormente consideradas.

Os granitos e adamelitos, tipos róseos, cinzas e grosseiros, foram formados por processos de

anatexia, sendo que para os granitos e adamelitos róseos estes fenômenos nem sempre se processaram "in situ", isto é, o produto anatético migrou em estado fluido introduzindo-se nas rochas encaixantes, normalmente ao longo de fraturas sem direção preferencial, falhas longitudinais, zonas de contato de litologias heterogêneas, eixos de dobramento apertado, etc.

Quanto aos granitos gnáissicos grosseiros a hornblenda e biotita, foram provavelmente originados ou por processos de anatexia ou são rochas ígneas graníticas deformadas durante e após sua colocação.

Aparentemente os granitos gnáissicos grosseiros são anteriores aos tipos graníticos supramencionados, já que exibem grau de deformação mais acentuado que os mesmos.

6.1.1.5.4. Unidade Capivara

Constitui estreita faixa de ocorrência individualizada por Ladeira et Brockes Jr (op.cit.) na folha de Poço de Fora (1:25.000). É formada por anfibólio-gnaisses diaftoréticos, pertencentes ao fácies transicional xisto verde-anfibolito (Turner, op.cit.), caracterizado pela intensa epidotização e coloração verde pistache de seus afloramentos. Estruturalmente são gnaisses flebíticos geralmente porfiroblásticos. Englobam intercalações subordinadas de granulito félsico. A Unidade Capivara originou-se através do metamorfismo regressivo dos gnaisses porfiroblásticos anteriormente descritos (6.1.1.5.2.).

6.1.2. Diques básicos

Numerosos diques básicos estreitos, o

cupando falhas e fraturas de direção NE-SW e menos frequentemente ENE-WSW e E-W, cortam as diversas unidades litológicas do Grupo Caraíba.

A maioria são diques de diabásio de textura afanítica e fanerítica muito fina. Com menos frequência ocorrem diques de gabro ofítico grosseiro.

Estes dois tipos de diques são contemporâneos e estão geneticamente relacionados a um mesmo evento geológico-tectônico. São provavelmente de geração anterior ao Grupo Canudos (Eo-Cambriano Superior).

6.1.3. Grupo Canudos

Na porção norte da área, recobrindo os gnaisses e migmatitos do Grupo Caraíba, aparece uma sequência metassedimentar, de baixo grau de metamorfismo, constituída essencialmente de micaxistos e calcários.

Estes xistos que, juntamente com os calcários, se estendem regionalmente, da cidade de Curaçá para sudeste na direção de Patamuté e Canudos, foram denominados de Canudos por Sopper por volta de 1910 (in Barbosa et alii, 1964). Em 1964, Otávio Barbosa et alii, estudaram esses metassedimentos desde Canudos até Curaçá e os denominaram de Grupo Canudos.

Na região do vale do Curaçá, o Grupo Canudos repousa discordantemente sobre o Grupo Caraíba e constitui-se de duas unidades lito-estratigráficas distintas, de extensão e limites perfeitamente definidos na escala 1:25.000.

Uma das unidades litológicas é constituída essencialmente de calcários metamórficos e a outra formada essencialmente de micaxistos.

Em toda a área investigada, estas

duas unidades litológicas mostram um posicionamento estratigráfico definido e constante, com os calcários sempre ocorrendo como a base sobre o qual se assentam concordantemente os micaxistos, constituindo, a princípio, duas formações geológicas.

Contudo, dado o fato dos autores não conhecerem o comportamento estratigráfico destas duas unidades fora dos limites da área mapeada, evitou-se usar o termo Formação, preferindo-se utilizar as denominações Unidade Vermelhos e Unidade Veneza.

As Unidades Vermelhos (essencialmente calcários) e Veneza (essencialmente micaxistos) exibem contatos de rápida transição, quando não bruscos, e representam rochas depositadas em um único ciclo de sedimentação, pertencente ao Grupo Canudos.

6.1.3.1. Unidade Vermelhos

Esta unidade constitui a base do Grupo Canudos, repousando discordantemente sobre os gnaisses e migmatitos do Grupo Caraíba. É formada essencialmente por calcários metamórficos, de granulação fina, tipificados pela alternância de listras claras de coloração branca e creme e de bandas escuras de tonalidades cinza média a cinza escura, com espessura variando de alguns milímetros a poucos decímetros.

Na parte basal da unidade, aparecem, às vezes, calcários com tonalidades creme e rósea avermelhada, normalmente muito fraturados, enquanto que na porção média e superior podem ocorrer raros bancos de coloração cinza escura e negra, como, por exemplo, no serrote da Salina (folha de Pirajá).

Intercalados nos calcários,geralmente

na porção inferior e média da unidade, aparecem, comumente, delgadas lentes concordantes de meta-arcósios. Estas rochas exibem cor branca a creme amarelada; superfícies expostas com cor amarronzada ou avermelhada, devido à contaminação de óxidos de ferro; textura clástica granular e granulação grosseira a média. São constituídos essencialmente de grãos de quartzo e feldspatos cimentados por material argiloso e muitas vezes por carbonatos. A participação destes, por vezes, é bastante expressiva, tornando a rocha um meta-arcósio carbonático.

Na porção superior da Unidade Vermelhos, os calcários apresentam intercalações delgadas de calcoxistos, que geralmente, possuem uma componente carbonática expressiva.

Segundo as paragêneses minerais, os metamorfitos da Unidade Vermelhos pertencem, de uma maneira geral, ao fácies metamórfico do xisto verde.

Os contatos da Unidade Vermelhos com os xistos da Unidade Veneza normalmente são de ligeira transição: os calcários passam a calcoxistos, os quais, rapidamente, em direção ao topo, perdem sua componente carbonática e passam aos xistos da unidade subrejacente. Em alguns locais, contudo, os contatos entre as duas unidades são bruscos, não sendo raros, também, contatos por falha.

Os calcários da Unidade Vermelhos apresentam-se estruturalmente ondulados e com mergulhos geralmente fracos, em torno de 30°.

Devido a variabilidade da sua espessura de um local para outro e a perturbação dos seus estratos é difícil de se determinar a espessura média da unidade em foco. Acredita-se que sua espessura máxima não atinge 100 metros.

6.1.3.2. Unidade Veneza

A Unidade Veneza é formada essencialmente por micaxistos de coloração variando nas tonalidades castanha clara, castanha escura e cinza escura, com textura xistosa típica, constituídos essencialmente por quartzo, plagioclásio (albita), muscovita e biotita. São, mais precisamente, quartzo-feldspato-micaxistos.

Os micaxistos em alguns sítios cedem lugar a filitos, contudo, devido a grande predominância daqueles, e por razões de uniformidade, utilizou-se a denominação comum, micaxisto.

Na margem ocidental do rio Curaçá, entre as fazendas Minas (folha de Riacho da Madeira) e Barra Nova (folha de Riacho da Melancia), aparecem xistos granatíferos, característicamente ricos em muscovita. A granada ocorre disseminada em pequenos grãos que podem atingir até 6 milímetros.de diâmetro.

Intercalações de níveis de quartzito nos micaxistos não são raras, principalmente na porção situada a leste do rio Curaçá e entre os riachos Banguê e Melancia (folha de Riacho da Melancia). São quartzitos silicificados e recristalizados, de cor creme e com presença marcante de sericita.

Os micaxistos frequentemente apresentam variações para calcoxisto, principalmente na parte inferior da unidade, onde intercalações desta litologia se repetem com mais frequência.

A assembléia mineral das litologias da Unidade Veneza demonstra que estas rochas foram submetidas a um metamorfismo regional de epizona correspondente ao fácies metamórfico do xisto verde.

Os micaxistos exibem, de uma maneira geral, mergulhos fracos e estruturalmente caracterizam-se por apresentarem-se suavemente ondulados. Só localmente, onde imperaram esforços mais enérgicos eles mostram-se amarrotados.

A espessura da Unidade Veneza varia fortemente e é bastante reduzida em virtude do avançado estado de arrasamente erosivo. Acredita-se que uma espessura média em torno de 80 metros é uma estimativa bastante razoável para a unidade considerada.

6.1.4. Diques de quartzo

Diques constituídos de quartzo e/ou calcedônia ocorrem preenchendo falhas e fraturas e constituem testemunhos de atividade hidrotermal pós-tectônica. Frequentemente estruturam pequenos serrotes sobre o pediplano generalizado do vale do Curaçá.

Os diques que ocorrem encaixados no Grupo Caraíba normalmente estão milonitizados e entrecortados por filonetes e vênulos de calcedônia.

Os diques de quartzo encaixados no Grupo Canudos são de dimensões muito reduzidas e exibem mais comumente exemplares pouco ou não cisalhados.

Existem, pelo menos, duas gerações bem distintas de diques de quartzo, na área investigada, sendo uma anterior e outra posterior a sedimentação do Grupo Canudos.

6.1.5. Sedimentos recentes

Os sedimentos recentes estão representados pelos aluviões relacionados à rede fluvial que drena a

área em foco, bem como pelos materiais de natureza elúvio-coluvial (depósito de talus e manto de meteorização).

6.2. Geologia estrutural

6.2.1. A estrutura do Grupo Caraíba

Na área mapeada, a estrutura regional tem direção aproximadamente norte-sul e se caracteriza por um conjunto de dobras normais, reviradas e assimétricas, geralmente apertadas e alongadas, co-participando de uma estrutura regional maior e mais complexa que constitui o Anticlinório Rio Curaçá.

A porção axial do Anticlinório Rio Curaçá, de orientação grosseiramente meridiana, situa-se poucos quilômetros a leste do caudal homônimo, que a bordeja em quase toda extensão, e estende-se da região da fazenda Salto da Pedra (folha de Quixaba) até as proximidades de Santos Ares (folha homônima), na porção mais meridional da área mapeada.

Com relação às sequências lito-estratigráficas Rio Curaçá (inferior) e Tanque Novo (superior), a primeira ocupa a porção axial do anticlinório, enquanto a outra distribui-se regionalmente nas suas partes periféricas ou aparece em faixas isoladas, estruturando os núcleos de sinclinais secundárias dentro da estrutura principal.

O Anticlinório Rio Curaçá possui características de um braquianticlinório, com o "plunge" das dobras mergulhando para norte, na porção setentrional e para sul, na porção meridional.

Na porção da zona axial do anticlinório compreendida entre os riachos da Vaca e Ipueira, isto é, nas folhas de Esfomeado e Poço de Fora, as anticlinais e sin

clinais secundárias são normalmente dobras suaves com seus flancos exibindo mergulhos inferiores a 45°, sendo comum, principalmente na área de distribuição da Unidade Poço de Fora, mergulhos de 20° a subhorizontal. Contrariamente, a sul do trecho supracitado, as dobras secundárias são apertadas, geralmente invertidas e de flancos com mergulhos muito fortes, com planos axiais dispostos meridianamente.

Em todo flanco oriental do anticlinório, as rochas exibem, de modo generalizado, foliação com direção meridiana e mergulhos fortes, tendentes a verticalidade, predominantemente para leste. Uma melhor compreensão da estruturação desta borda é dificultada pela presença dos blocos do sienito intrusivo Poço de Fora-Itiúba e pela faixa dos gnaisses porfiroblásticos metassomáticos a ele associados.

No trecho a leste do rio Curaçá compreendido entre os riachos do Mocambo e da Ipueira, o flanco oeste do anticlinório exibe feições estruturais semelhantes às da zona axial contígua, sendo intensamente deformado mas com mergulhos fracos, sendo comuns os dobramentos invertidos com planos axiais mergulhando para leste. Nas outras zonas do citado flanco, predomina uma estrutura com dobras apertadas, alongadas, comumente reviradas e de flancos geralmente subverticais. Este comportamento é bem evidente nas folhas de Bom Despacho, Arapuá e Lajes, principalmente em todo o terço situado logo a oeste do rio Curaçá, no qual as rochas exibem uma excelente linearidade, representando, tipicamente, uma zona submetida a altos esforços compressivos.

Mais para norte destaca-se o par de anticlinal e sinclinal apertadas, reviradas, e fortemente inclinadas para leste, da região da serra dos Alguidares (folha de Tanque Novo) e a anticlinal de Paredão, esta localizada a oeste da zona periclinal norte do Anticlinório Rio Curaçá. Es

ta ampla dobra possui configuração estrutural muito simples, algo anômala, constituindo uma ampla anticlinal, com "plunge" para sul, com flancos de mergulhos médios e pouco perturbados por dobras menores e com plano axial de direção NNW-SSE.

No terço setentrional da área investigada, além da zona periclinal norte do Anticlinório Rio Curaçá, as rochas do Grupo Caraíba estruturam um conjunto de dobras isoclinais alongadas, de direção meridiana, com flancos geralmente invertidos e com mergulhos médios a fortes para oeste. Esta inversão do sentido do mergulho dos planos axiais, no norte da área, está condicionada, em parte, as expressivas falhas de rasgamento que ocorrem na folha de Barro Vermelho (1:50.000).

Diversos sistemas de falhamentos e fraturas interceptam as rochas do Grupo Caraíba, constituindo outra feição estrutural marcante da área investigada.

O sistema mais antigo, resultante de esforços de compressão ou de cisalhamento, mostra direção submeridiana, aproximadamente concordante com a direção estrutural das rochas, sendo por isso de difícil caracterização.

O mais notável destes falhamentos é a falha de rasgamento de expressão regional (mais de 100 quilômetros de extensão) denominada falha do serrote do Souza, a qual,na área investigada,secciona o sienito Poço de Fora-Itiúba em dois blocos,deslocados segundo um rejeito horizontal aparente superior a 15 quilômetros. Exibe faixa de cisalhamento, com milonitos e cataclasitos, de largura oscilando entre 200 a 1.400 metros.

Outro sistema de falha relacionado à tectônica de cisalhamento aparece conspicuamente ao norte de Barro Vermelho. Está representado por repetidos falhamentos de rasgamento de direção WNW-ESE, destacando-se as falhas de

Barro Vermelho, riacho Salgado, de Marizeiro, do Pastoreador e de Baixa Verde.

Este sistema de falhamento produziu perturbações tectônicas notáveis nas entidades litológicas interceptadas, refletidas nos notáveis rejeitos horizontais aparentes, geralmente sinistrais, observados e na inversão dos mergulhos da foliação e dos planos axiais das dobras, determinadas pelas falhas de Marizeiro e do Pastoreador.

À fase tectônica geradora destes falhamentos, aparentemente se relacionam os processos hidrotermais metassomáticos que afetaram generalizadamente as rochas do Grupo Caraíba, no quadrante nordeste da área investigada.

Posteriormente aos falhamentos de rasgamento considerados, manifestaram-se sistemas de falhas de tensão. São os falhamentos mais conspicuamente presentes na área de distribuição do Grupo Caraíba, destacando-se aqueles de direção NE-SW. A estes falhamentos relacionam-se, com frequência, zonas de silicificação denunciadas pelos veios de quartzo e/ou calcedônia, os mais potentes dos quais estruturam "inselbergs" que despontam na superfície pediplanada do vale do Curaçá.

Intrometidos nestes falhamentos, que as vezes exibem componentes horizontais de rejeitos aparentes, ocorrem numerosos diques básicos constituídos de diabásio e/ou gabro ofítico grosseiro. A introdução do magma que os originaram foi penecontemporânea com esses falhamentos ou deu-se, mais provavelmente, numa fase mais posterior, relacionada com a reativação das falhas consideradas.

Os diques básicos nunca cortam os metassedimentos do Grupo Canudos (Eo-Cambriano Superior), apesar de ocorrerem próximo a sua área de distribuição. Por outro lado, na região a leste da área mapeada, um destes diques

está recoberto pelos calcários e filitos do Grupo Bambuí (Eo-Cambriano Superior). Portanto, são anteriores ao Eo-Cambriano Superior e provavelmente ao Grupo Canudos.

Distinguem-se ainda outros sistemas de fraturas e falhas normais, menos conspícuos, com direção ENE-WSW, E-W, WNW-ESE e NW-SE. Essas falhas são difíceis de serem correlacionadas cronologicamente entre si e com o sistema NE-SW. Os dois primeiros, inclusive, podem abrigar diques básicos, enquanto o último, em certos locais, é rejeitado por algumas falhas de direção NE-SW, enquanto, em outros, desloca diques de diabásio intrometidos nestes falhamentos.

Todos os sistemas de falhas citados são posteriores a intrusão sienítica Poço de Fora-Itiúba, enquanto que esta intrusão é posterior à fase tectônica principal da região, visto que a sul, fora da área mapeada, corta a estrutura regional exibindo contatos nitidamente discordantes.

6.2.2. A estrutura do Grupo Canudos

Os metassedimentos do Grupo Canudos repousam discordantemente sobre as rochas do Grupo Caraíba, ocupando antigas depressões deste embasamento.

A sua principal faixa de ocorrência, isto é, aquela que se estende desde a fazenda Cacimba da Torre, para norte, até as margens do rio São Francisco, está estruturada segundo uma ampla sinclinal, aberta para norte, cuja zona axial de direção meridiana é, em grande parte, balizada grosseiramente pelo rio Curaçá. Dobramentos secundários com eixos de direção E-W evidenciam a atuação de outros esforços tectônicos, provavelmente relacionados a movimentos verticais.

Na zona de ocorrência da região do serrote da Salina (folha de Pirajá), o Grupo Canudos, ali representado quase exclusivamente pelos calcários e calcoxistos da Unidade Vermelhos, aparentemente constitui uma anticlinal, enquanto que a faixa de ocorrência contígua situada a leste, provavelmente corresponde ao flanco de uma sinclinal localizada além do limite oriental da área investigada.

Regionalmente, os calcários e micaxistos do Grupo Canudos são suavemente ondulados, com estratos exibindo mergulhos fracos, comumente subhorizontais. Contudo, localmente, em escala de afloramento, os calcários e os micaxistos mostram-se, muitas vezes, amarrotados por pequenas dobras complexas, cujos planos axiais geralmente correspondem a planos de cisalhamento. O fraturamento também pode ser intenso, respondendo pela abundância de fraturas e microfalhas preenchidas por calcita e menos comumente quartzo, nos calcários, e por veios de quartzo, nos micaxistos.

Os falhamentos que interceptam as rochas do Grupo Canudos são invariavelmente falhas de gravidade. Alguns destes falhamentos são comuns ao Grupo Caraíba e, provavelmente, representam antigas falhas ou fraturas reativadas.

7. PESQUISA DO DISTRITO CUPRÍFERO DO RIO CURAÇÁ

7.1. Prospecção geoquímica de sedimentos de corrente

Este método de reconhecimento geoquímico foi empregado na segunda fase de evolução da pesquisa do cobre no vale do Curaçá (ítem 4.9.), objetivando:

1) A procura de corpos máficos-ultramáficos, potencialmente mineralizados, não revelados pela fotointerpretação e pelo mapeamento geológico na escala 1:25.000;

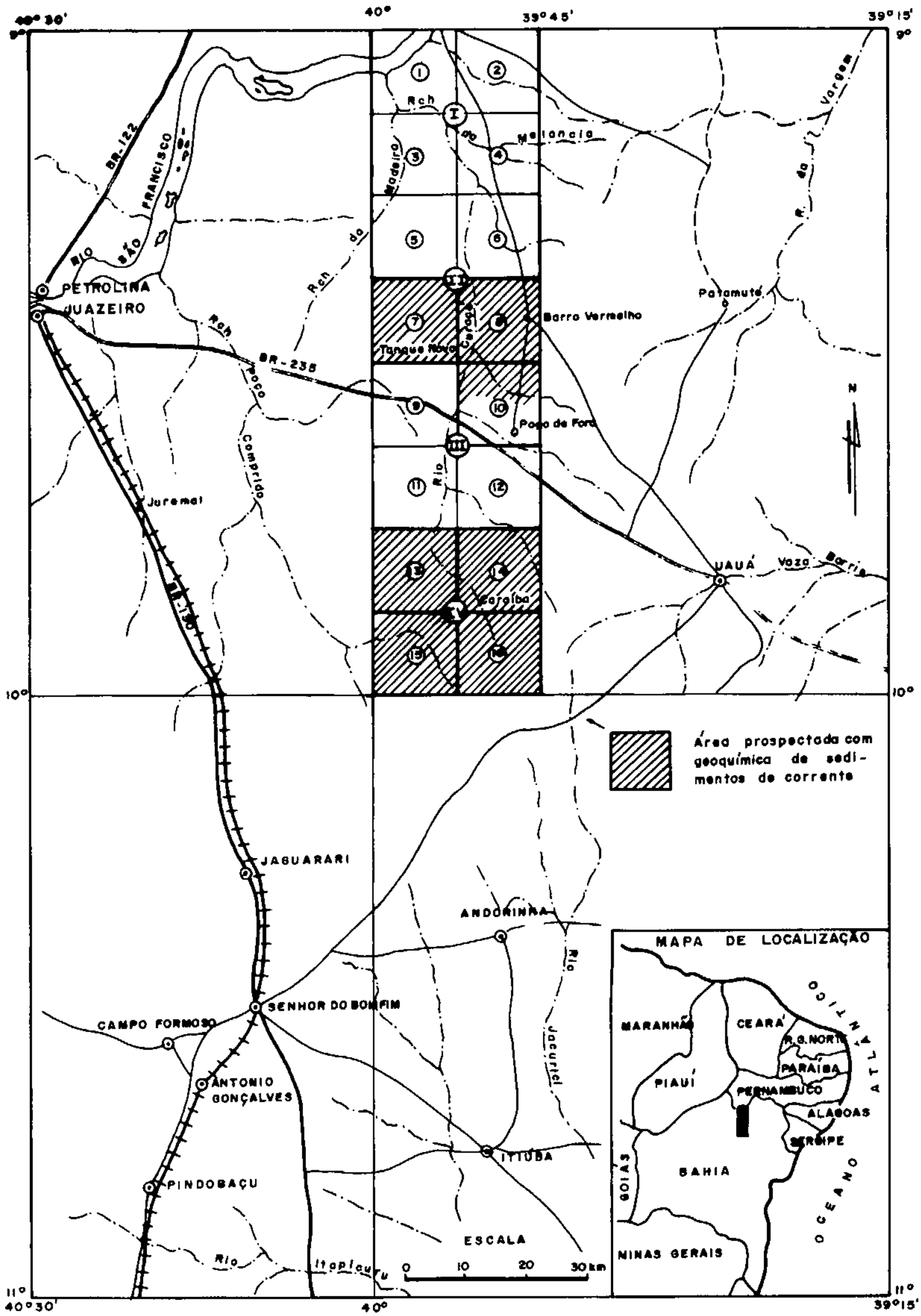
2) O descarte de corpos máficos-ultramáficos mapeados mas sem interesse prospectivo; e, em resumo,

3) O descarte inicial de grandes áreas a um custo relativamente reduzido, com seleção de alvos para a pesquisa mais detalhada, numa época em que os controles regionais da mineralização eram pouco conhecidos, face a ausência de uma base geológica.

Foi desenvolvido numa área de 1.200 km^2, englobando as folhas (7'30" de lado) de Arapuá, Caraíba-Poço da Vaca, Bom Despacho, Santos Ares, Barro Vermelho, Jaramataia e 1/3 de Poço de Fora (fig. 30).

A área total coberta com amostragem representa 40% da área global do projeto, tendo-se conseguido selecionar zonas significativamente anômalas representativas dos alvos estudados mais detalhadamente, reduzindo-se a área de maior interesse prospectivo a 10% do total investigado pela geoquímica de sedimentos de corrente.

Neste capítulo são apresentados sumariamente os resultados desta pesquisa que foi descrita detalhadamente no volume V deste relatório.



PROJETO COBRE—CURAÇÁ

Figura 30 - Localização das folhas geológicas com indicação das áreas prospectadas com geoquímica de sedimentos de corrente

7.1.1. Especificações técnicas

Os estudos orientativos (4.2.1.) caracterizaram os parâmetros utilizados neste levantamento geoquímico, tais como:

1) A amostragem dos sedimentos mais finos (mais argilosos) dos aluviões no centro do canal principal dos riachos, em drenagens de 1ª e 2ª ordem e coleta de amostras apropriadas sob ou próximo dos blocos levemente soterrados nos córregos representativos de drenagens de 3ª, 4ª, 5ª,etc ordem;

2) Densidade de duas amostras para cada quilômetro quadrado de área, correspondendo a um espaçamento médio de 250 metros entre os pontos de amostragem; e

3) Análises geoquímica para cobre total, cobre solúvel e níquel na fração natural das amostras inferior a 80 meshs, segundo técnica descrita no Geological Survey Bulletim 1152, exceção para os lotes de amostras analisados pelo Departamento Ol do Instituto de Geociências da UFBa onde foram determinados cobre total e níquel segundo os métodos seguintes:

Cobre - Colorimétrico pela 2,2 biquinolina.
Abertura de amostra - fusão pelo $K_2S_2O_2$.

Níquel- Colorimétrico pela sufurildioxima.
Abertura de amostra - fusão pelo $K_2S_2O_2$.

A análise de variância para cobre total, cobre solúvel e níquel, segundo os critérios de F-test, realizada sobre um lote de amostras replicatas, comprovou, para a segurança dos resultados:

1) Que os valores de F calculados analiticamente para Cu.t, Cu.ex e Ni são respectivamente 12, 10,94 e 8,27 e portanto bem superiores aquele tabelado (Krumbein and Graybill, 1965, p. 422) para um grau de confiança de 95% e ZN-1 e N graus de liberdade (59;30), o qual corresponde a 1,73; e

2) Que a variância regional ou total é significativamente maior que a variância do erro combinado.

7.1.2. Cálculos estatísticos do "background" e "threshold"

No tratamento estatístico dos dados geoquímicos obtidos na parte sul da área do projeto (folha de Caraíba - 15' de lado), adotou-se a separação das populações geoquímicas em função das unidades litológicas, utilizando-se os divisores de água que limitam aproximadamente essas associações, resultando na caracterização de cinco populações:

- população geoquímica da Unidade Mari;
- população geoquímica da Unidade Arapuá;
- população geoquímica da Unidade Bom Despacho;
- população geoquímica da Unidade Serra da Barriguda; e
- população geoquímica das Rochas Granitóides.

Foram efetuados cálculos estatísticos para as determinações do "background" e "threshold" de cobre total, cobre solúvel e níquel (tab. XV) depois de analisar-se o tipo de distribuição (normal ou log-normal) de cada população, através de histogramas e gráficos de fre

Tabela XV - Valores de "background" e "threshold", calculados estatisticamente, nas diversas populações geoquímicas dos sedimentos de corrente.

Populações	Litologias principais das Unidades	Cobre total			Cobre solúvel			Níquel		
		"BACKGROUND" ppm	"THRESHOLD" (ppm) L1	"THRESHOLD" (ppm) L2	"BACKGROUND" ppm	"THRESHOLD" (ppm) L1	"THRESHOLD" (ppm) L2	"BACKGROUND" ppm	"THRESHOLD" (ppm) L1	"THRESHOLD" (ppm) L2
Unidade Mari	Biotita-gnaisse migmatizado, corpos máficos-ultramáficos.	22	80	150	4	13	23	14	42	71
Unidade Arapuá	Biotita-gnaisse, quartzo-feldspato-gnaisse, anfibolito.	20	65	117	3	10	18	10	42	85
Unidade Bom Despacho	Calco-silicatadas, anfibolito, granada gnaisse	43, 39*	89, 63*	112, 75*	7, 6*	13, 11*	16, 13*	23	55	71
Unidade Serra da Barriguda	Granulitos	26	90	166	3	6	8	6	13	16
Rochas Granitóides	Granitos, gnaisses sieníticos, gnaisses porfiroblásticos.	18	40	60	3	8	14	6	24	47

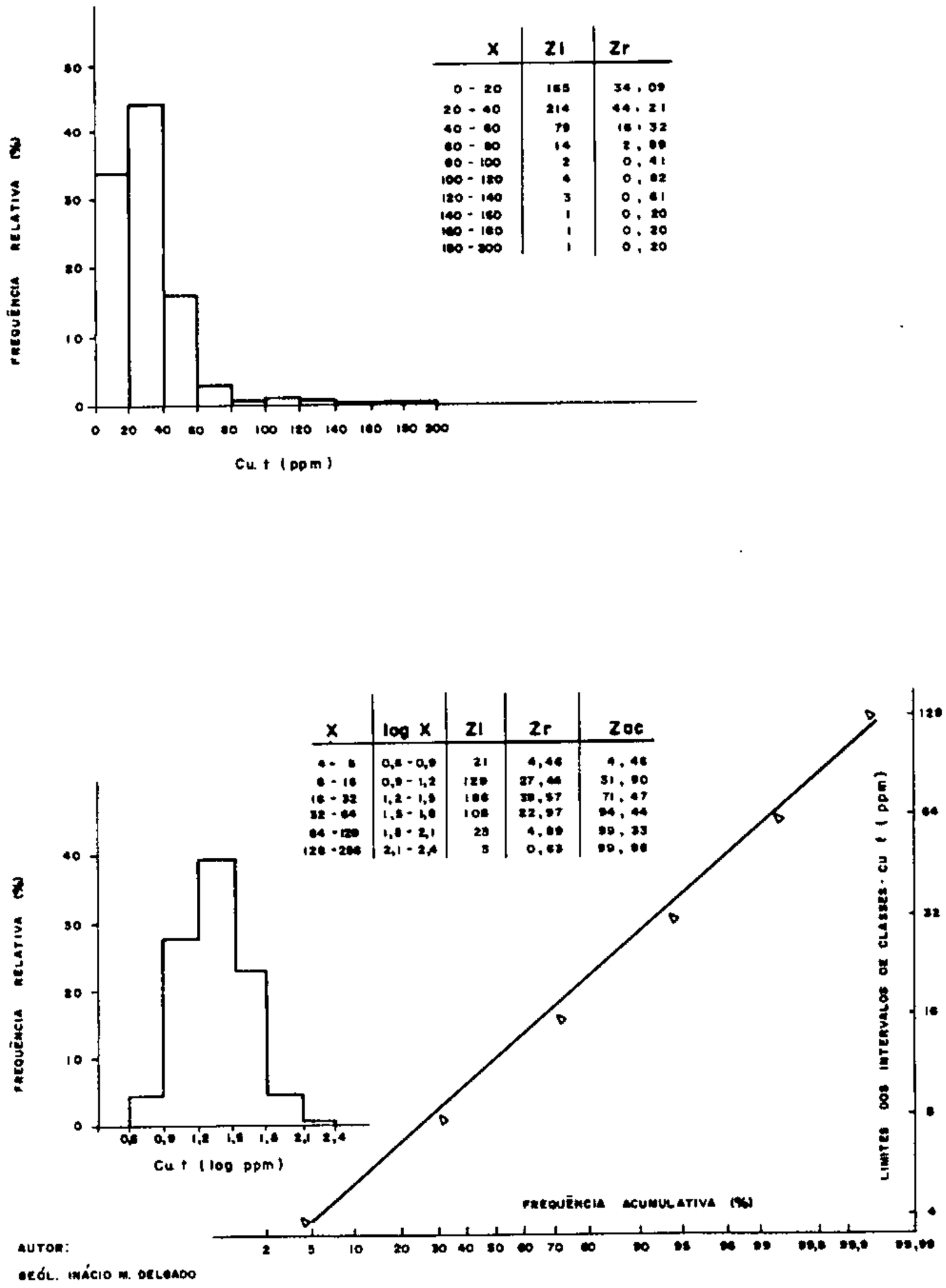
* Valores calculados em função da "população do background".
L1 = Threshold (1º limiar) = background + 2 x desvio padrão.
L2 = Threshold (2º limiar) = background + 3 x desvio padrão.

quência acumulada plotados em papel de normal ou log-probabilidade. Confirmou-se, através desses estudos (vol. V), que a maioria das populações mostra tendência a seguir uma distribuição log-normal (exemplificada na figura 31), exceção da população da Unidade Bom Despacho que mostra uma distribuição normal e uma curva típica de mistura de duas populações (populações do "background" e "anômala"), conforme se deduz da análise da curva de Gauss e da reta de Henry (exemplificada na figura 32).

Onde suspeitou-se da mistura de populações, calculou-se também o "threshold" em função da média e desvio padrão estabelecidos a partir da provável "população do background" (Andrews-Jones, 1968).

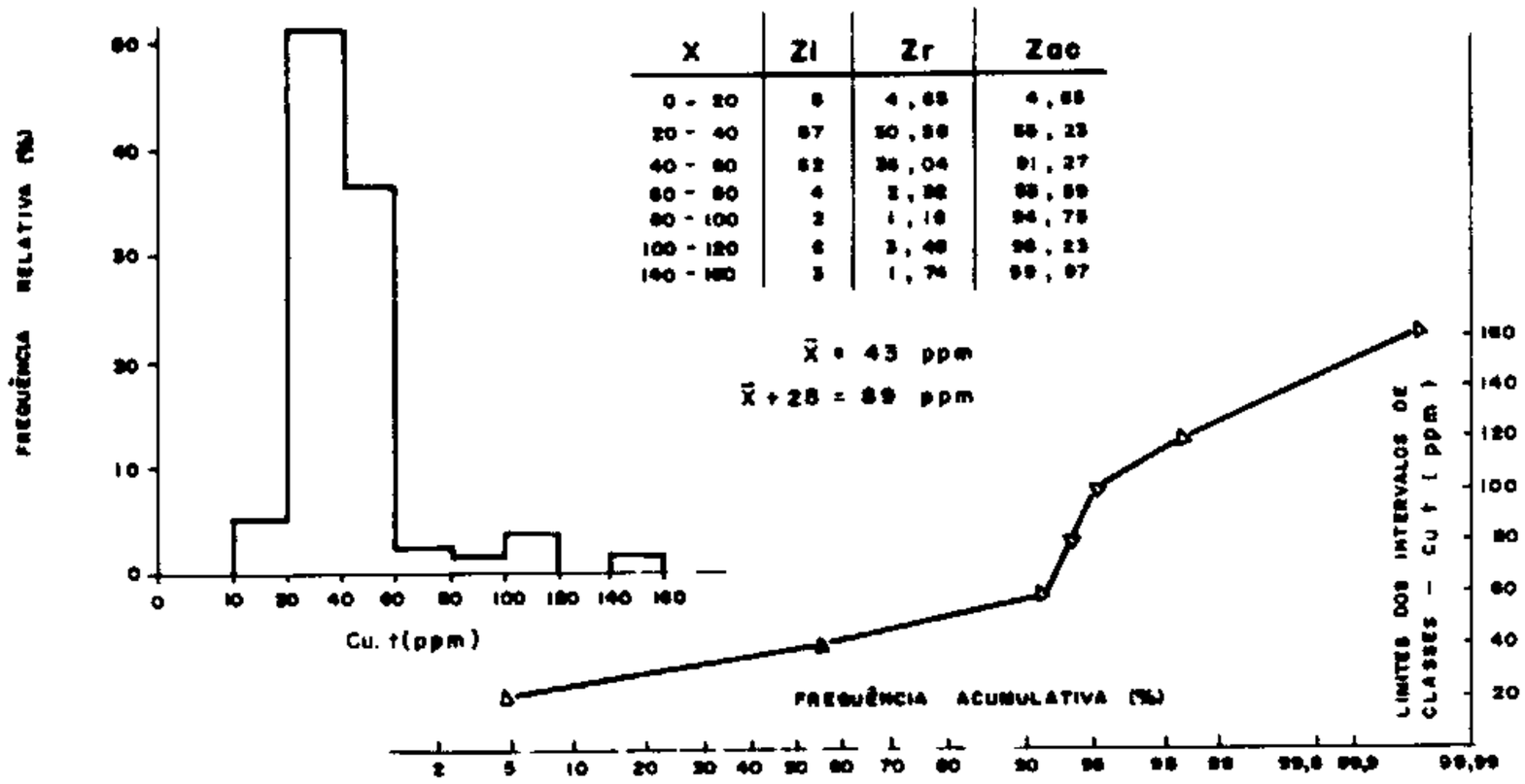
Conclui-se que, em geral, o primeiro limiar (L 1) calculado pela soma ao "background" de duas vezes o desvio padrão se aproxima dos valores anômalos obtidos nos estudos orientativos (4.2.1.), exceção assinalada para as populações geoquímicas das Rochas Granitóides e da Unidade Bom Despacho que apresentaram comportamentos geoquímicos peculiares; as Rochas Granitóides caracterizadas pelos baixos teores de fundo de cobre e níquel e os metassedimentos da Unidade Bom Despacho, em contraposição, pela elevação dos valores de "background", desses elementos.

Nas folhas (7'30" de lado) de Poço de Fora, Barro Vermelho e Jaramataia, o comportamento geoquímico do cobre foi similar ao obtido nas folhas da parte sul da área do projeto, não comportando, para este elemento, uma reanálise dos parâmetros estatísticos. Entretanto, constatou-se uma elevação sensível dos teores de níquel nas folhas citadas, atribuída a uma flutuação deste metal nos sedimentos de corrente com relação as estações do ano, tendo em vista que a amostragem da parte sul se deu no verão enquanto que



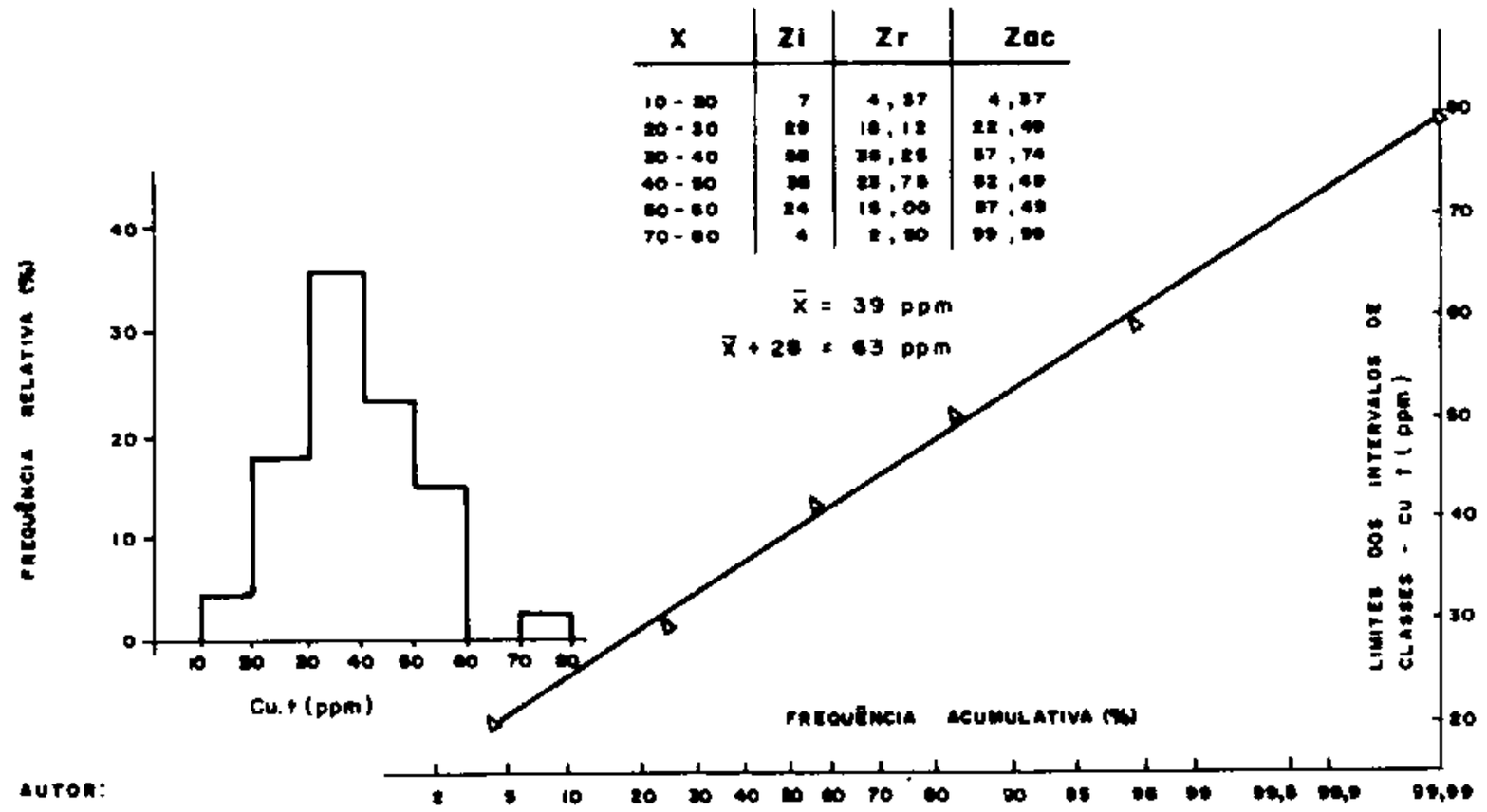
PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 31 — Histograma e gráfico de frequência acumulativa para cobre total em sedimentos de corrente caracterizando uma distribuição log-normal da população geoquímica da Unidade Mari.



X	Zi	Zr	Zac
0 - 20	6	4,65	4,65
20 - 40	67	50,38	55,23
40 - 60	52	36,04	91,27
60 - 80	4	2,98	93,59
80 - 100	2	1,16	94,75
100 - 120	6	3,48	98,23
140 - 160	3	1,74	99,97

População do "background"



X	Zi	Zr	Zac
10 - 20	7	4,37	4,37
20 - 30	29	18,12	22,49
30 - 40	56	35,25	57,74
40 - 50	36	22,75	82,49
50 - 60	24	15,00	97,49
70 - 80	4	2,50	99,99

AUTOR:
GEÓL. MÁCIO M. DELGADO

PROJETO COBRE – CURAÇÁ

Figura 32 – Histograma e gráfico de frequência acumulativa para cobre total em sedimentos de corrente caracterizando uma distribuição normal da população geoquímica da Unidade Bom Despacho e uma curva típica da mistura de duas populações ("anômala" e de "background")

nas folhas consignadas esta amostragem processou-se no inverno. Em função desses resultados o "background" estatístico do níquel elevou-se, em média, de 15 ppm para 40 ppm, e o limiar de anomalias considerado para as citadas folhas, foi da ordem de 100 ppm Ni.

7.1.3. Critérios utilizados para a interpretação dos dados

1) A caracterização das zonas anômalas foi definida em função do "threshold" observado nos estudos orientativos e confirmado pelo tratamento estatístico dos dados como sendo igual ao "background" mais duas vezes o desvio padrão. Entretanto, para a interpretação das anomalias detectadas na população geoquímica de algumas unidades geológicas, de comportamento geoquímico peculiar, como por exemplo a Unidade Bom Despacho e as Rochas Granitóides, tornou-se imperativo o uso do "background" e do "threshold", calculados estatisticamente.

2) Devido ao problema já reconhecido nos estudos orientativos, da diluição dos teores de cobre quando um tributário desagua em outro de maior potência, procurou-se na interpretação, analisar separadamente a distribuição dos elementos (Cu e Ni) dentro de um mesmo padrão de drenagem (de 1ª, 2ª ou 3ª ordem).

3) A cada anomalia interpretada, atribuiu-se um grau de importância que variou de 1 a 3, em função da intensidade dos teores e da distribuição areal e linear dos valores significativos, ao longo do curso das drenagens envolvidas.

4) Observou-se durante a análise dos dados, e por isto mesmo constituiu-se em outro critério usado na interpre

tação, a variação acentuada dos teores de cobre, em uma determinada população anômala, fato este não constatado nos estudos de variância de amostragem, provavelmente constituindo um comportamento normal, na região, da distribuição dos teores anômalos de cobre, ao longo do curso dos rios.

5) O limiar utilizado para níquel nas folhas (7'30" de lado) de Barro Vermelho, Jaramataia e Poço de Fora, foi da ordem de 100 ppm, dado obtido considerando-se o número de amostras anômalas como sendo aproximadamente 2,5% do total das amostras analisadas.(Hawkes et Webb, 1962).

6) O uso do níquel, em associação com o cobre, na definição das áreas prioritárias para pesquisa, denominadas de Alvos, foi de real significado dada a relação dos teores estatisticamente anômalos, deste elementos, com a presença de complexos máficos-ultramáficos, aos quais, como se sabe associam-se as mineralizações cupríferas.

7) A importância dos Alvos selecionados para pesquisa foi caracterizada em função da coincidência das anomalias de cobre total, solúvel e níquel, em um mesmo sítio, além do grau atribuído a essas anomalias.

7.1.4. Apresentação dos resultados

A preparação dos mapas geoquímicos de Cu.t, Cu.ex e Ni obedeceram a critérios bastante simples por se tratar de um único tipo de amostragem. Os valores foram representados graficamente, segundo um modelo que revela as variações do "background" e "threshold" a fim de facilitar a interpretação dos dados.

No volume V, esta representação foi feita nas folhas (de 7·30" de lado) na escala 1:25.000, totalizando 21 mapas de representação gráfica. No presente volu

me, integrou-se os valores de cobre solúvel para as folhas de 15' de lado, na escala 1:50.000 (Anexos V, VI e VII), por ser os que refletem, com maior fidelidade, as anomalias que caracterizam os alvos selecionados.

A interpretação dos dados com base nos critérios estabelecidos (7.1.3.), resultou na seleção de mais de 30 zonas de anomalias geoquímicas de cobre e eventualmente níquel que constituiram os alvos prospectados, em níveis de semi-detalhe e detalhe.

Alguns desses alvos, que convencionou-se denominá-los de Alvos "S", alinham-se segundo "trends" concordantes a estruturação geológica regional. Este fato é caracterizado pelos alinhamentos dos Alvos: a) S-15, S-33 e S-12; b) S-35, S-36, S-37 e S-38; c) S-39, S-40, S-41 e S-42; etc.

De todas as zonas de anomalias delineadas, considerou-se, porém, às pertencentes aos Alvos S-12, S-29, S-7, S-6, S-3, S-35 e S-36 como as mais significativas, especialmente pela coincidência, nestes sítios, das concentrações anômalas de cobre e níquel.

7.2. Pesquisa detalhada de áreas selecionadas

Esta pesquisa detalhada, envolvendo prospecção geoquímica, prospecção geofísica, mapeamento geológico, trincheiras e eventualmente sondagens prospectivas, se desenvolveu em três fases distintas da evolução da pesquisa de cobre do vale do Curaçá:

1) Sobre as ocorrências já conhecidas (Arapuá, Mina Velha do Buião e Senhor de Lisboa) ou detectadas com amostragem geoquímica de solo residual, em campanha de amostragem geoquímica dirigida para as "manchas", realizada pela GEOSOL (Chico Ferreira, Paredão e Murcho);

Nº DO ALVO	Nº DO MARCO	SITUAÇÃO DO MARCO	AMARRAÇÃO DO ALVO EM RELAÇÃO AO MARCO
S-1	15	Cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-VIII.	O marco dista do piquete G-7, 16m na direção 29°10'00''
S-2	7	Cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-VIII.	O marco dista do piquete J-0, 40m na direção 160°58'01''
S-7	16	Cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-VIII.	O marco dista do piquete F-10, 5m na direção 315°40'10''
S-8	14	A 8m na direção 291°19'00" do cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-VIII.	O marco dista do piquete B-0, 92,30m na direção 2°50'00"
S-9	9	Cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-VIII.	O marco dista do piquete F-1, 5m na direção 242°40'20''
S-10	6	Cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-VIII.	O marco dista do piquete F-4, 80m na direção 221°05'10''
S-12	10	Cruzamento de estradas, indicado no ANEXO-VIII.	O marco dista do piquete E-0, 100m na direção 180°00'00"
S-15	19	Cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-VIII.	O marco dista do piquete D-9, 20m na direção 350°02'20''
S-18	18	Cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-VIII.	O marco dista do piquete E-0, 67m na direção 350°30'40''
S-26	8	Cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-VIII.	O marco dista do piquete G-7, 50m na direção 270°00'00''
S-29	17	A 78,80m na direção 28°00'00' do poste da CHESF nº 63 - 3.	O marco coincide com o piquete A-0
S-30	21	Cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-VIII.	O marco dista do piquete A-0, 60m na direção 72°25'35''
S-31	20	Cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-VIII.	O marco dista do piquete C-0, 83m na direção 248°40'30''
S-35	11	Cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-IX.	O marco dista do piquete B-4, 50m na direção 180°00'00''
S-36	13	Cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-IX.	O marco dista do piquete A-4, 86m na direção 350°00'00''
S-40	5	A 300m na direção 86°00'00'' do poste da CHESF nº 8 - 2.	O marco coincide com o piquete L-20.
S-41	22	Cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-X.	O marco dista do piquete B-2, 110m na direção 333°20'05"
S-42	4	Cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-X.	O marco dista do piquete G-14, 34m na direção 90°00'00''
L-1	1	Cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-VIII.	O marco dista aproximadamente 200m a sul do piquete 1-0
L-2	3	Cruzamento de riachos, indicado no ANEXO-IX.	O marco coincide com o piquete X-8.
L-3	12	A 50m na direção 180°00'00" do cruzamento dos riachos indicados no ANEXO-IX.	O marco coincide com o piquete B-0.
L-5	-	-	O mesmo referencial do Alvo L-2.

Tabela XVI - Localização dos Alvos prospectados em relação as bases planimétricas e aos marcos de cimento que constituem os pontos de amarração.

2) Sobre os Alvos "S", selecionados pelo reconhecimento geoquímico de sedimentos de corrente; e,

3) Sobre os Alvos "L", selecionados pelos controles regionais e determinantes das mineralizações de cobre do Distrito Cuprífero do Rio Curaçá.

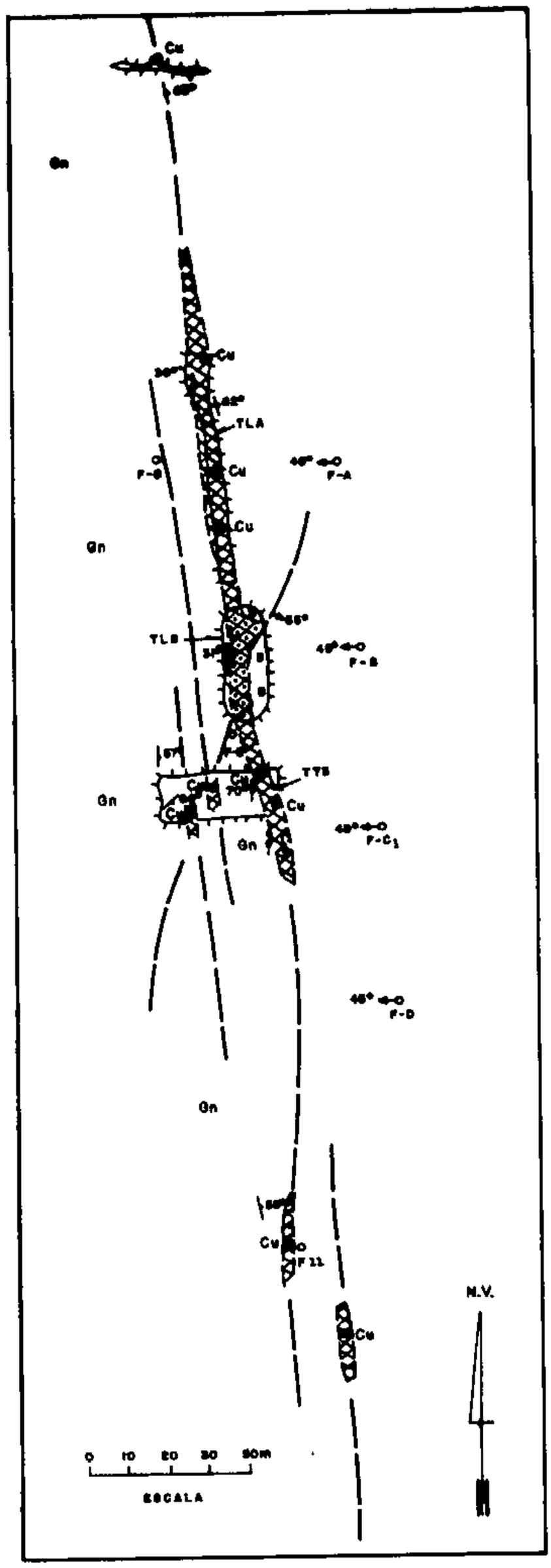
Os resultados destes trabalhos, apresentados sumariamente neste capítulo, foram minuciosamente relatados nos volumes VI e VII deste relatório. Na tabela XVI estão relacionados os Alvos "S" e "L" e suas respectivas localizações nos mapas 1:50.000 (ANEXOS VIII,IX e X).

7.2.1. Pesquisa das ocorrências cupríferas

Ocorrência de Arapuá

A mineralização oxidada de cobre, observada em superfície, está controlada por uma brecha relacionada a um sistema de falhas longitudinais (fig. 33). Além da brechificação, os falhamentos são caracterizados por "slickensides" (com inclinação de 30° para norte) e cisalhamentos.

A rocha hospedeira da ocorrência é um biotita-anfibólio gnaisse que mostra dobramentos isoclinais, nas paredes das escavações, com os planos mergulhando, paralelamente a foliação, com intensidade de 60°E. A direção regional é N 15°W. Intercalando-se no gnaisse, ocorrem para leste, níveis de quartzito algo ferruginoso e calcário metamórfico. Lentes de anfibolito intercalam-se frequentemente na rocha gnáissica.e um destes corpos altera-se para biotitito na zona de maior manifestação de enriquecimento supergênico de cobre.

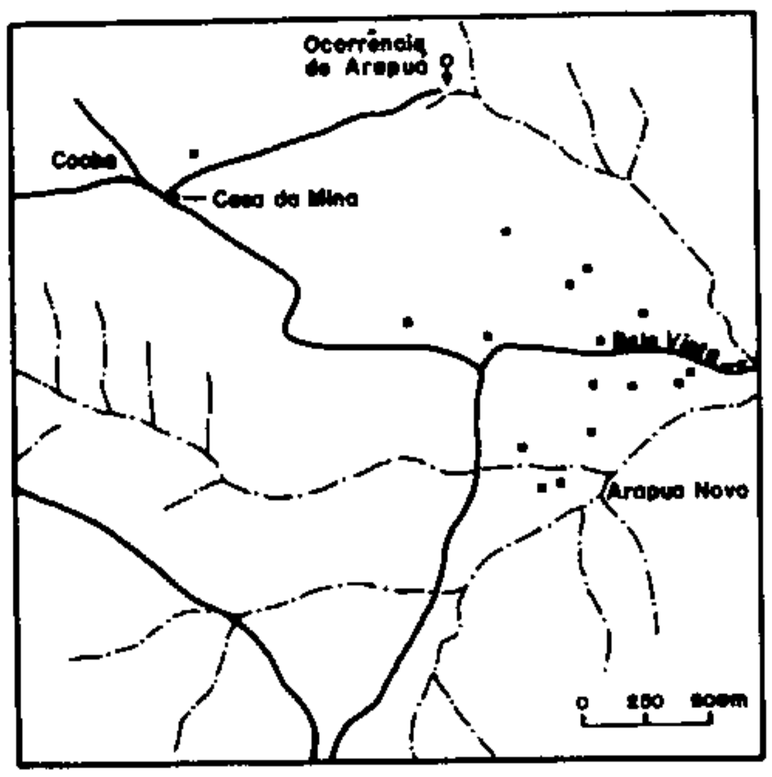


CONVENÇÕES

- Brecha de falha quartzosa
- Zona de alto enriquecimento supergênico de cobre
- Contato aproximado
- Falha
- Silicomaides com plunge
- Atitude de foliação
- Cu — Oxidados de cobre
- B — Biotitito
- Gn — Biotita - anfibólio - gnaisse
- F-c — Furo vertical
- 45° — Furo inclinado
- TLB — Escavação

Autores:
Geol. Inácio M. Delgado
Geol. Aluizio E. P. Gomes

MAPA DE SITUAÇÃO



PLANTA DE AMARRAÇÃO TOPOGRÁFICA

H.S.S.

PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 33- Esboço geológico da ocorrência cuprífera de Arapuá com localização das obras de pesquisas

Furo	Inclinação	Profundidade.(m)	Intervalo Mineralizado.		Observações
			De	Até	
F-8	Vertical	94,55	10,31	19,07	Gnaisse fraturado com limonita, carbonatos de cobre e raros sulfetos.
			26,44	28,04	Pegmatito com sulfetos.
F-11	Vertical	44,01	-	-	-
F-A	45°W	54,90	52,44	54,55	Gnaisse róseo com sulfetos.
F-B	45°W	61,94	51,49	53,20	Gnaisse fraturado com limonita, sulfetos e raros carbonatos de cobre.
F-C1	45°W	69,75	23,69	36,65	Gnaisse róseo, fraturado, alterado, com argila, limonita e carbonatos de cobre.
F-D	45°W	36,47	-	-	-
F-E	65°E	32,02	-	20,00	Gnaisse fraturado com carbonatos de cobre.

Tabela XVII - Sondagens executadas pelo DNPM na ocorrência cuprífera de Arapuá.

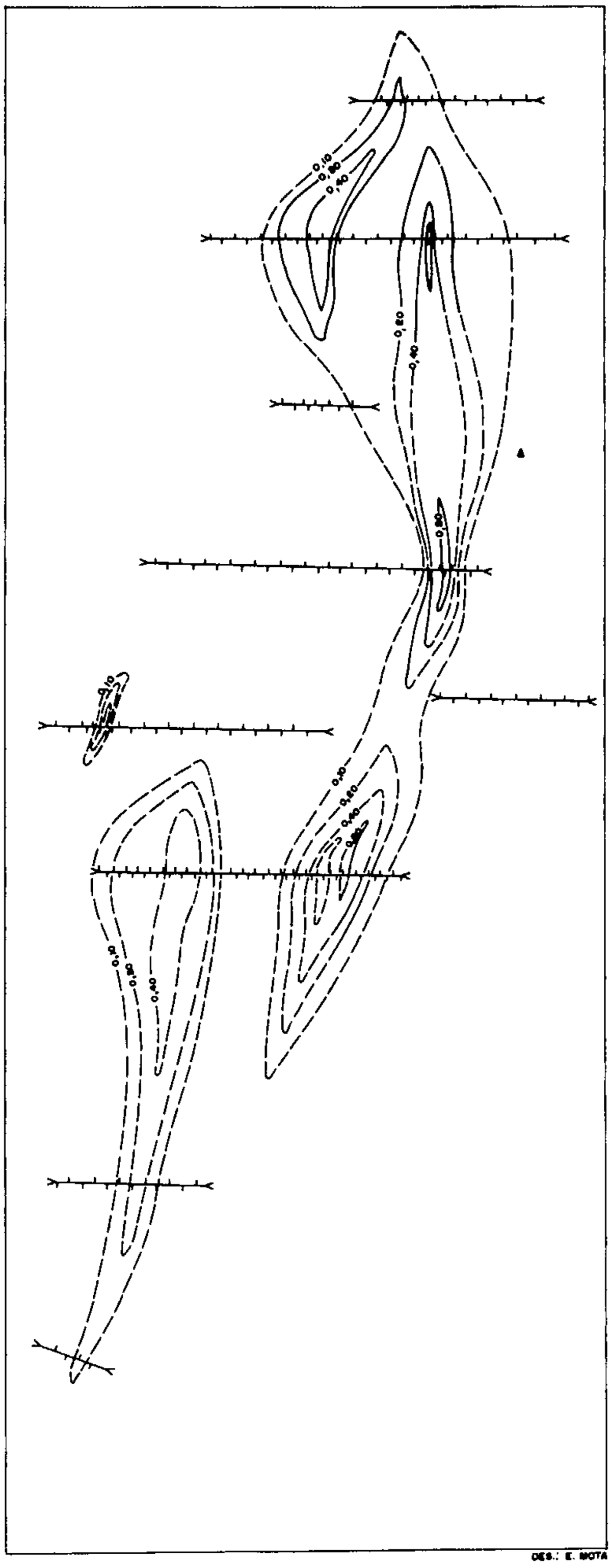
A mineralização secundária é composta de malaquita, azurita, crisocola e cuprita, em associação frequente com limonita (produto de alteração da pirita), ocorrendo na zona de brecha e em fraturas, ambas contendo veios quartzosos. O teor médio desta mineralização não é elevado, podendo entretanto, atingir até 30% Cu (Argentiere, 1968) em amostra de minério rico coletada no bolsão de alto enriquecimento supergênico.

Os furos executados (tab. XVII) atestaram uma fraca mineralização de sulfetos de caráter epigenético, ocorrendo em zonas fraturadas do gnaisse ou associados a mobilizados pegmatóides. Nesta mineralização sulfetada o teor de pirita predomina sobre calcopirita.

O interesse dessa ocorrência é restrito à zona de oxidação que pode prolongar-se até 20 m de profundidade, constituindo uma reserva inferida da ordem de 1.200 t de cobre metálico.

Ocorrência de Chico Ferreira

O corpo de Chico Ferreira corresponde a uma lente de rochas máficas (anfibólio-diorito,anfibolito, clorita-xisto, etc) medindo 200 m de comprimento na direção N-S por 60 m de largura máxima, estreitando-se nas extremidadespara 30 m. Encaixa-se em biotita-anfibólio gnaisse migmatítico, provavelmente segundo calha sinclinal. A área é intensamente dobrada, conforme se depreende da variação intensa dos mergulhos, de subvertical a horizontal, e dos constantes microdobramentos normais. Falhamentos longitudinais e transversais (preenchidos por diques de diabásio) são bem evidenciados por zonas de cisalhamento,milonitização e alteração de caráter hidrotermal.



CONVENÇÕES

Marco DNPM-GSL Nº 18

Intervalo das curvas de isoteor de cobre

Trincheira com indicação das amostras de canal

0 10 20m

ESCALA

Autores:

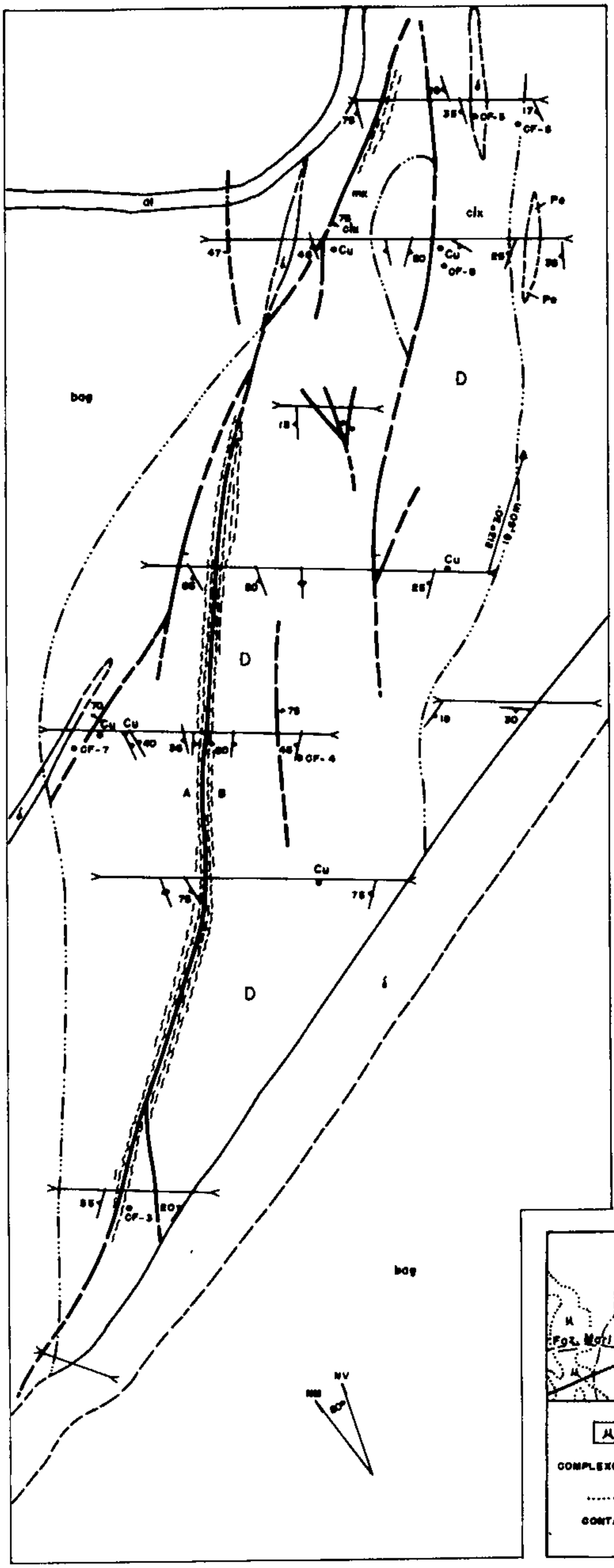
Geol: Inácio M. Delgado

Geol: Marinho A. S. Filho

PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 34 - Mapa de isoteores de cobre da ocorrência cuprífera de Chico Ferreira com base em amostragem de canal

CPRM



CONVENÇÕES

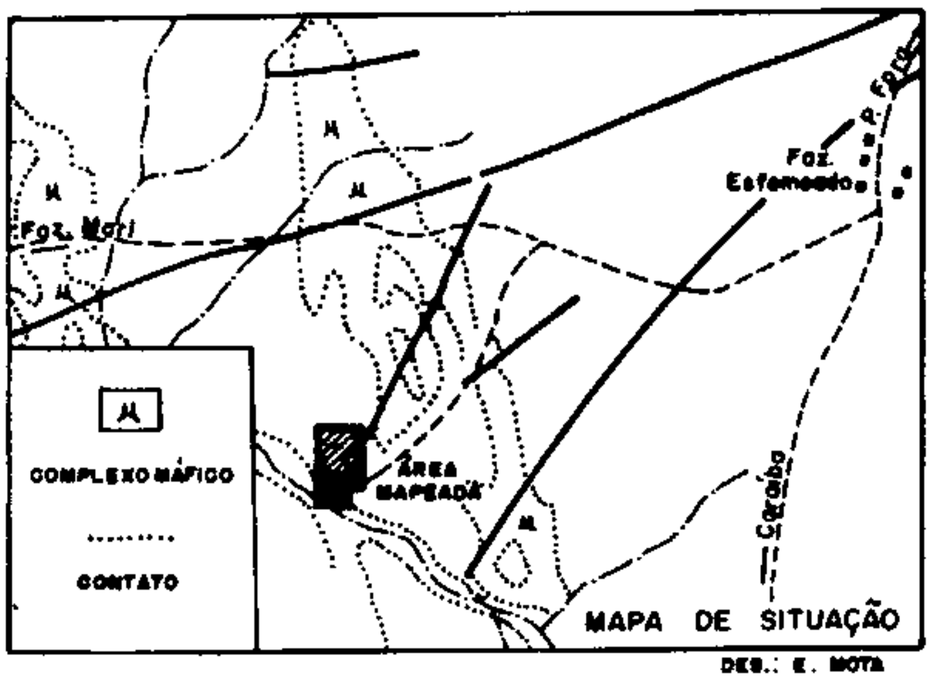
- al — Aluvião
- δ — Microdiabásio
- Pe — Pegmatito
- D — Diorito
- bag — Biotita - anfibólio - gnaisse
- clx — Clorita - xisto
- Contato definido
- Contato aproximado
- Contato de transição
- Falha normal
- Falha observada
- Falha possível
- 30 — Atitude da foliação
- Foliação vertical
- Zona de cisalhamento
- • CF-1 — Lâmina petrográfica
- • Cu — Oxidados de cobre
- Trincheira
- ▲ — Marco DNPM - GSL Nº 18

0 10 20m
ESCALA

Autores:

Geol. Inácio Delgado

Geol. Marinho A. S. Filho



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 35 - Mapa geológico da ocorrência cuprífera de Chico Ferreira

A mineralização secundária, revelada nas trincheiras, é constituída principalmente por crisocola, malaquita e azurita, que preenchem fraturas nos dioritos, anfibolitos e se impregnam nos clorita-xistos. Diminutos cristais de sulfetos foram observados disseminando a rocha diorítica. Subordinadamente ocorre mineralização secundária de níquel (garnierita).

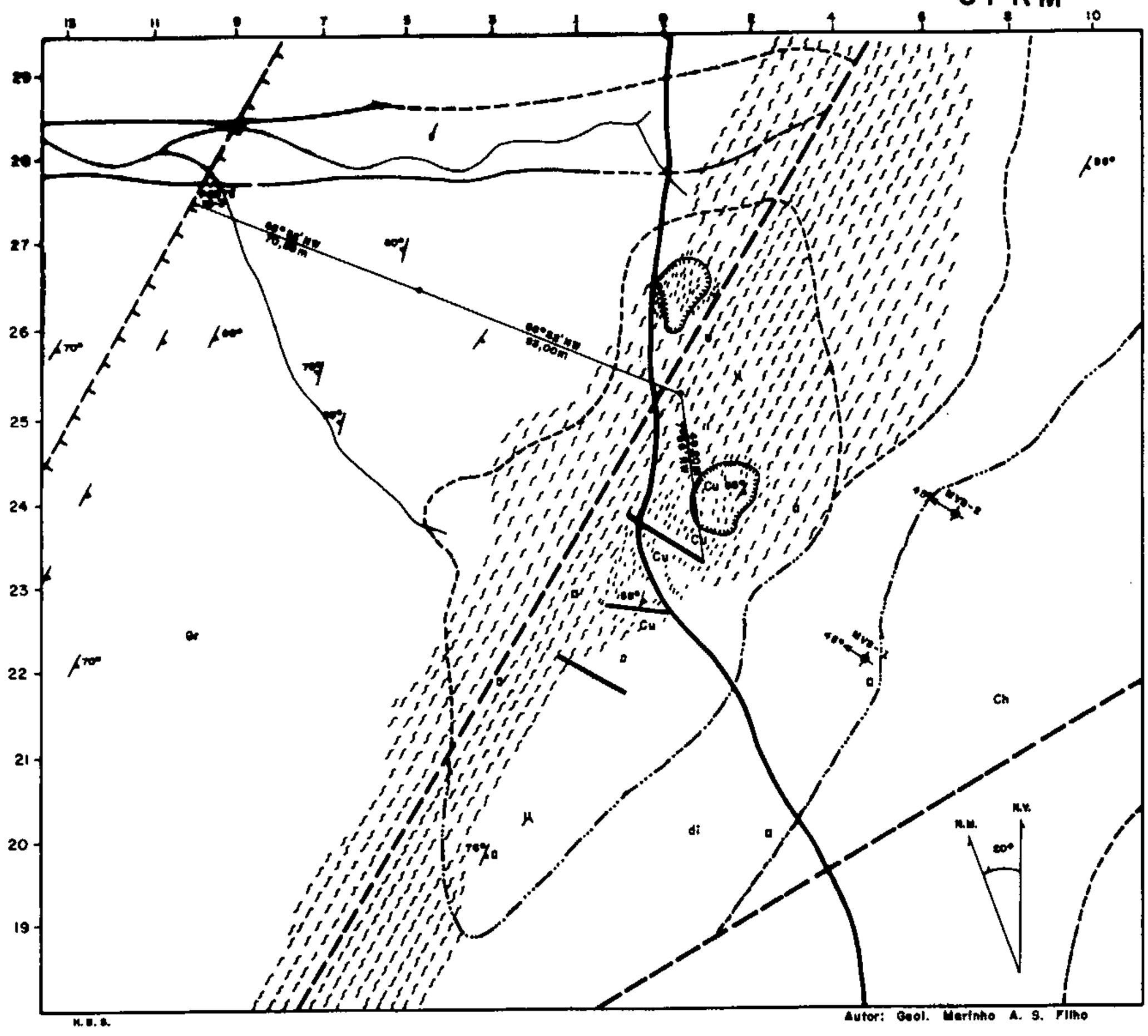
A amostragem de canal revelou que o corpo máfico é envolvido, aproximadamente, pela isopleta de 1.000 ppm Cu (0,10% Cu) e que a mineralização secundária se concentra em zonas com teores de (0,20 a 0,60%Cu acompanhando o traçado das falhas (fig. 34 e 35), com enriquecimentos muito locais (teor máximo de 2,80% Cu).

A reserva do minério oxidado, considerando-se a área envolvida pela isopleta de 0,40% Cu e a persistência dessa mineralização até 20 m de profundidade (média da zona de oxidação) pode ser estimada em aproximadamente 50.000 t de minério com teor médio de 0,71% Cu (média ponderada dos teores das faixas envolvidas pela isopleta de 0,40% Cu), correspondendo a 350 t de cobre metálico.

A pequena dimensão do corpo máfico não estimula a investigação da mineralização sulfetada que supõe-se ter sido parcialmente remobilizada para os níveis superiores através de mobilização hidrotermal, concentrando-se na zona de oxidação e em grande parte erodida.

Ocorrência de Mina Velha do Buião

A rocha mineralizada aflora nas escavações antigas apresentando coloração esverdeada e superfície sedosa, constituindo um epidoto-clorita-plagioclásio rocha (fig. 36).



Dique de diabásio

Epidoto-clorita-plagioclásio-rocha microclinizada nas zonas fraturadas

di — Diopsidito

Ch — Charnoquito

Gr — Granulito ácido microclinizado nas zonas fraturadas

Contato definido

Contato aproximado

Contato de transição

Falha provável

Atitude da foliação

Zona cisalhada e microclinizada

Cu — Oxidados de cobre

MVB-8 — 46° — Furo executado

Poço de prospecção

Trincheira

Escavação

Estrada carroçável

Riacho

Linha de transmissão da CHESF (alta tensão)

PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 36 - Mapa geológico da ocorrência cuprífera de Mina Velha do Buião

Para oeste aflora extensivamente um biotita-anfibólio granulito ácido que próximo ao corpo mineralizado cede lugar a microclina gnaisse de cor rósea, produto de uma intensa microclinização ao longo da estrutura mais conspícua da área: uma falha que atravessa longitudinalmente a zona mineralizada. Para leste o epidoto-clorita-plagioclásio rocha passa transicionalmente a diopsidito (calco-silicatada) que evolui até gnaisses charnockíticos intermediários.

As estruturas orientam-se paralelamente à zona de falha, segundo a direção N-S. Os planos de foliação, mais conspícuos nos granulitos, mergulham fortemente para leste.

A mineralização secundária constitui-se de malaquita e azurita que preenchem fraturas e fissuras do epidoto-clorita-plagioclásio rocha. No microscópio foi observada a localização desses minerais em espaços intergranulares, planos de clivagem e fraturas dos demais minerais constituintes da rocha, principalmente os ferromagnesianos. Na rocha calco-silicatada aparece pirita fracamente disseminada,

Os dois furos executados atravessaram uma sequência diaftorética, metassomática, que varia desde cloritites até neossomas de composição microclínica e eventualmente concentrações de limonita resultantes possivelmente da liberação do ferro durante o processo de alteração dos ferromagnesianos preexistentes para clorita. Não foi constatada, em subsuperfície, mineralização sulfetada que supõe-se ter sido totalmente oxidada depois da remobilização do cobre para a zona de falha principal.

Com base na área de distribuição da mineralização oxidada estima-se que a reserva não ultrapasse a casa das 20.000 t de minério a 1% Cu, correspondendo ape

nas a umas 200 t de cobre metálico.

Ocorrência de Paredão

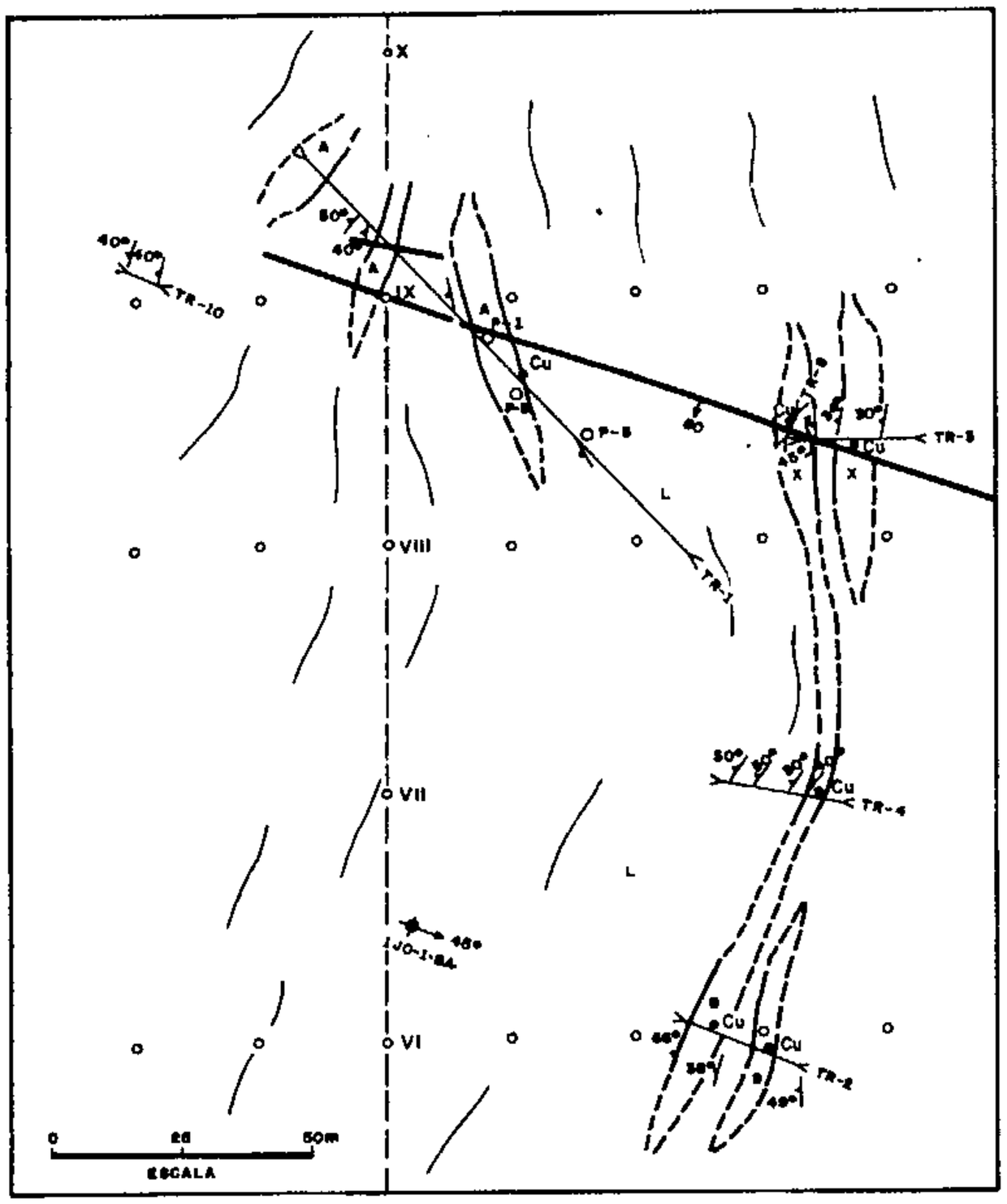
A mineralização secundária de cobre em Paredão associa-se a uma série de corpos de anfibolito de forma lenticular e de dimensões reduzidas (7 m de largura e 60 m de comprimento, em média). Estes corpos orientam-se segundo a direção NW-SE e mergulham de 30° a 50° para SW, intercalando-se numa sequência monótona de quartzo-feldspato gnaisse do fácies do anfibolito. Este conjunto participa do flanco de um dobramento anticlinal simétrico com "plunge" para sul ("Anticlinal de Paredão"). Os anfibolitos sofrem transformações hidrotermais-metassomáticas em diversos estágios, constatando-se desde anfibólio-clorita xisto até biotititos, estes últimos podendo resultar também de uma diferenciação anatética.

A mineralização secundária exposta pelas trincheiras compõe-se de malaquita e azurita que preenchem os planos de fraturas ou impregnam a rocha anfibolítica alterada e os biotititos.

O teor máximo de cobre, obtido nas amostras de canal, foi de 2,70% Cu, porém, em mais de 20 amostras foram determinados teores acima de 1% Cu. A concentração de mineralização secundária se verifica nas zonas mais alteradas. Nos corpos de anfibolitos frescos ou pouco alterados, atravessados pelas trincheiras TR-1 e TR-5, a rocha é pobremente mineralizada (fig. 37).

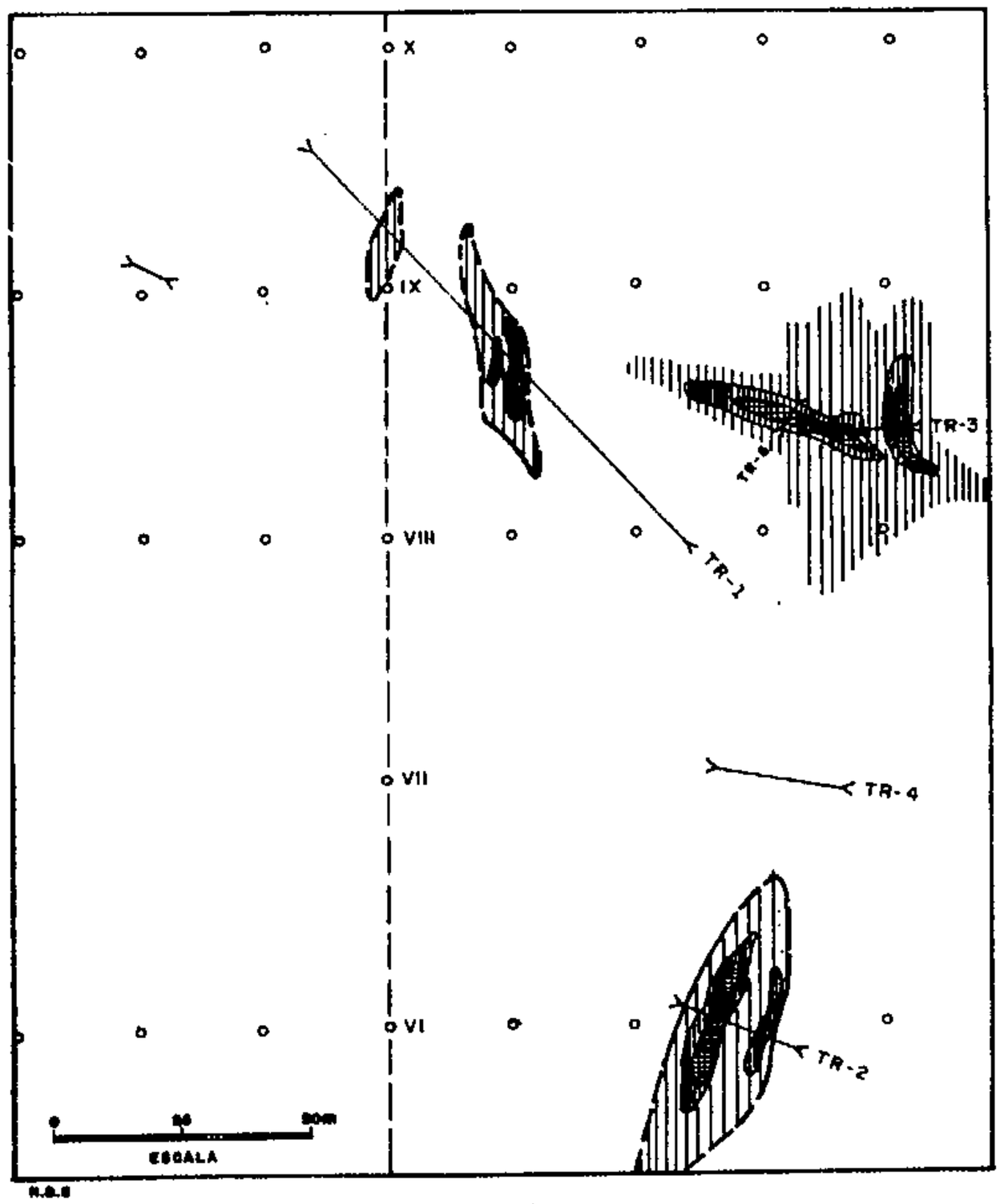
O único furo executado atravessou a sequência monótona de quartzo-feldspato gnaisse com intercalações estreitas de anfibolito, cortada por mobilizados granitóides e pegmatóides. Os corpos mineralizados, em superfí

CPRM



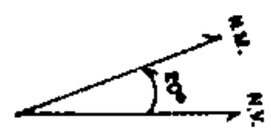
CONVENÇÕES

- A, X, B — Anfibolito (A) frequentemente alterado para anfibólio-clorita-biotita – xisto (X) ou biotitito (B)
- L — Leptito
- Contato definido
- Contato aproximado
- Fratura observada com cisalhamento (Falha ?)
- 45° — Atitude da foliação
- Lineação
- P-1 — Lâmina petrográfica estudada
- Cu — Oxidados de cobre
- 45° 1-JO-1-BA — Furo executado



- 0,10% 0,60% 1,0% 2,7% — Áreas de teores médios de cobre
- Curva de isoteor hipotético
- Trincheira
- V — VI — Linha – eixo de referência
- Ponto de amostragem geoquímica

Autores: Geol. Inácio M. Delgado
Geol. Marinho A. S. Filho



PROJETO COBRE – CURAÇÁ

Figura 37 – Mapa geológico de parte da ocorrência cuprífera de Paredão e distribuição dos teores de amostras de canal das trincheiras

cie, evoluiram em profundidade para estreitas faixas de gnaisses intermediários (composição diorítica) com fraca disseminação de pirita, sem interesse prospectivo.

Estimou-se uma reserva de aproximadamente 50.000 t de minério de cobre oxidado a um teor médio de 0,90% Cu (tab. XVIII), representando 450 t de cobre metálico contido.

Supõe-se que a mineralização sulfetada, preexistente, de baixo teor de cobre, tenha sido remobilizada concentrando-se nas zonas mais alteradas da rocha anfibolítica e posteriormente oxidada para carbonatos de cobre.

Trincheira Nº	Intervalo mineralizado (m)	Comp. (m)	Teor médio (%) Cu
Tr - 1	54,50 a 57,50	3,00	0,31
Tr - 1	62,50 a 64,00	1,50	1,10
Tr - 2	5,00 a 8,50	3,50	0,48
Tr - 2	15,50 a 19,50	4,00	0,95
Tr - 3	0,00 a 4,25	4,25	1,62
Tr - 3	4,25 a 11,75	7,50	0,30
Tr - 3	11,75 a 21,25	9,50	1,19
Tr - 8	0,00 a 4,50	4,50	0,60

Tabela XVIII - Teores médio de cobre nas trincheiras de Paredão.

Ocorrência de Senhor de Lisboa

O corpo ultramáfico cloritizado de Senhor de Lisboa orienta-se segundo a direção NW-SE, apresentando 600 m de extensão por 100 m de largura média. Os con

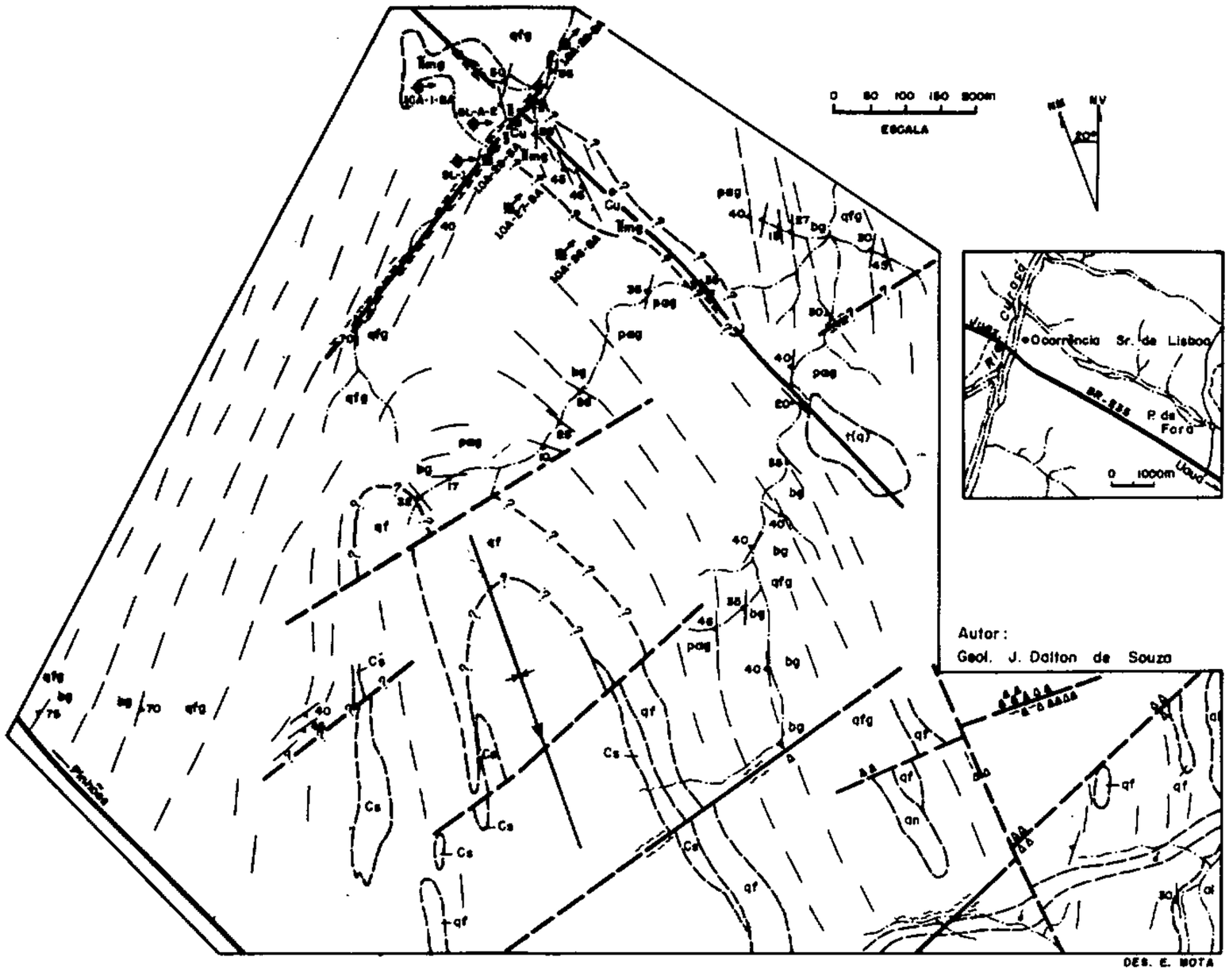
tactos com as rochas encaixantes acham-se obliterados por uma intensa feldspatização potássica.

Este corpo co-participa de uma estrutura sinclinal ("Sinclinal do Serrote Preto") que aprisiona um pacote de rochas calco-silicatadas, quartzito ferrífero, biotita-granada gnaisse e quartzo-feldspato gnaisse, com intercalações de anfibolitos (fig. 38).

Dois falhamentos interceptam o corpo, um longitudinalmente (NW-SE) e outro transversalmente (NE-SW). No cruzamento das duas falhas uma parte do corpo ultramáfico destaca-se na superfície e expõe uma rica oxidação de cobre. Este efeito topográfico aliado à concentração local da mineralização secundária, gerou, durante algum tempo, confusão quanto ao posicionamento do corpo em relação às rochas encaixantes, no caso, perfeitamente concordante.

A mineralização oxidada compõe-se de malaquita, azurita e crisocola, que se evidencia de forma conspícua na interseção das falhas mapeadas onde a ultramáfica cloritizada apresenta melhores exposições. Os poços executados constataram a oxidação até os 10 m de profundidade e uma distribuição irregular desta mineralização no seio da rocha ultramáfica.

A mineralização sulfetada composta de calcopirita, algo de bornita, pirita e pirrotita, foi interceptada pelo furo SL-A-2 de (50 a 62) m, com um teor médio de 1,05% Cu. Os outros furos executados não interceptaram mineralização importante tendo sido constatado, normalmente, restritas faixas com pirita, calcopirita, às vezes grafite, revelando teor máximo de 0,3% Cu. Os sulfetos no furo SL-A-2, ocorrem principalmente preenchendo pequenas zonas de fissuras ou de cisalhamento e juntas, onde é "notável a alteração da rocha nas paredes dessas estruturas planares" (La



CONVENÇÕES

- al / t(q) — al-aluvião, t(q) - talus
- δ — Dique de diabásio
- Ti / Timg — Ultramáfica cloritizada (Ti) e feldspatizada (Ti mg)
- an — Anfibolito
- qf — Quartzito ferrífero
- Cs — Calco - silicatado
- bg / bag / qfg — Biotita gnaisse (bg), piroxênio - anfibólio - gnaisse (pag) e gnaisse - quartzo - feldspato (qfg).
- (1) (2) (3) — Contatos: aproximado (1), de transição (2) e suposto (3).
- 40 — Direção e mergulho da foliação
- Direção da foliação vertical
- Lineamento estrutural
- Sinclinal com caimento
- (1) (2) (3) — Falhas: observada (1), provável (2) e suposta (3)
- Zona milonitizada
- oCu — Oxidados de cobre
- Furo de sonda executado
- Pegmatito brechóide e quartzo
- Riacho
- Estrada

PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 38 - Mapa geológico da ocorrência cuprífera de Senhor de Lisboa

deira et alii, 1969). O caráter epigenético dessa mineralização, restrita caprichosamente à zona de interseção de duas falhas, atesta o processo de remobilização e concentração da mineralização de cobre em zonas de mais baixa pressão.

A exploração geofísica, através de Polarização Induzida, empreendida na área, demonstrou o caráter local da concentração e a descontinuidade da mineralização ao longo do corpo mapeado, além de revelar uma associação com grafite, já constatada nos furos de sondagem. Para NE, fora do corpo mapeado, a concentração de grafite parece aumentar, significativamente, segundo os resultados de IP.

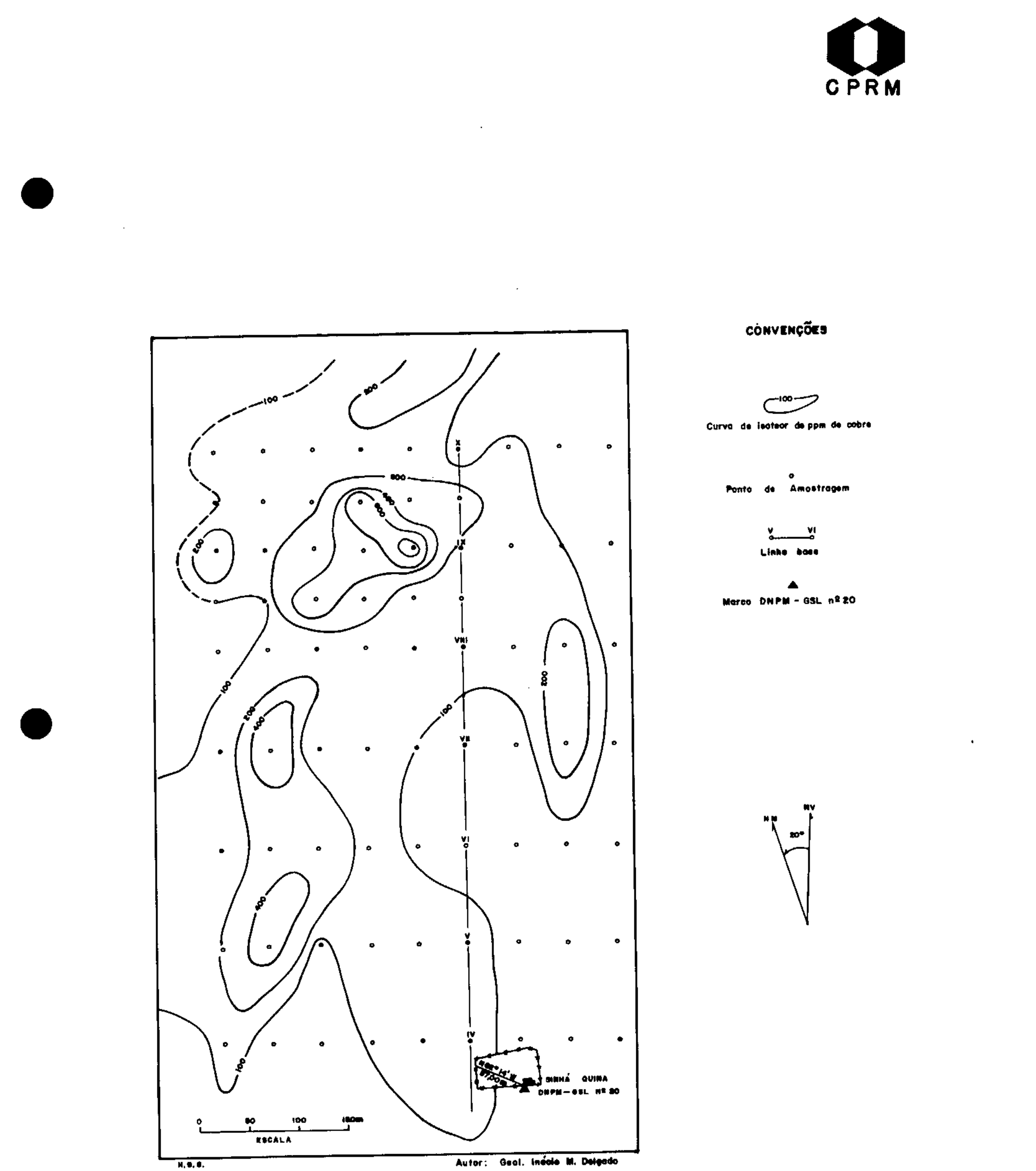
A reserva de cobre metálico, em função do condicionamento tectônico da mineralização, foi estimada em aproximadamente 1.600 t.

Ocorrência de Murcho

As mineralizações de cobre em Murcho relacionam-se a pequenos corpos lenticulares gabro-dioríticos e calco-silicáticos encaixados em gnaisses charnockíticos. São corpos estreitos com 20 m de largura média e comprimento de (100 a 150) m, orientados N 20°E, concordantemente a estrutura regional, mergulhando de 40° a 65° para SE. Localmente, fazem parte do flanco ESE de uma anticlinal revirada com "plunge" em torno de 20°SW.

As anomalias geoquímicas configuradas superpõem-se aos corpos de mafitos, sendo as concentrações mais elevadas controladas por falhas ao interceptar as rochas referidas (fig. 39 e 40).

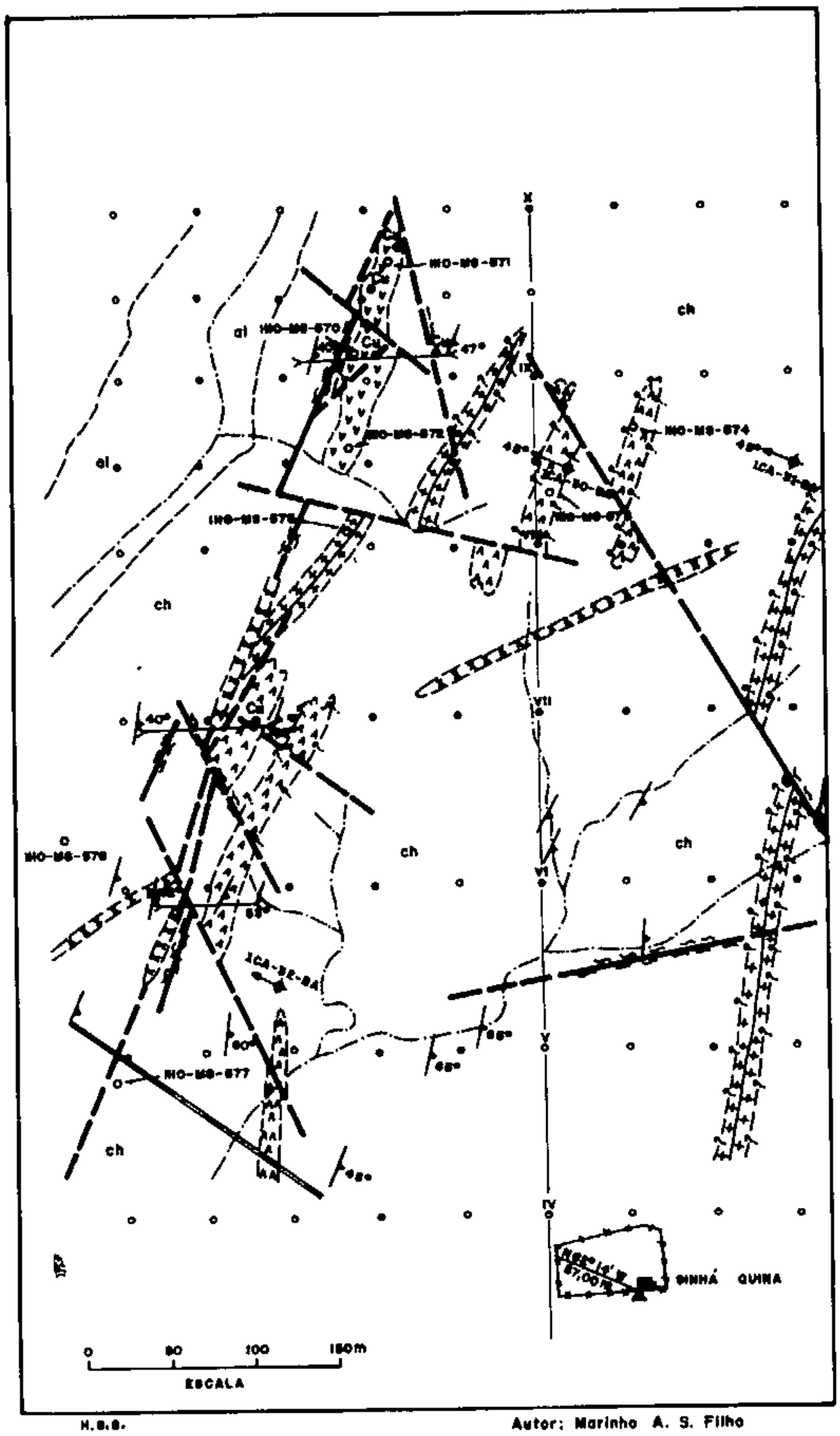
A mineralização oxidada é bastante fraca e restrita a filmes de malaquita preenchendo fraturas da rocha máfica e zonas cisalhadas relacionadas aos falhamentos.



PROJETO COBRE — CURAÇÁ

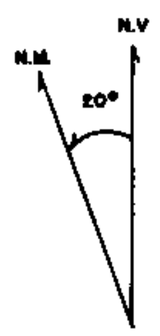
Figura 39-Mapa de distribuição geoquímica para cobre na ocorrência cuprífera de Murcho

CPRM



CONVENÇÕES

- al — Aluvião
- Veio de pegmatito
- Diopsidito
- Gabro – diorítico
- Diorito alterado hidrotermalmente
- ch — Charnoquito ácido
- Contato aproximado
- Contato suposto
- 42° — Atitude de foliação
- Falha observada
- Falha provável
- Zona de cisalhamento
- Cu — Ocorrência de minerais de cobre
- MO-MS-670 — Lâmina petrográfica
- Riacho
- Estrada
- Trincheira
- V — VI — Linha base
- Ponto de amostragem geoquímico
- 1CA-31-8A — 46° — Furo executado
- Marco DNPM x GSL nº 20



PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 40 - Mapa geológico da ocorrência cuprífera de Murcho

A mineralização de sulfetos já é observada em superfície correspondendo a fina disseminação de bornita e calcopirita em rochas gabro-dioríticas. Uma análise espectrográfica semi-quantitativa acusou para esta mineralização um teor de 0,5% Cu.

Os furos realizados sobre a integração dos dados de geologia, geoquímica e geofísica (polarização induzida) acusaram também fraca disseminação de pirita e calcopirita nas rochas charnockíticas e eventuais concentrações desses sulfetos em estreitos níveis de rochas calco-silicatadas. A pequena possança desses níveis mineralizados(1m a 2 m) e a irregularidade da distribuição dos sulfetos conferem a esta ocorrência um interesse puramente científico, sem nenhum valor econômico.

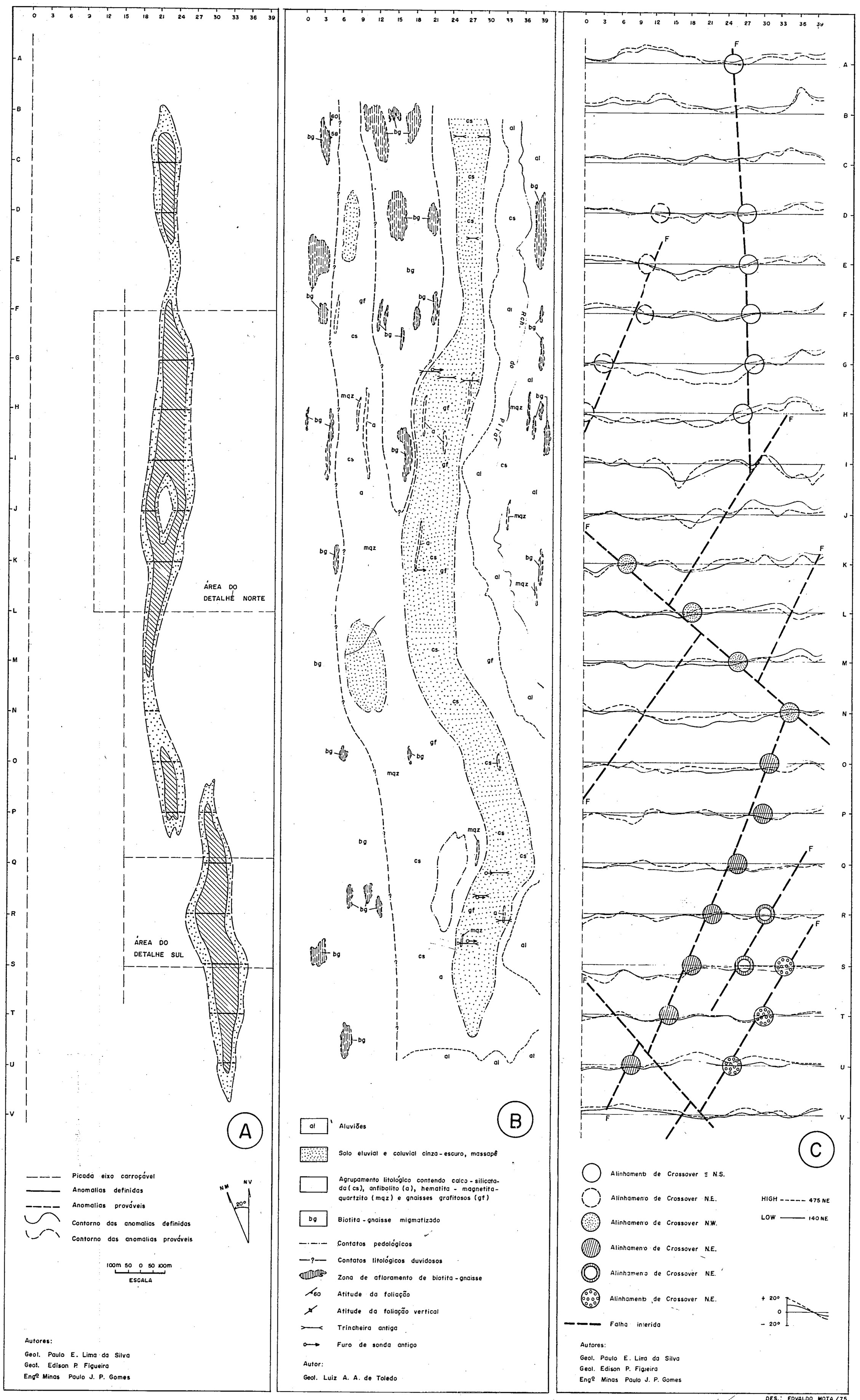
7.2.2. Pesquisa dos Alvos "S"

Alvo S-1

A área correspondente ao Alvo S-1 tem forma retangular medindo 4.200 m (N-S) por 1.000 m(E-W), tendo sido selecionada com base, principalmente, em anomalia de cobre solúvel dos sedimentos de corrente. As anomalias de Cu.t e Ni foram pouco significativas neste alvo.

Constatou-se, nesta área, uma descaracterização do perfil de solo, devido provavelmente a proximidade do riacho do Pilar, optando-se,por isso,pela execução de levantamentos geofísicos na fase de semi-detalhe, em substituição a prospecção geoquímica de solo residual.

O IP, arranjo Schlumberger modificado, mostrou um "trend" de anomalias na direção N-S,coincidente com um agrupamento litológico característico onde predo



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 41 - Mapas de contorno das anomalias de IP (A), geológico (B) e de perfis de AFNAG (C) do Alvo S-1

minam rochas calco-silicatadas, anfibolitos, magnetita - hematita quartzitos e gnaisses grafitosos, pertencentes a Unida de Bom Despacho.

Através da análise dos "crossovers" obtidos pelo AFMAG, delinearam-se os eixos de condução de direções NE, NW e um aproximadamente longitudinal, correspondendo aos alinhamentos de falhas.

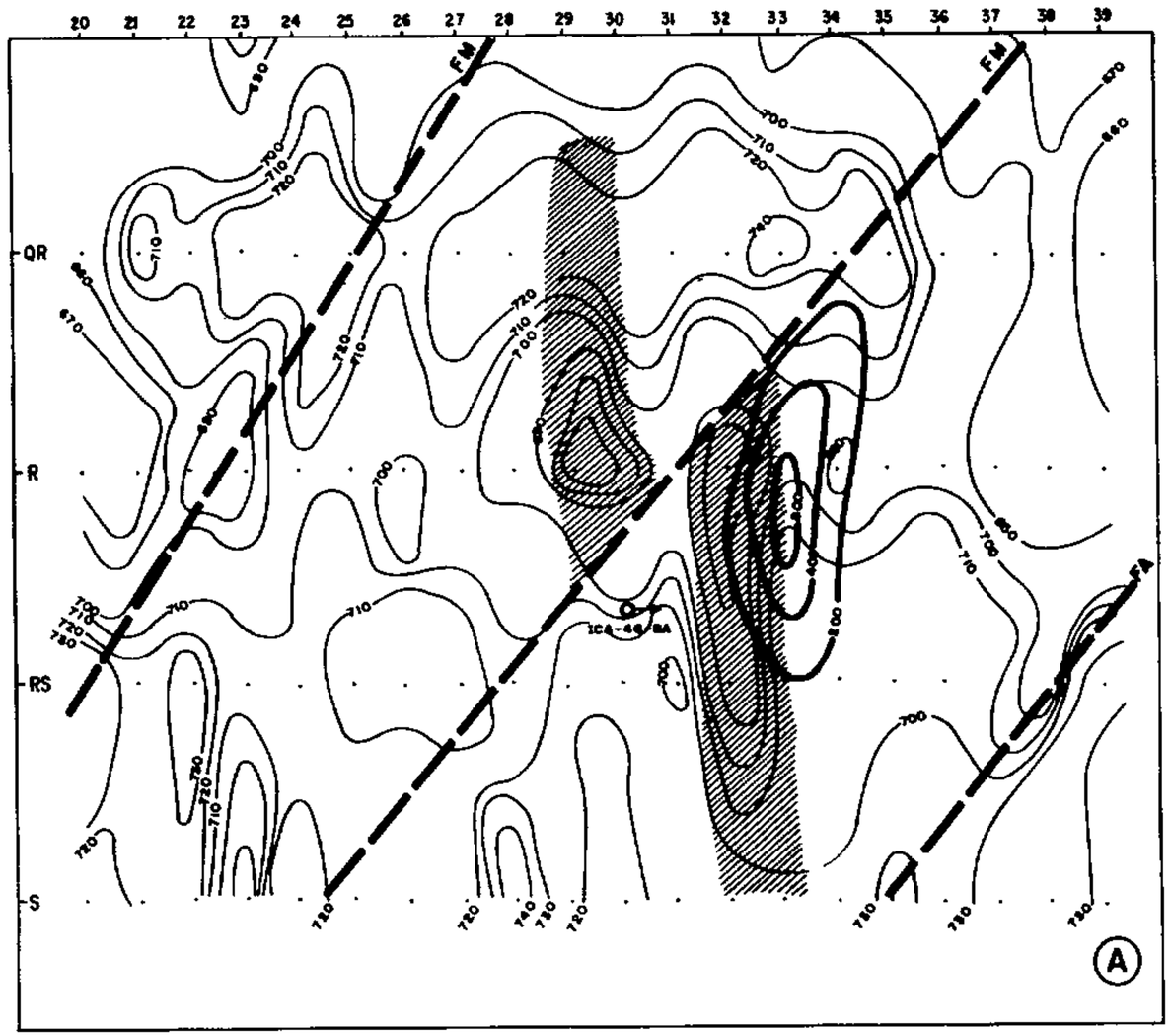
Da integração desses dados resultou a seleção de duas áreas para a pesquisa mais detalhada - Detalhe Norte e Detalhe Sul (fig. 41). Nestes detalhes foram desenvolvidos estudos de magnetometria, IP (arranjo dipolo-dipolo) e geoquímica de solo residual, neste caso, em amostras coletadas no horizonte C, devido aos deslocamentos constatados nos horizontes superiores.

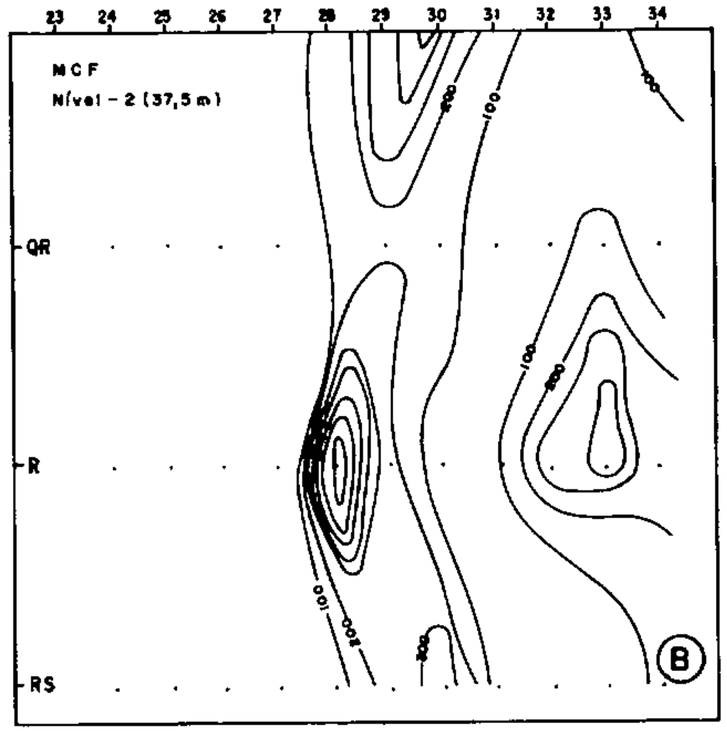
A polarização induzida revelou elevado "background" de PFE motivado pela presença de grafite, já constatada no mapeamento geológico, restringindo o poder de decisão deste método geofísico.

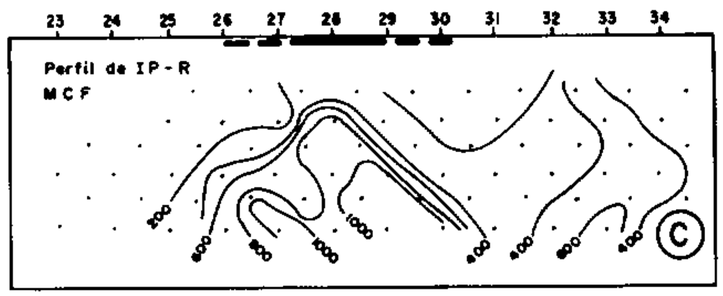
A magnetometria acusou em ambas as áreas, "baixos" magnéticos relacionados a prováveis corpos máficos-ultramáficos, de pequenas dimensões.

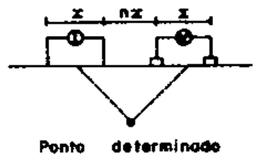
A prospecção geoquímica no Detalhe Sul assinalou para um "background" de 43 ppm Cu e um limiar de anomalias prováveis ($\mu + 2\sigma$) de 205 ppm Cu, uma concentração anômala com um máximo de 900 ppm Cu, mas com halo restrito de dispersão. No Detalhe Norte o nível ligeiramente anômalo de 100 ppm Cu, logo acima do limiar de anomalias possíveis ($\mu + 2\sigma$), se dispõe segundo um "trend" N-S seguindo a estrutura geológica, indicando assim, um nível de fraca concentração de cobre na rocha subjacente.

O único furo executado (1CA-46-BA) visou a investigação de um corpo bem delineado pela magnetome









X = 25m

ANOMALIAS DE IP

DEFINIDA

PROVÁVEL

DECLINAÇÃO MÉDIA

ESCALA

0 25 50 75 100 125m

1973

Contorno das curvas isogônicas

Curva de isoteor (200 ppm Cu)

Corpo interpretado pela magnetometria

FM — FALHA INFERIDA PELA MAGNETOMETRIA

FA — FALHA INFERIDA PELO AFNAG

45° ICA-46-BA — Furo de sonda executado

CPRM

PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 42 - Mapa de integração dos dados de prospecção (A) e contornos de fator de condução metálica (MCF) em planta (B) e em perfil (C) da área do detalhe sul do Alvo S-1.

tria na zona onde a geoquímica mostrou maior concentração de cobre no solo (fig 42). Atravessou-se 64,50 m de uma rocha quartzo-anfibolítica que passa em profundidade a rochas calco-silicatadas, ambas grafitosas, esta última contendo, eventualmente, rara disseminação de sulfetos (pirita e calcopirita) sem constituir nenhum corpo de minério de interesse econômico. Devido aos condicionamentos geológicos, geoquímicos e geofísicos, menos favoráveis em outros pontos da área, optou-se pela paralização dos trabalhos de pesquisa.

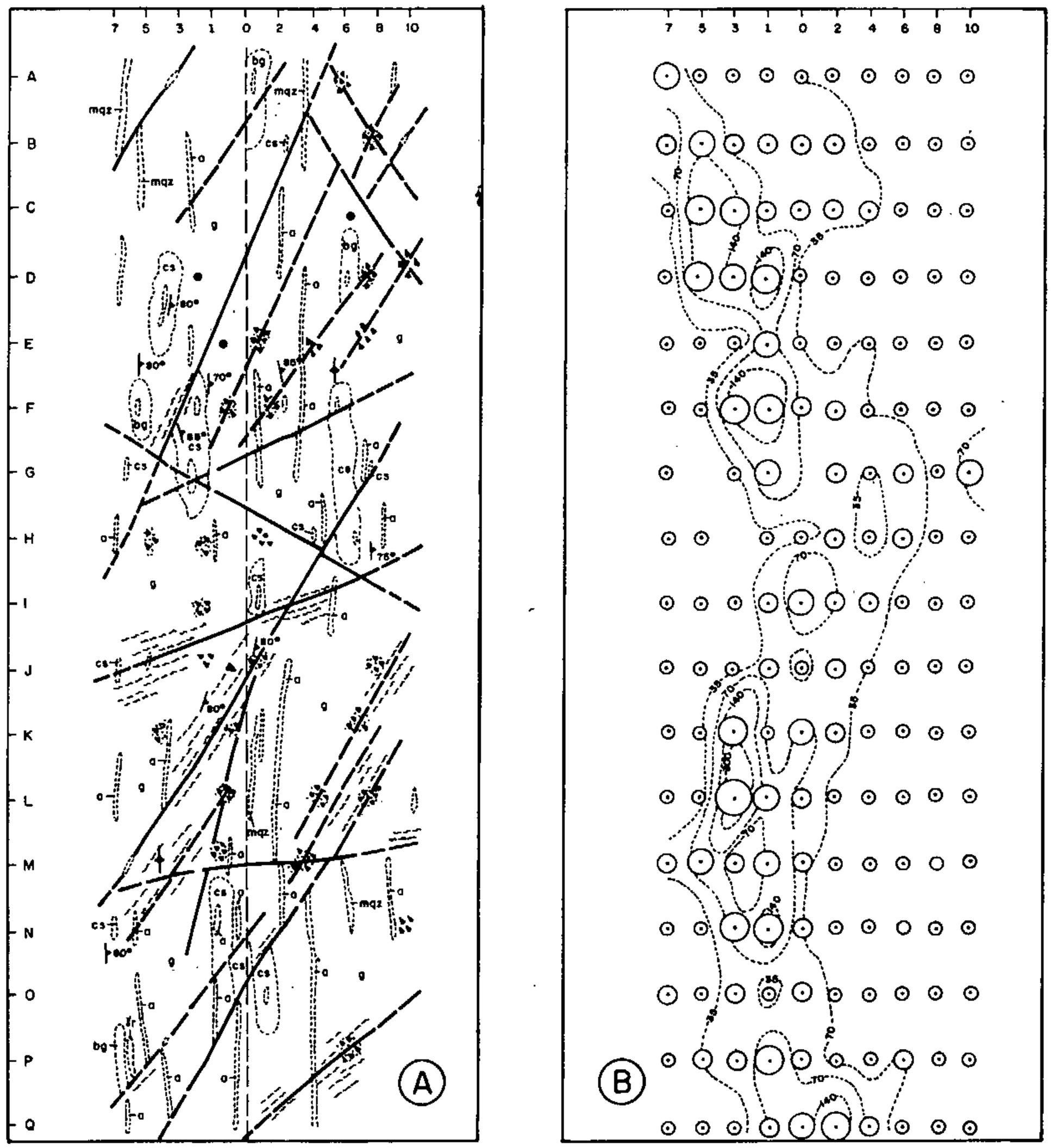
Alvo S-2

Constitui uma área de 3.200 m (N-S) por 900 m (E-W) selecionada por uma anomalia significativa de Cu.t, Cu.ex e Ni, nos sedimentos de corrente.

A amostragem de solo residual foi realizada no horizonte B segundo uma malha de (200 x 100) m. Para um "background" de 35 ppm Cu e limiares de anomalias prováveis ($\mu + 2\sigma$) de 158 ppm Cu e seguras ($\mu + 3\sigma$) de 342 ppm Cu, constatou-se que 11 amostras registraram valores entre ($\mu + 2\sigma$) e ($\mu + 3\sigma$). Os teores mais elevados (570, 240, 220, 190 e 160) ppm Cu estão estreitamente relacionados a zonas fraturadas e milonitizadas, superimpostas a rochas calco-silicatadas com intercalações anfibolíticas.

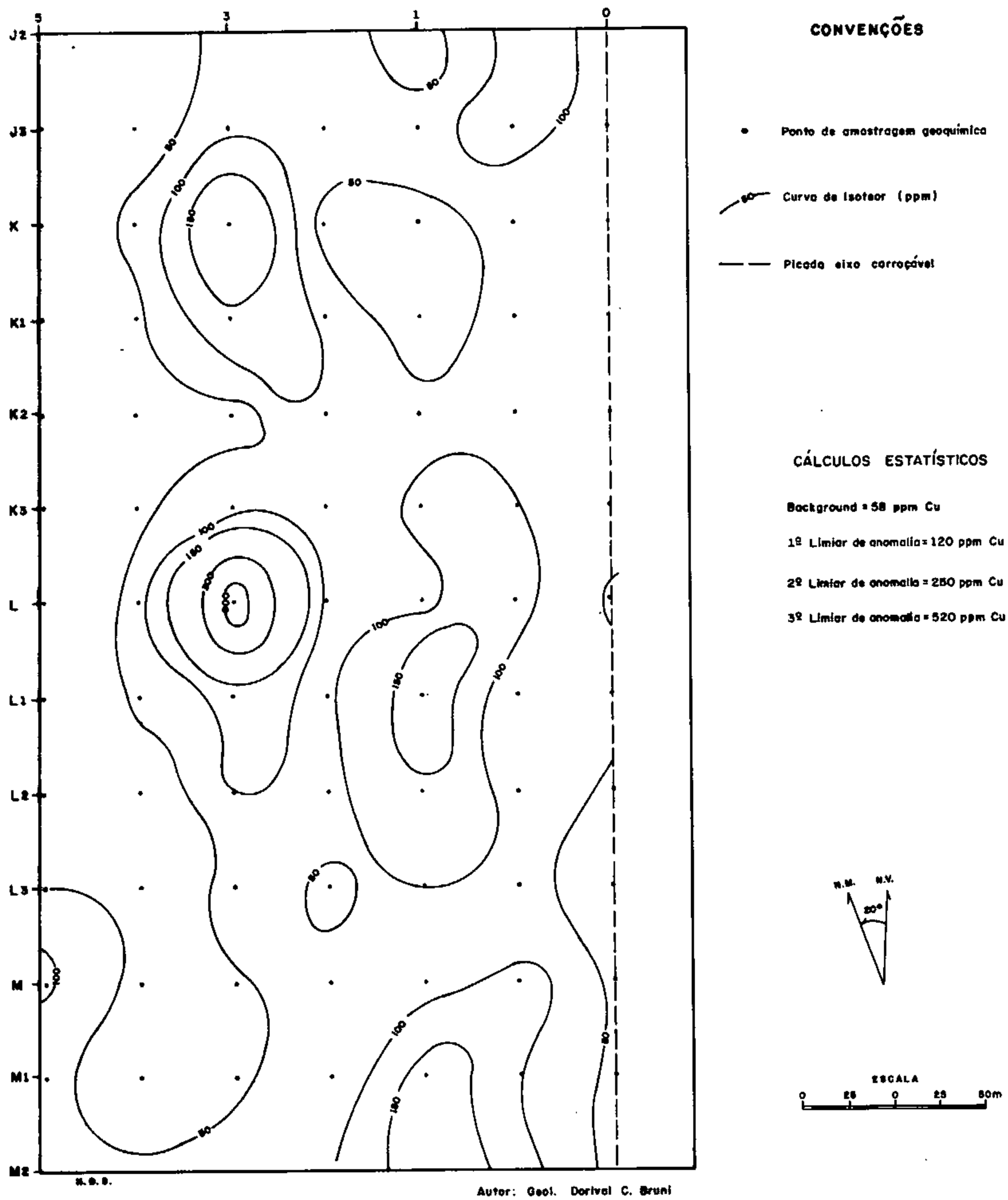
Geologicamente domina na área os metassedimentos da Unidade Bom Despacho neste sítio representados por calco-silicatadas, quartzitos, biotita-granada gnaisse, anfibólio-gnaisse, etc, com extensivas intercalações anfibolíticas (fig. 43).

Com base neste levantamento selecionou-se uma faixa de (600 x 200) m, correspondente a principal concentração anômala, para estudos detalhados. Esta zona



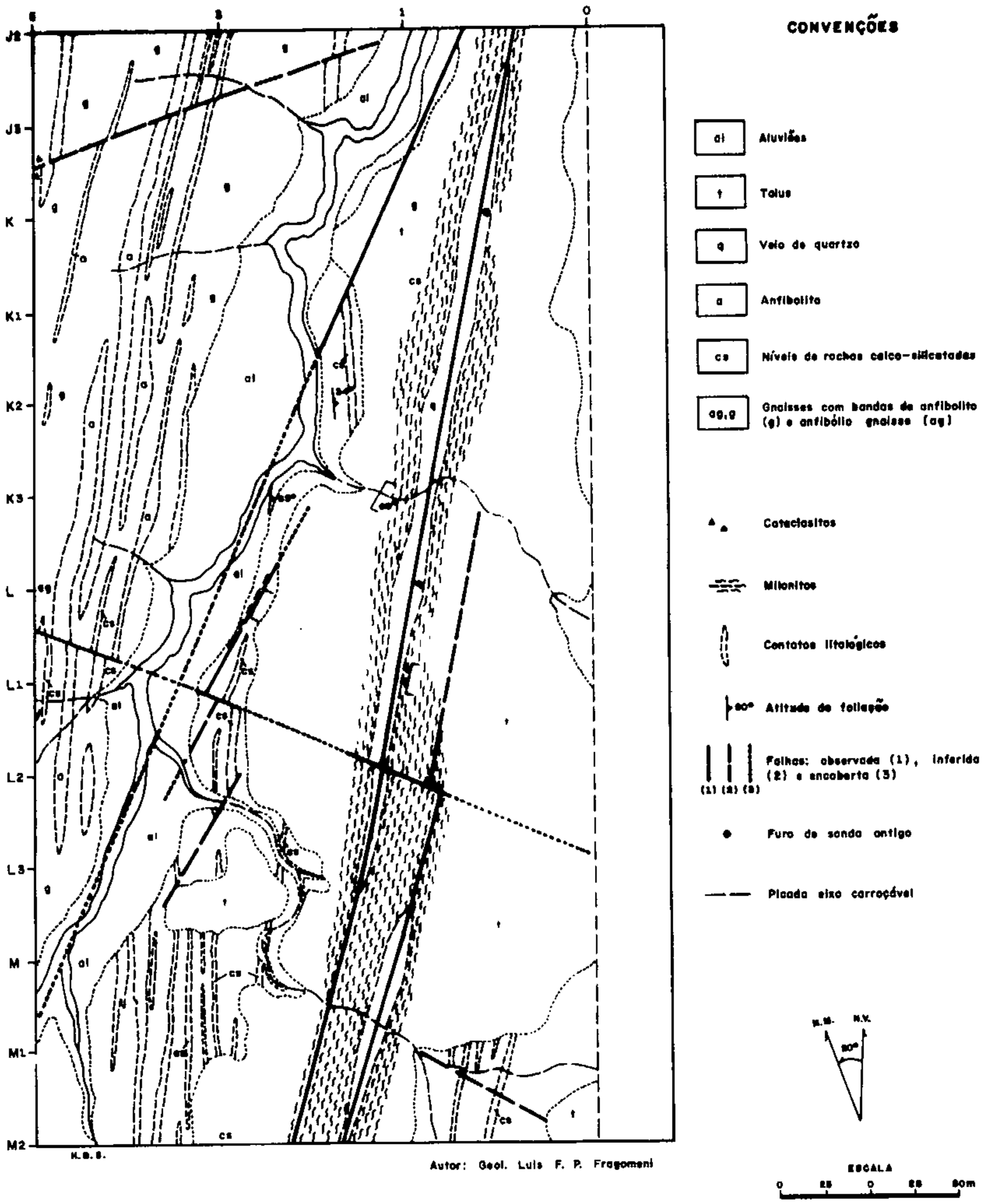
PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 43- Esboço geológico (A) e distribuição geoquímica para cobre (B) do Alvo S-2



PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 44 - Mapa de distribuição geoquímica para cobre da área de detalhe do Alvo S-2



PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 45 - Mapa geológico da área de detalhe do Alvo S-2

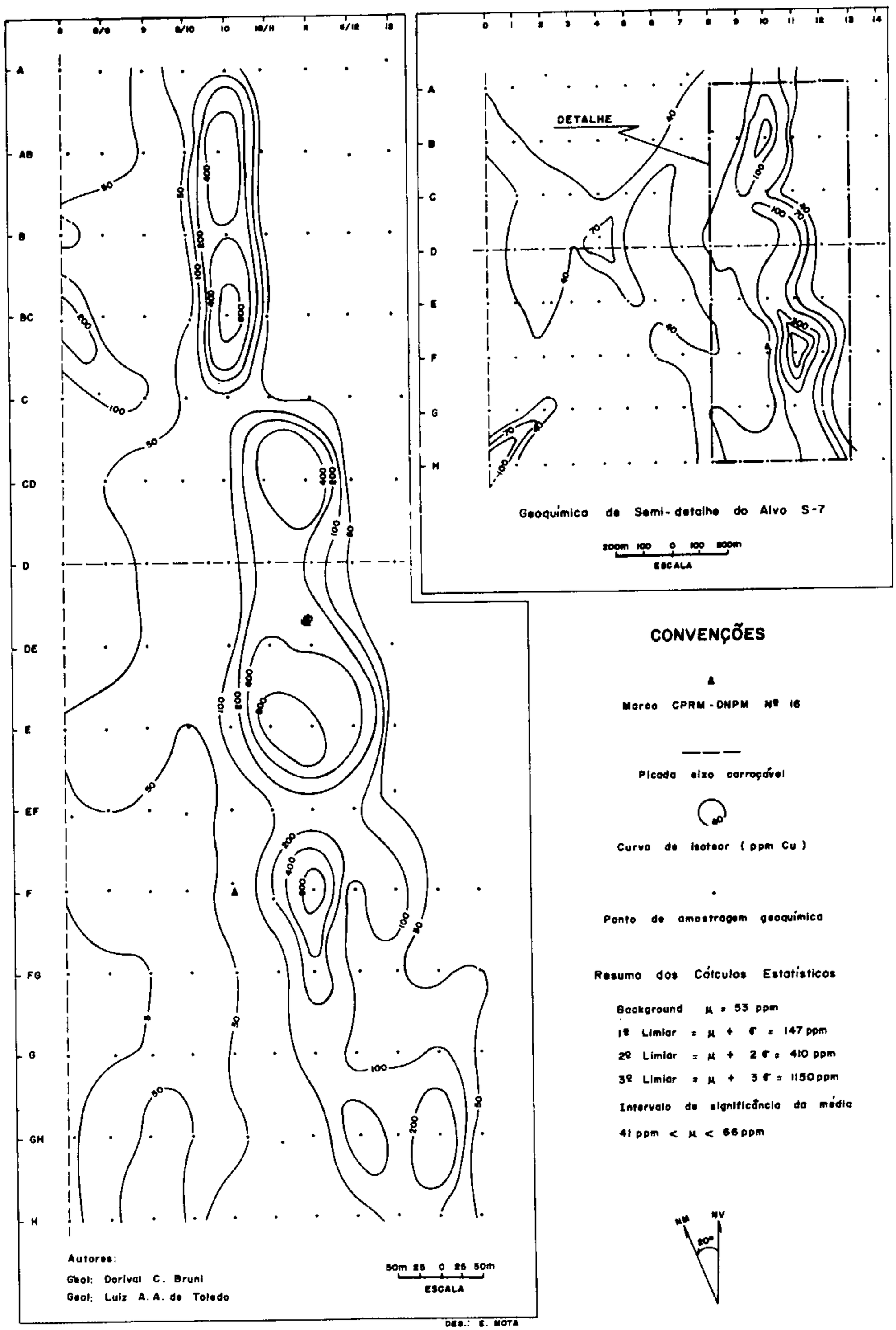
foi reamostrada segundo uma malha de (50 x 50) m tendo-se registrado para um "background" local de 58 ppm Cu e um limiar de anomalias prováveis ($\mu + 2\sigma$) de 250 ppm Cu, um nível anômalo de 150 ppm Cu distribuído segundo um raio de 50 m, incluindo um pico máximo de 570 ppm Cu (fig. 44). Estes dados demonstraram que a concentração registrada não é significativa, além do mais por se localizar em zona intensamente fraturada, milonitizada, propícia a maior mobilização e concentração de cobre sob condicionantes físico-químicos locais.

Os corpos anfibolíticos mapeados(fig. 45) onde deveria ocorrer a mineralização cuprífera não mostraram nenhuma concentração anômala no solo, concluindo-se pelo desinteresse prospectivo da área do Alvo S-2.

Alvo S-7

Constitui uma área de 1.500 m (E-W) por 1.400 m (N-S) selecionada por uma anomalia altamente significativa de Cu.t, Cu.ex e Ni(fig. 46).

A prospecção geoquímica de semi-detalhe em malha de (200 x 100) m,com amostras coletadas no horizonte B do solo residual,revelou uma significativa faixa de concentração de cobre em nível anômalo, restringindo a área de detalhe para 1.400 m (N-S) por 500 m (E-W), reamostrada segundo uma malha de (100 x 50) m. Para um "background" local de 53 ppm Cu e um limiar de anomalias prováveis ($\mu + 2\sigma$) de 410 ppm, registraram-se oito estações com teores anômalos acima deste patamar em uma população computada com amplitude de 1.400 ppm Cu. Ficaram muito bem caracterizadas as concentrações de cobre, no solo, em níveis anômalos,mais ou menos amplos e contínuos,dispostos segundo um "trend" nor - noroeste, concordantemente às estruturas geológicas.



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 46 - Distribuição geoquímica para cobre na área de detalhe do Alvo S-7

A área situa-se dentro dos metassedimentos da Unidade Bom Despacho, neste sítio caracterizados pela presença de rochas calco-silicatadas, anfibolitos, gnaisses granatíferos máficos, gnaisses félsicos grafitosos e subordinadamente, magnetita-hematita quartzitos, orientados segundo a direção N-S. Associados a esse agrupamento litológico constataram-se blocos de serpentinito, piroxenito, gabro, leucodiorito, às vezes relacionados a coberturas de solos "massapês".

Disseminações de sulfetos (calcopirita e bornita) em fragmentos de quartzo-anfibolito e manifestações de oxidados de cobre em zonas biotitíticas, completam o quadro geológico favorável a prospecção de cobre.

Fundamentado na anomalia geoquímica, altamente significativa, e nas observações geológicas, sugere-se o prolongamento dos trabalhos de pesquisa nesta área através da abertura de trincheiras, mapeamento geológico de detalhe, IP (arranjo dipolo-dipolo), magnetometria e sondagem prospectiva, visando a possibilidade de uma mineralização importante de cobre nos metassedimentos da Unidade Bom Despacho, amplamente distribuídos no vale do Curaçá.

Alvo S-12

Constitui uma área de 3.400 m (N-S) por 1.000 m (E-W) selecionada com base em anomalias estatísticas de Cu.t, Cu.ex e Ni, nos sedimentos de corrente.

A geoquímica de semi-detalhe do solo residual em malha de (200 x 100) m caracterizou duas faixas anômalas significativas (Detalhes Norte e Sul). Na população amostrada foi determinado um "background" regional de 10 ppm Cu enquanto os primeiros ($\mu + \sigma$) segundo ($\mu + 2\sigma$) e terceiro

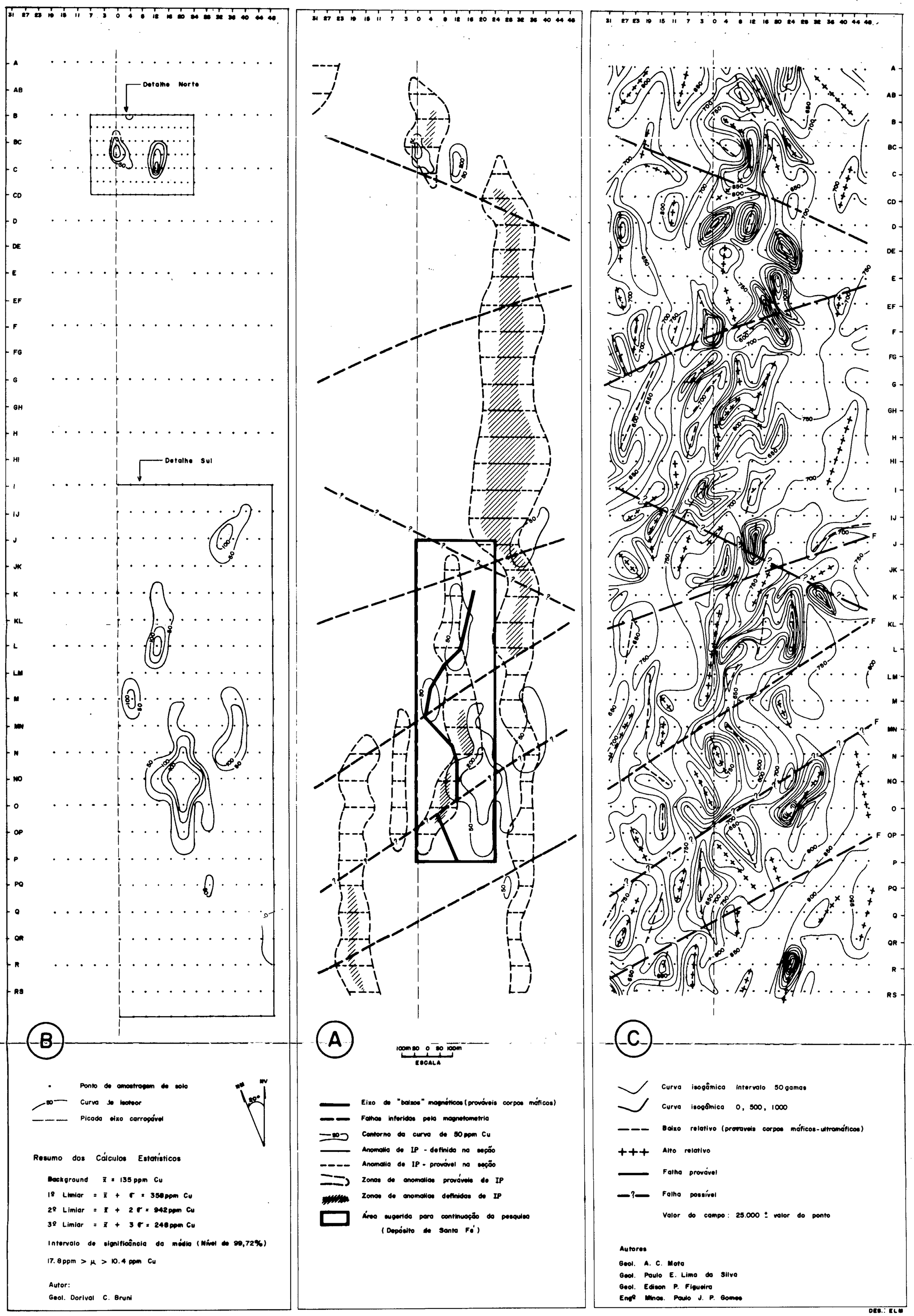
($\mu + 3\sigma$) limiares de anomalias situaram-se na faixa de 22,5 ppm Cu, 50,5 ppm Cu e 113,3 ppm Cu, respectivamente. Seis amostras assinalaram teôres acima do segundo patamar enquanto quatro ultrapassaram o terceiro patamar.

O Detalhe Norte, envolvendo uma área de 300 m (N-S) por 400 m (E-W), foi reamostrado em malha de (50 x 25) m, enquanto no Detalhe Sul a reamostragem em malha de (100 x 50) m englobou uma área de 2.000 m (N-S) por 600 m (E-W). Para esta população geoquímica registraram-se valores de "background" de 13,5 ppm Cu e limiares: ($\mu + \sigma = 35,8$ ppm), ($\mu + 2\sigma = 94,2$ ppm) e ($\mu + 3\sigma = 248$ ppm) de cobre. Foram confirmadas, ao norte, concentrações de 320, 600 e até 1.800 ppm Cu na cobertura residual de "manchas" de biotitito com impregnação de malaquita, enquanto no sul, concentrações de 770, 710, 520, 490, 270 e 180 ppm Cu foram detectadas no solo derivado de rochas quartzo-feldspáticas com extensas intercalações anfibolíticas (fig. 47):

Pelas observações geológicas constatou-se uma predominância, na área, de rochas ácidas com amplas zonas porfiroblásticas, metassomáticas e faixas de granito róseo anatético. No seio desse conjunto ocorre biotita gnaisse migmatítico, às vêzes nebulítico, e extensas e repetidas intercalações anfibolíticas, alongadas segundo a direção N-S, concordantemente a estrutura regional, secundariamente perturbada por uma tectônica de quebramento intensa.

A prospecção geofísica em semi - detalhe foi empreendida em toda a área, em função das poucas evidências geológicas, mascaradas pela granitização e tectônica.

Através dos trabalhos de magnetometria separaram-se as zonas de "contato" de rochas de propriedades magnéticas distintas e individualizaram-se os falhamentos, confirmados em sua grande maioria, tanto pela geologia



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 47 - Mapas de integração dos dados de prospecção (A), geoquímica (B) e intensidade magnética total (C), do Alvo S-12 (Santa Fé)

oomo pelos resultados de AFMAG. Identificaram-se 13 "baixos" relativos possivelmente relacionados a corpos máficos - ultramáficos e pertencentes, a julgar pela continuidade e distribuição, a alguns poucos corpos geológicos, estratiformes, contínuos originalmente.

Através de IP (arranjo polo - dipolo) foram caracterizadas duas zonas significativamente anômalas e coincidentes com as anomalias geoquímicas e magnéticas. Os valores de PFE e MCF, embora de baixa magnitude, devido a granitização da área, apresentaram elevado contraste, caracterizando muito bem as anomalias, melhor delineadas nas seções B e BC do Detalhe Norte e nas seções MN a O do Detalhe Sul. Outras zonas de anomalias de IP, configuradas no levantamento, se acham provavelmente relacionadas ou a falhamentos longitudinais (não comprovados pelo AFMAG) ou a unidades litológicas mais condutivas que o bloco de alta resistividade que engloba as duas anomalias significativas relatadas.

A integração dos dados de prospecção mostrou, entretanto, que no Detalhe Norte as anomalias de IP e geoquímica não são representativas de mineralizações de interesse econômico pelo que se deduz da pequena dimensão da área, do restrito halo de dispersão geoquímica, da ausência de anomalia magnética e das evidências de falhamentos no local.

Contudo, o panorama modifica-se totalmente para o Detalhe Sul, caracterizado por anomalias geoquímicas significativas, presença de corpos magnéticos relativamente extensos e indicações de anomalias de IP bem evidentes em pelo menos quatro seções. A confirmação de mineralização de sulfetos com teores de cobre de até 2,0% Cu, por sondagens realizadas pela Caraíba Metais, neste local, conforme relatórios de técnicos do DNPM, demonstra o interesse pros

pectivo da área delineada por métodos indiretos de prospecção e que vem a constituir-se em mais um depósito de cobre no vale do Curaçá, que se denominou de depósito de Santa Fé.

Julga-se conveniente a investigação detalhada desta área através de trincheiras, mapeamento de detalhe, etc, antes da execução do programa de sondagens visando a avaliação do depósito em vista, tendo-se a preocupação de analisar a influência da granitização como um processo de concentração da mineralização sulfetada, ao que tudo indica, constituindo um controle determinante da mineralização deste depósito.

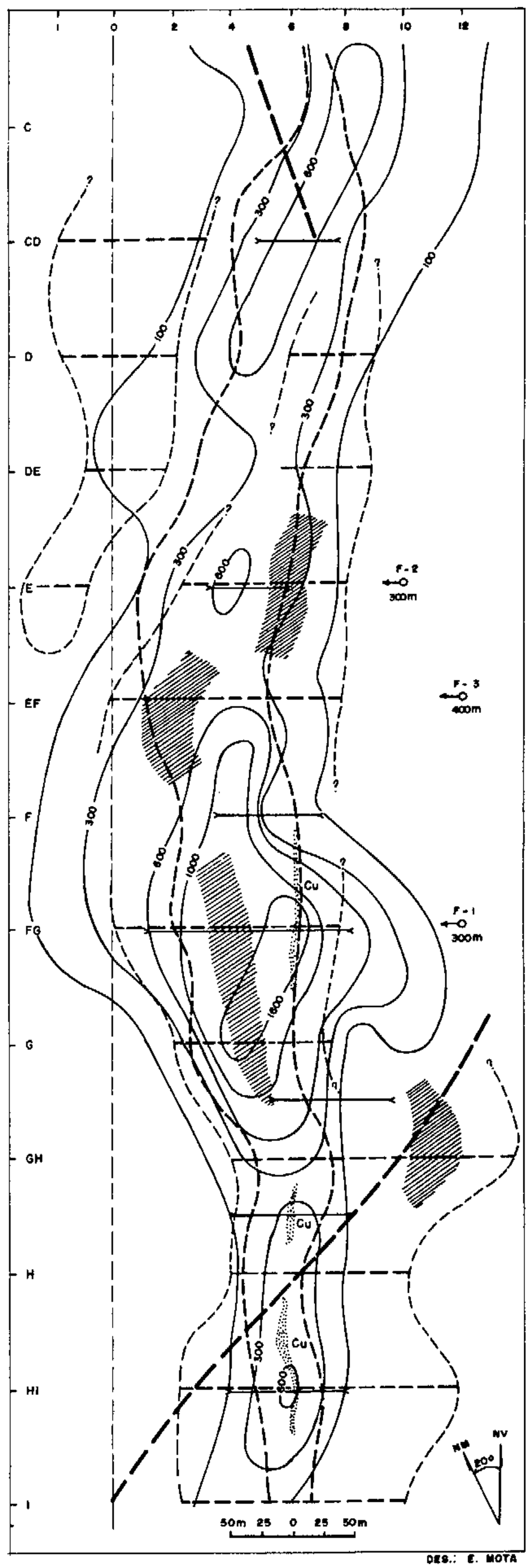
Alvo S-29

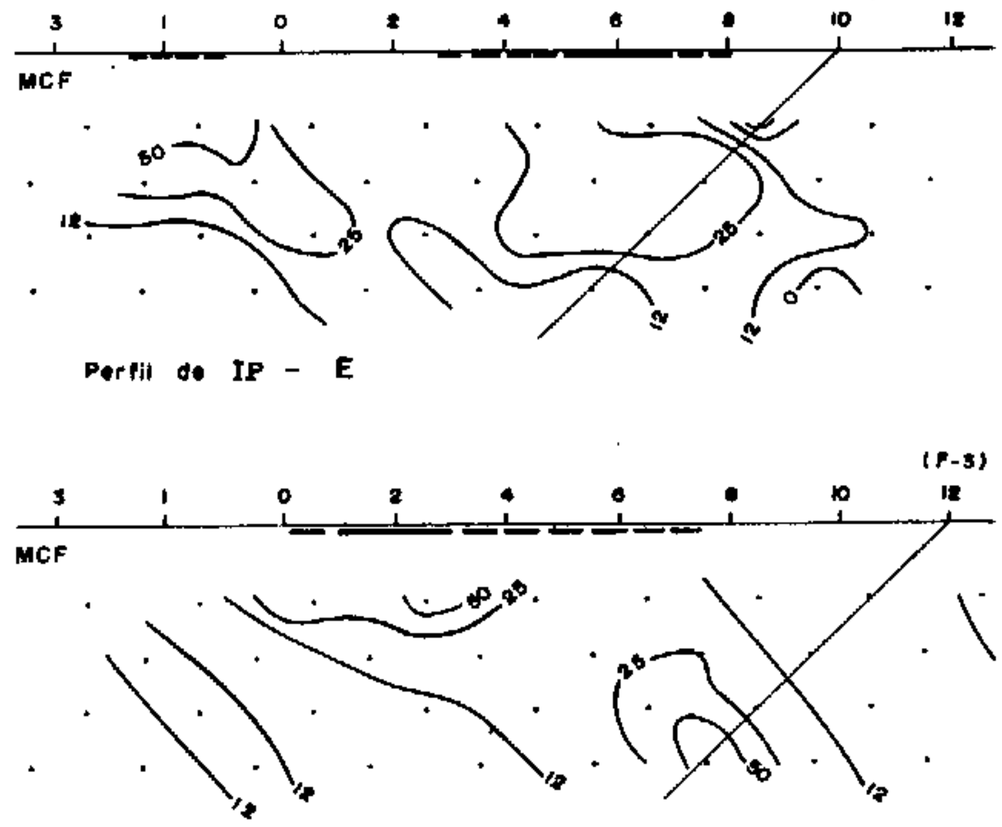
Constitui uma área de 1.600 m (N-S) por 800 m (E-W) selecionada por anomalias significativas de Cu.t, Cu.ex e Ni, em sedimentos de corrente.

A amostragem geoquímica de solo residual, foi executada inicialmente segundo a malha (200 x 100) m e detalhada após a caracterização da zona de anomalia para (100 x 50) m. Os resultados obtidos revelaram-se altamente significativos tendo sido caracterizada uma extensa zona anômala, alongada na direção N-S, correspondendo a um corpo de anfibolito com níveis alterados para biotitito, impregnado com malaquita.

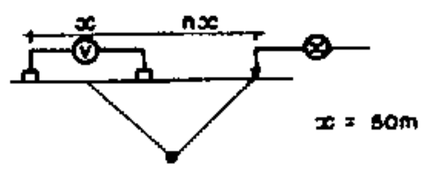
Para um "background" de 73 ppm Cu e um limiar de anomalias prováveis ($\mu + 2\sigma$) de 930 ppm Cu, evidenciaram-se oito pontos com teores anômalos superiores a este patamar.

Devido a extensão relativamente grande do corpo de anfibolito, executou-se um levantamento de IP em nível de semi-detalhe (arranjo polo-dipolo) visando uma





CONFIGURAÇÃO DOS ELETRODOS



Ponto determinado

Anomalia definida de IP

Anomalia provável de IP

Furo projetado

CONVENÇÕES

Contorno do corpo de anfibolito

Cu — Zona de impregnação de oxidados de cobre

Curva de 300 ppm de cobre no solo

Contorno da zona de anomalia de IP (delimitação de rochas máficas com fraca disseminação de sulfeto ?)

Contorno da zona de anomalia definida de IP

Falha inferida pelo IP

Trincheira

F-1 300m — Furo projetado

Picada eixo carroçável

Autores:

Geol. Luiz A. A. de Toledo

Geol. Dorival C. Bruni

Geol. Paulo E. Lima da Silva

PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 48 – Mapa de integração dos dados de prospecção do Alvo S-29 (Suçuarana)

seleção prévia da zona do corpo mais interessante, constatando-se uma aproximação excelente dos resultados dos dois métodos indiretos, pela coincidência entre a anomalia geoquímica mais significativa (Seções EF, F, FG, G e GM) e as anomalias de IP melhor definidas (Seções E, EF, F, FG e G).

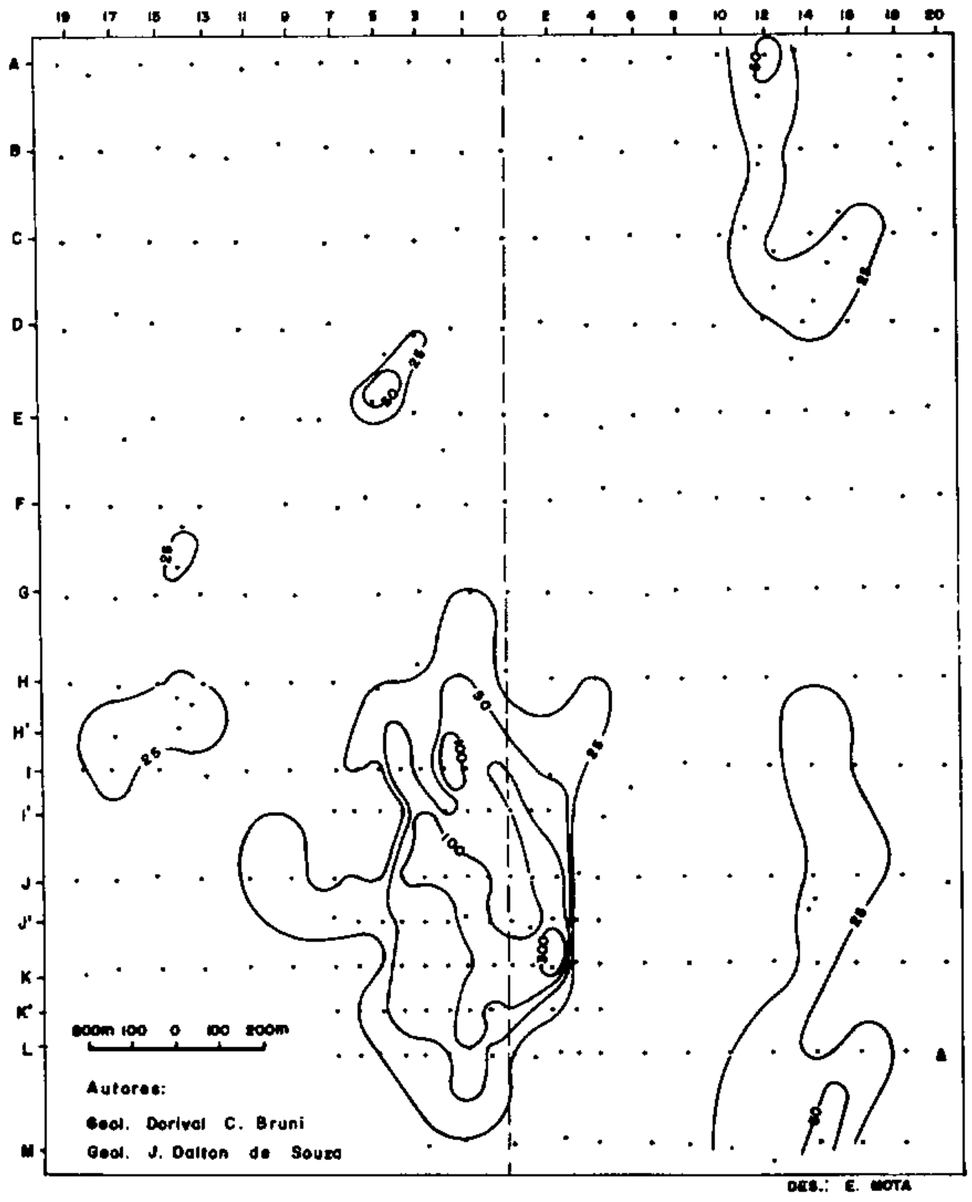
Apesar da natureza da rocha máfica-ultramáfica e da tímida manifestação dos oxidados, restritos a estreitos níveis biotitíticos, julga-se necessário a investigação desse alvo por sondagem prospectiva. Mesmo que a mineralização de sulfetos apresente baixos teores de cobre, como é de se esperar em função das evidências de superfície; devido a extensão relativamente grande do corpo anfibolítico, ela poderá constituir um depósito economicamente viável.

Alvo S-40

Constitui uma área de 2.500 m (N-S) por 2.000 m (E-W) selecionada por anomalias de Cu.t e Cu.ex, nos sedimentos de corrente.

Foi amostrada no horizonte B do solo segundo a malha de (200 x 100) m reduzida para (100 x 50) m na zona de cobertura do solo "massapê" do corpo de Pau Ferro (fig. 49 e 50). Sobre essa"mancha" foi detectada uma faixa anômala muito significativa em termos regionais. Para um "background" de 19 ppm Cu e um limiar de anomalias prováveis ($\mu + 2\sigma$) de 93,7 ppm Cu, registrou-se a um nível de 100 ppm Cu uma área anômala medindo 200 m (E-W) por 500 m (N-S).

Pelo mapeamento geológico foram identificados diversos corpos de anfibolito normalmente estreitos (40 m de largura máxima), mas bastante contínuos, intercalados numa sequência de gnaisses do facies granulítico.Cor



CONVENÇÕES

▲ Marco CPRM-DNPM Nº 5

Picada eixo carroçável

Curva de isoteor (ppm Cu)

Ponto de amostragem geoquímica

Resumo dos Cálculos Estatísticos

Background μ = 19 ppm

1º Limiar = $\mu + \sigma$ = 42 ppm

2º Limiar = $\mu + 2\sigma$ = 93 ppm

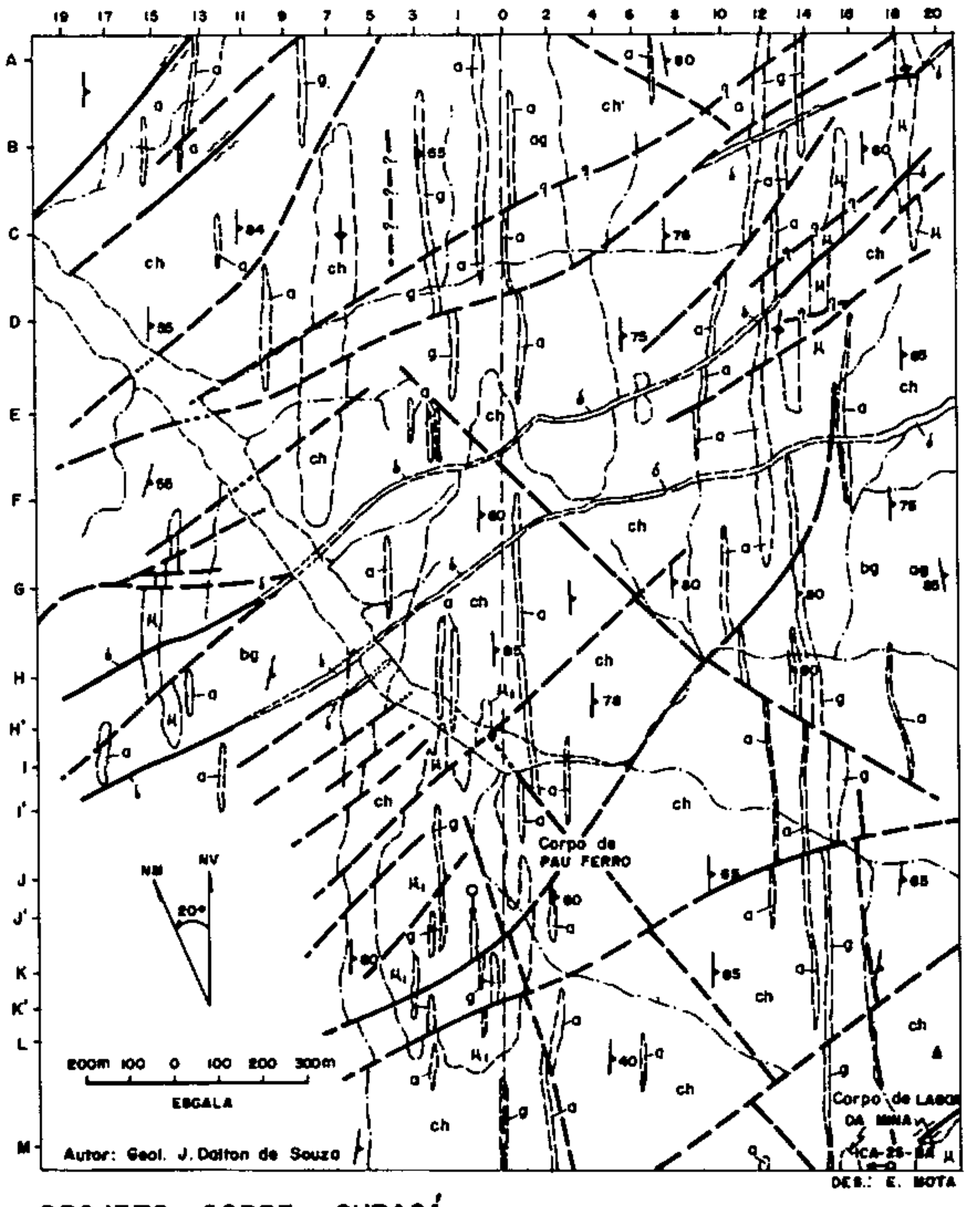
3º Limiar = $\mu + 3\sigma$ = 172 ppm

Intervalo de significância da média

16.9 ppm < μ < 21.6 ppm

PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 49 - Distribuição geoquímica para cobre do Alvo S-40



CONVENÇÕES

- al — Aluvião
- δ — Dique de diabásio
- μ / μ1 — Complexo máfico μ (gabros, dioritos e anfibolitos; μ1 (granulitos charnoquitos básicos grosseiros)
- a — Anfibolitos
- g — Granulitos félsicos
- bg / bag / ag — Granulitos diversos: biotita gnaisse (bg), biotita-anfibólio-gnaisse (bag) e anfibólio-gnaisse (ag).
- ch — Gnaisses charnoquíticos intermediários e ácidos.
- (1) (2) (3) — Contato: definido (1), aproximado (2) e transicional (3)
- (1) (2) (3) (4) — Falha: definida (1) aproximada (2), conjectural (3) e encoberta (4)
- 70 — Direção e mergulho da foliação
- Direção da foliação vertical
- Ocorrência de cobre
- Zona de cisalhamento
- Marco CPRM – DNPM Nº 5

PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 50 - Mapa geológico do Alvo S-40

pos máficos de natureza gabróide (gabros, dioritos, granulitos charnockíticos básicos) medindo, em geral (600 x 50) m, exceção do corpo de Pau Ferro que tem (800 x 300) m, foram identificados no mapeamento.

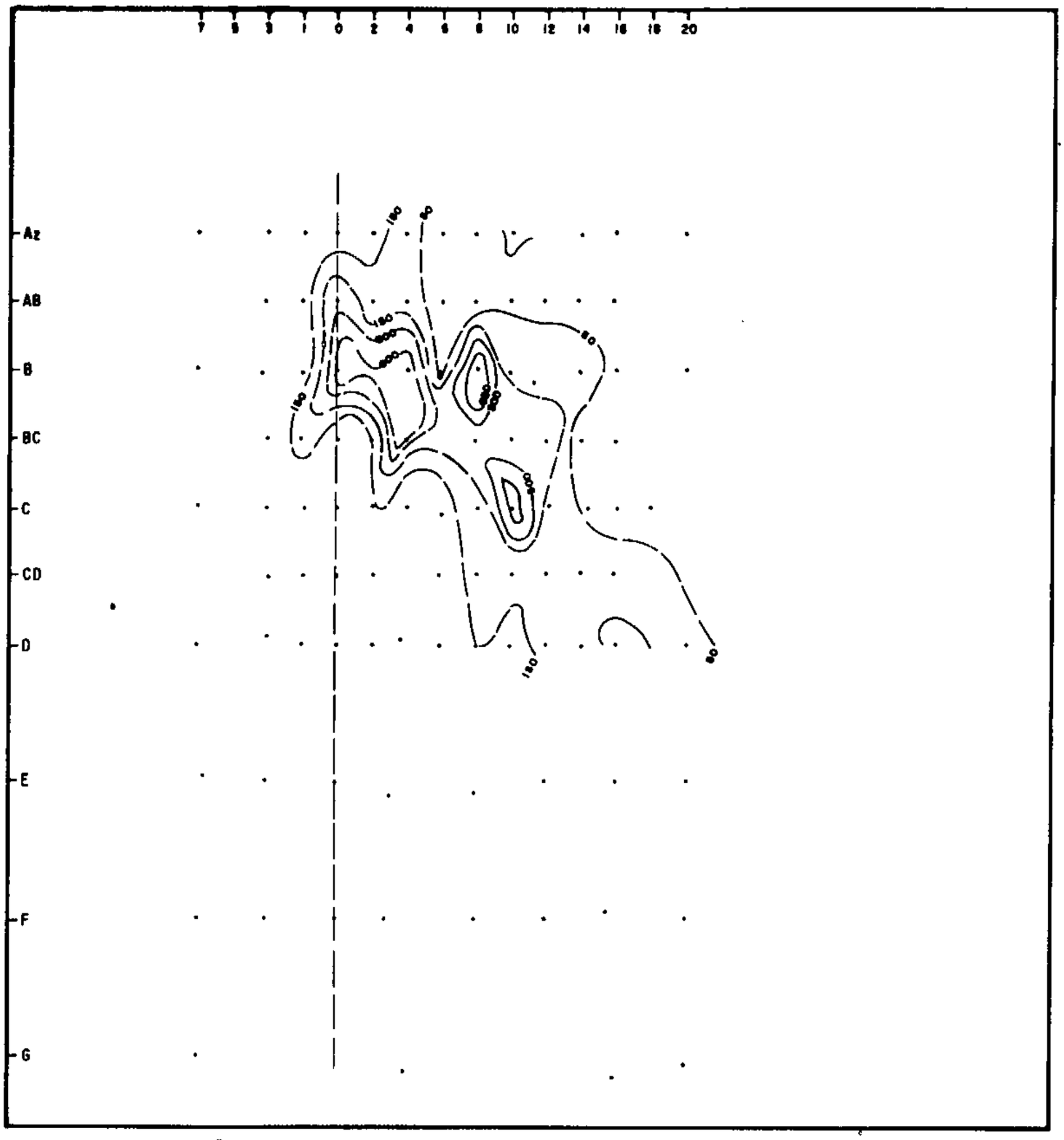
O corpo mais expressivo da área, denominado corpo de Pau Ferro, é constituído dominantemente, por granulito charnockítico básico de grã grosseira, devido ao desenvolvimento metassomático de feldspatos (tipo andesina) e contém uma disseminação extremamente regular de grãos de calcopirita.

Com as modernas técnicas de aproveitamento de cobre de baixo teor é possível que a mineralização do corpo de Pau Ferro torne-se significativa, dado o grande volume de rocha mineralizada. Há ainda a possibilidade de concentração de sulfetos em zonas tectonicamente preparadas e insta-se para que a pesquisa seja prolongada nesta área através de polarização induzida, trincheiras e sondagem prospectiva.

Alvo S-41

Compreende uma faixa de 1.200 m(N-S) por 700 m (E-W) selecionada por anomalia geoquímica para Cu.t e Cu.ex, em sedimentos de corrente.

A geoquímica de semi-detalhe em solo residual (malha de 200 m x 100 m) revelou uma zona anômala significativa em termos regionais com valor máximo de 1.000 ppm Cu para um "background" da ordem de 38 ppm Cu. Esta zona foi reamostrada em malha de (100 x 50) m confirmando-se a anomalia delineada na primeira fase mas com eixo de dispersão alinhado segundo a direção NW, coincidindo com uma falha interpretada pela magnetometria (fig. 51 e 52). Este método



CONVENÇÕES

- ▲ Marco CPRM - DNPM Nº 22
- — — Picada eixo carraçável
- • Ponto de amostragem geoquímica
- (80) Curva de isoteor (ppm Cu)

Resumo dos Cálculos Estatísticos

"Background" $\bar{x}$ = 38 ppm Cu
1º Limiar: $\bar{x} + \sigma$ = 108 ppm Cu
2º Limiar: $\bar{x} + \sigma$ = 305 ppm Cu
3º Limiar: $\bar{x} + \sigma$ = 860 ppm Cu
$25 < \bar{x} < 58$ ppm

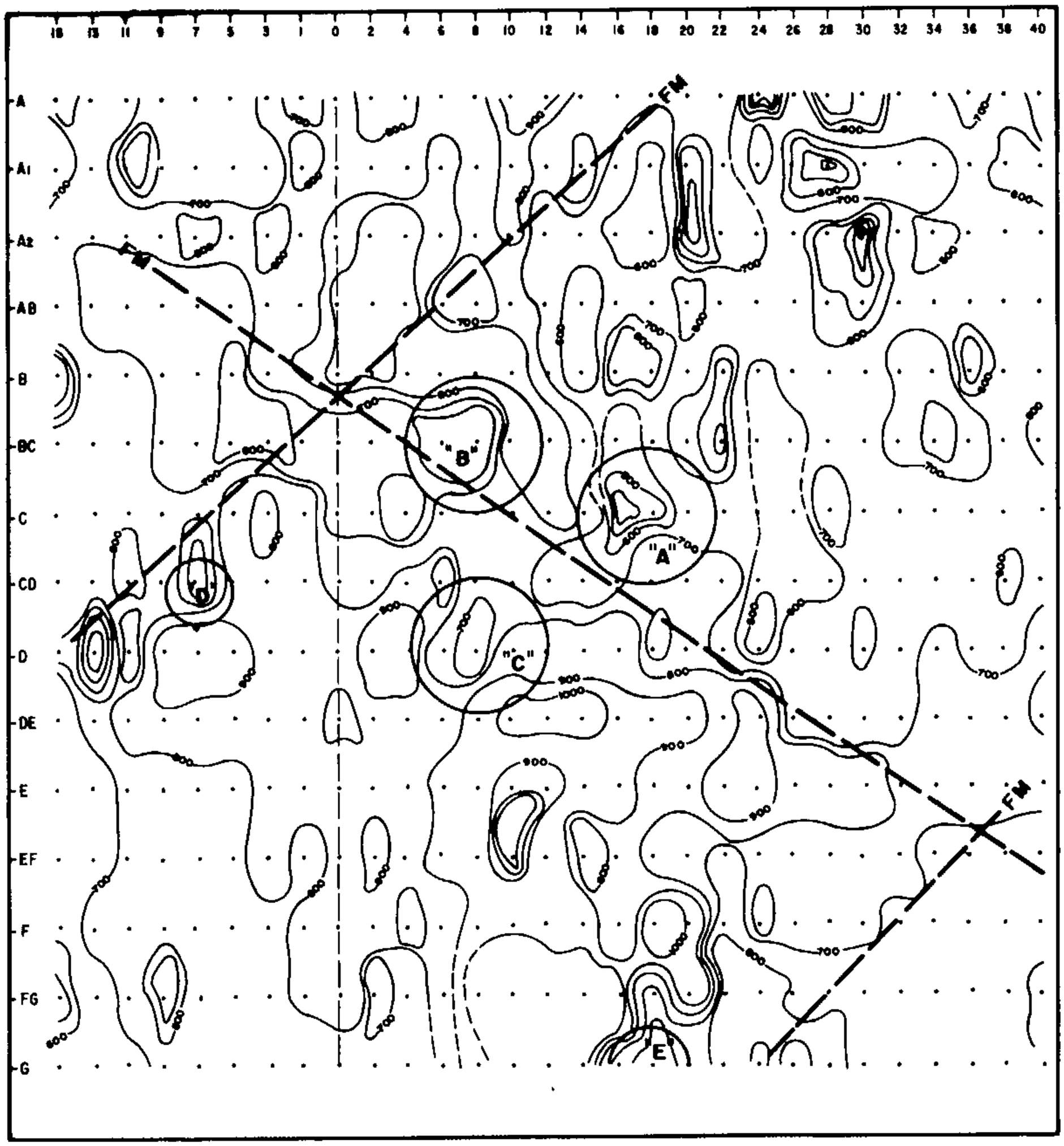
Autor:
Geól. - Indcio M. Delgado
Geol. - Luis A. A. de Toledo

ESCALA
75m 50 25 0 25 50 75m

NM NV
DECLINAÇÃO MÉDIA

PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 51 - Mapa de distribuição geoquímica para cobre do Alvo S-41



Picada eixo carroçável

Curva isogâmica a intervalo de 100 gamas.

Falha interpretada

"Baixos" magnéticos relacionados as prováveis corpos máficos.

Autores:
Antonio C. Motta
Paulo E. Lima da Silva
Edison Pinto Figueira
Paulo J. Pereira Gomes

ESCALA

75m 50 25 0 25 50 75m

NM NV

DECLINAÇÃO MÉDIA

PROJETO COBRE – CURAÇÁ

Figura 52 – Mapa de intensidade magnética total com interpretação qualitativa do Alvo S – 41

geofísico, empregado para ajudar o mapeamento geológico, visto não se ter encontrado evidências geológicas muito favoráveis (apenas estreitos corpos de anfibolito foram observados, intercalando-se numa sequência de gnaisses migmatíticos e granulíticos), detectou as zonas de falhas e os "baixos" magnéticos interpretados como prováveis corpos máficos - ultramáficos, mas de pequenas dimensões.

O número de informações, especialmente geológicas, ainda não é suficiente para uma definição quanto ao potencial da área, em que pese os dados de magnetometria ter limitado bastante o interesse prospectivo da zona de anomalia geoquímica, Julga-se, pois, conveniente a abertura de trincheiras, estrategicamente dispostas, antes de se efetuar algum outro trabalho adicional de pesquisa, na área.

Outros Alvos S

Outros Alvos S (S-8, S-9, S-10, S-15, S-18, S-30, S-31, S-35, S-36 e S-42) foram prospectados com geoquímica de solo residual, sem no entanto revelarem anomalias significativas de cobre que justificassem a continuação da pesquisa.

7.2.3. Pesquisa dos Alvos "L"

Alvo L-1

Constituiu o primeiro alvo selecionado com base nos trabalhos de mapeamento geológico, sobretudo pela abundante ocorrência de corpos máficos-ultramáficos e pela complexidade estrutural, na área objeto do alvo, que mede 7 km (N-S) por 3 km (E-W).

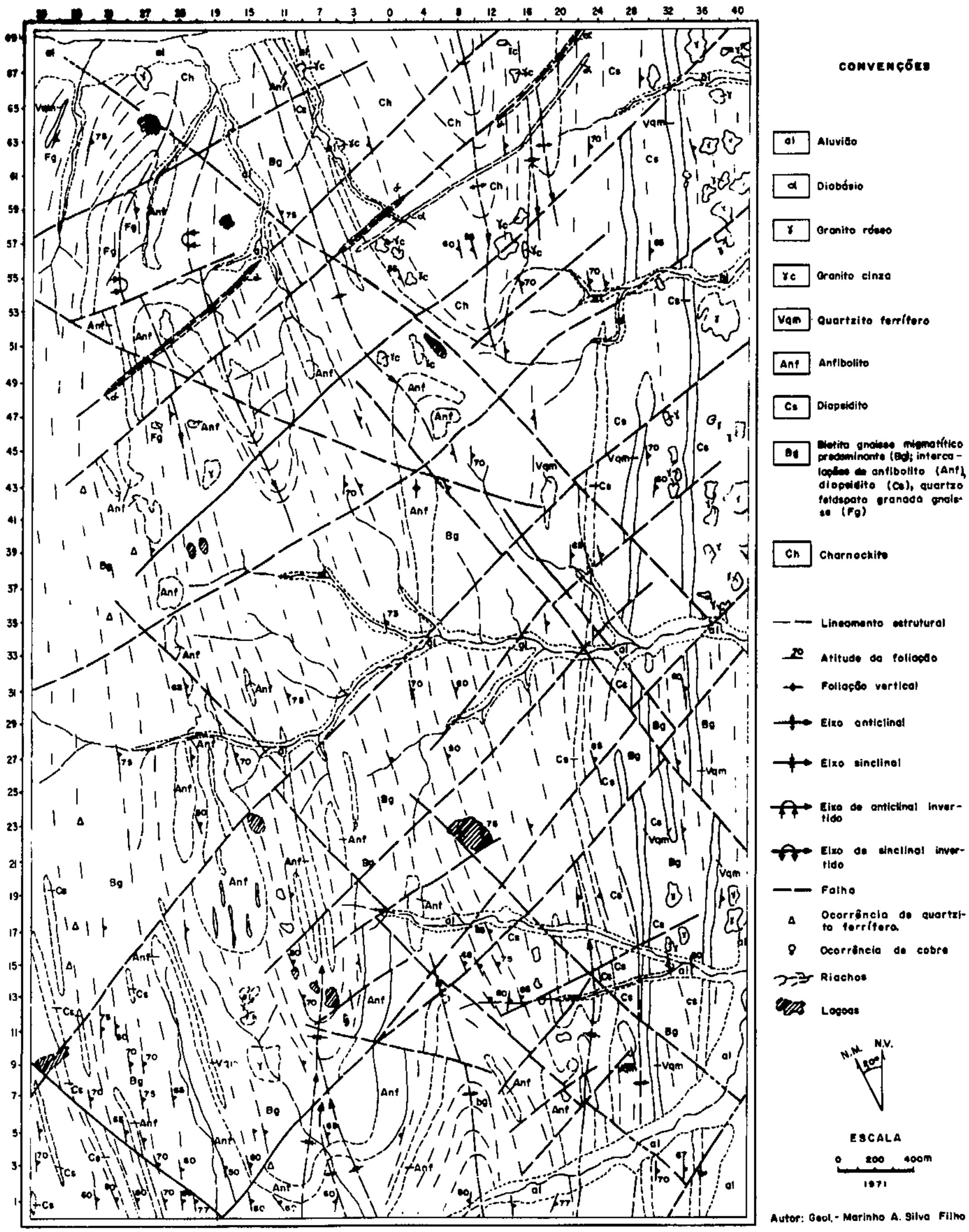
Geologicamente, predomina na área, quartzo-biotita-granada gnaisse normalmente migmatizado, com estrutura flebítica ou "stromatic" , evoluindo nas zonas axiais para estruturas agmatíticas e nebulíticas. No centro norte da área, ocupando o núcleo de uma anticlinal, aparece um gnaisse charnockítico de granulação fina a média e cor escura tendendo a esverdeada. Anfibolitos e rochas calco-silicatadas são as litologias de maior realce por balizarem os dobramentos. Associam-se intimamente, no campo, e mostram entre si contactos transicionais, ensejando uma origem metassedimentar para as rochas anfibolíticas. Níveis de quartzito ferrífero ocorrem principalmente associados a rochas calco-silicatadas e a piroxenitos (augititos). Granitos róseos e cinzas, de origem anatexítica, são frequentes, constatando-se uma mobilização acentuada dos granitos róseos que ocupam zonas tectonicamente preparadas (eixos e terminações de dobras, zonas de fraturas, etc.).

Foram coletadas 1.383 amostras de solo residual em malha de 200 m (N-S) por 100 m (E-W) sendo os resultados para cobre e níquel submetidos a um programa de processamento em computador.

Determinou-se o "background" de 30,5 ppm Cu e o limiar de anomalias de 82 ppm Cu para uma transformação do tipo Log (x) que das oito transformações testadas foi a que apresentou uma configuração mais simétrica para a curva de GAUSS. Para o níquel, supôs-se também, com base nos histogramas, uma transformação do tipo Log (x) e determinou-se o "background" de 32 ppm Ni e o limiar de anomalias de 135 ppm Ni.

A pequena amplitude na oscilação dos valores (12,5 a 350 ppm para cobre e de 12,5 a 100 ppm para níquel) fez supor, na maioria das anomalias assinaladas, uma

CPRM



PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 53 - Mapa geológico do Alvo L-1

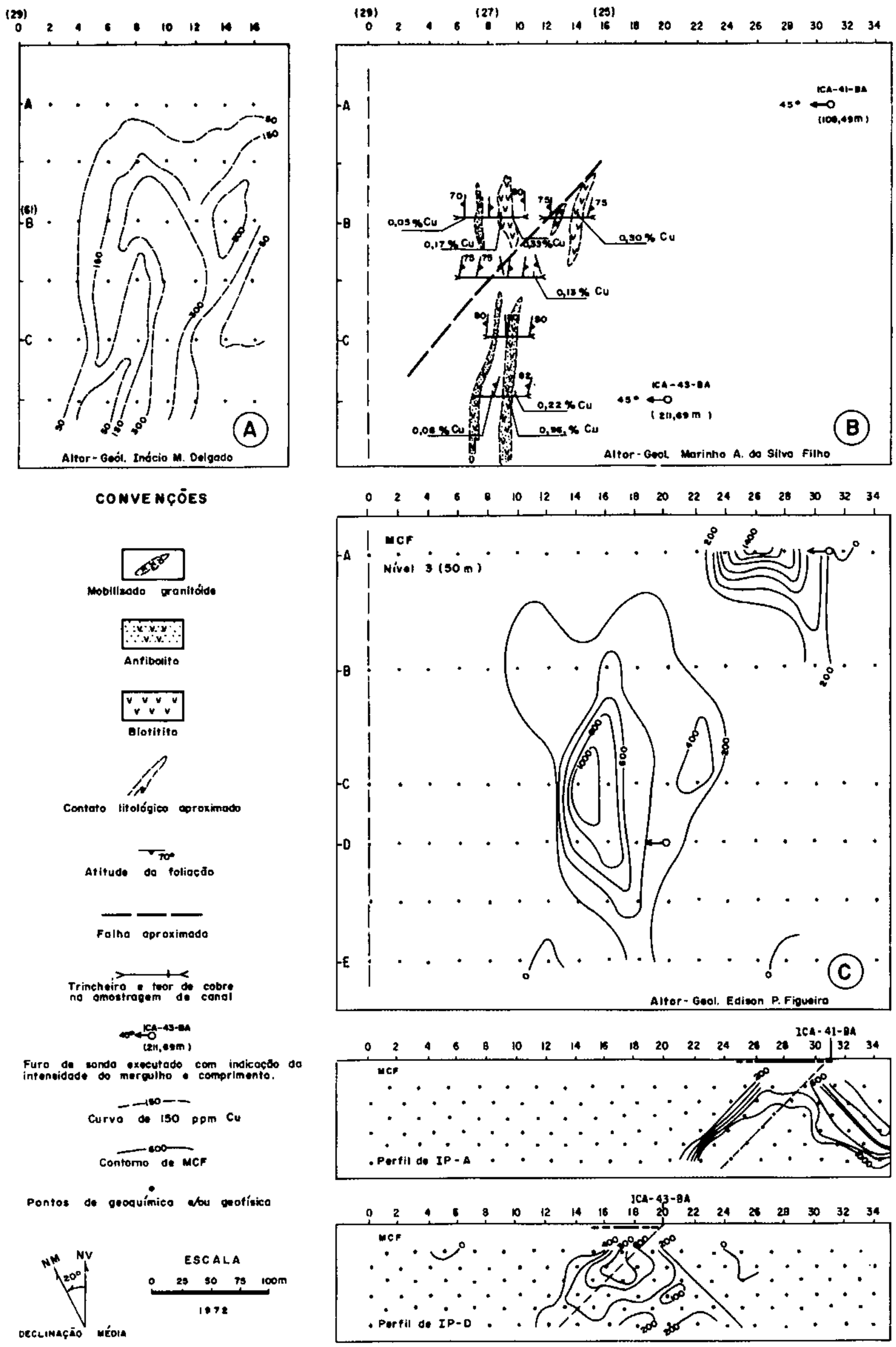
simples concentração de cobre e de níquel a partir da variação de teor do "background" no "bedrock". Além disso, a maioria das concentrações registradas pareceram corresponder a anomalias de "exudação", normalmente relacionadas a falhamentos.

Contudo, nas maiores concentrações de cobre e níquel correspondentes aos Alvos da Pedra Redonda(máximo de 350 ppm Cu e 75 ppm Ni) e do Cupim (máximo de 300 ppm Cu e 100 ppm Ni), realizou-se amostragem em nível de detalhe (malha de 50 m x 25 m), tendo sido confirmado uma anomalia geoquímica bastante significativa no Alvo do Cupim com um máximo de 500 ppm Cu.

A abertura de trincheiras sobre esta anomalia expôs estreitos corpos de anfibolitos e biotititos intercalados em biotita-gnaisse, revelando teores, na amostragem de canal, de 0,33% Cu para os corpos anfibolíticos e de até 0,96% Cu para os corpos biotitíticos.

O levantamento de polarização induzida registrou, em todas as seções transversais, anomalias bem definidas, com altos valores de PFE característicos da presença de grafite. Estas anomalias, em que pese o pequeno deslocamento lateral em relação à anomalia geoquímica e aos corpos revelados pelas trincheiras, foram alvo de investigação por sondagem (furos 1-CA-41-BA e 1-CA-43-BA) visando uma suposta associação de grafite com sulfetos, já comprovada em outras anomalias da região, mas sem interesse econômico.

Contudo, comprovou-se, mais uma vez que a mineralização de sulfetos é bastante restrita, ocorrendo em níveis esparsos com espessura aparente de (5 a 50) cm, sem possibilidade de constituir depósitos cupríferos de importância econômica.



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 54 - Pesquisa de detalhe da ocorrência cuprífera de Cupim (Alvo L-1), incluindo prospecção geoquímica (A), mapeamento geológico (B) e polarização induzida (C).

A julgar pelo estudo dessa ocorrência e dado o conhecimento geológico detalhado da área e as fracas anomalias geoquímicas delineadas, a maioria das quais suposta do tipo "exudação", considera-se a área objeto do Alvo L-1 como desinteressante do ponto de vista da prospecção de cobre.

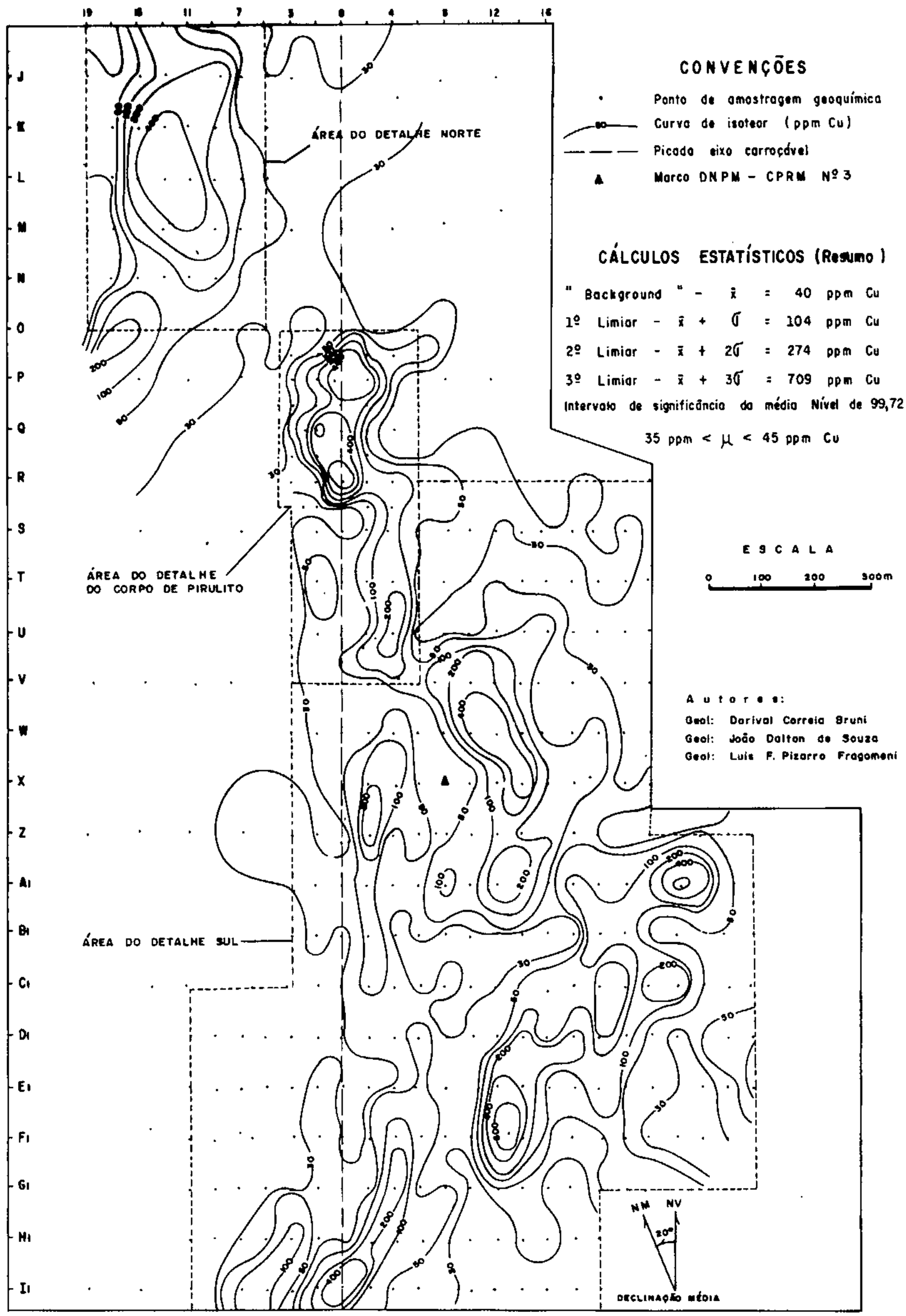
Alvo L-2

Este alvo foi selecionado para pesquisa de detalhe com base no controle regional, subestratigráfico, da mineralização de cobre no vale do Curaçá.

O comprimento total da área é de 9.250 m (N-S) sendo a largura variável de 1.200 m a 2.000 m (E-W) tendo sido subdividida em Alvos L-2, L-2 (norte) e L-2 (sul), em função do andamento dos trabalhos.

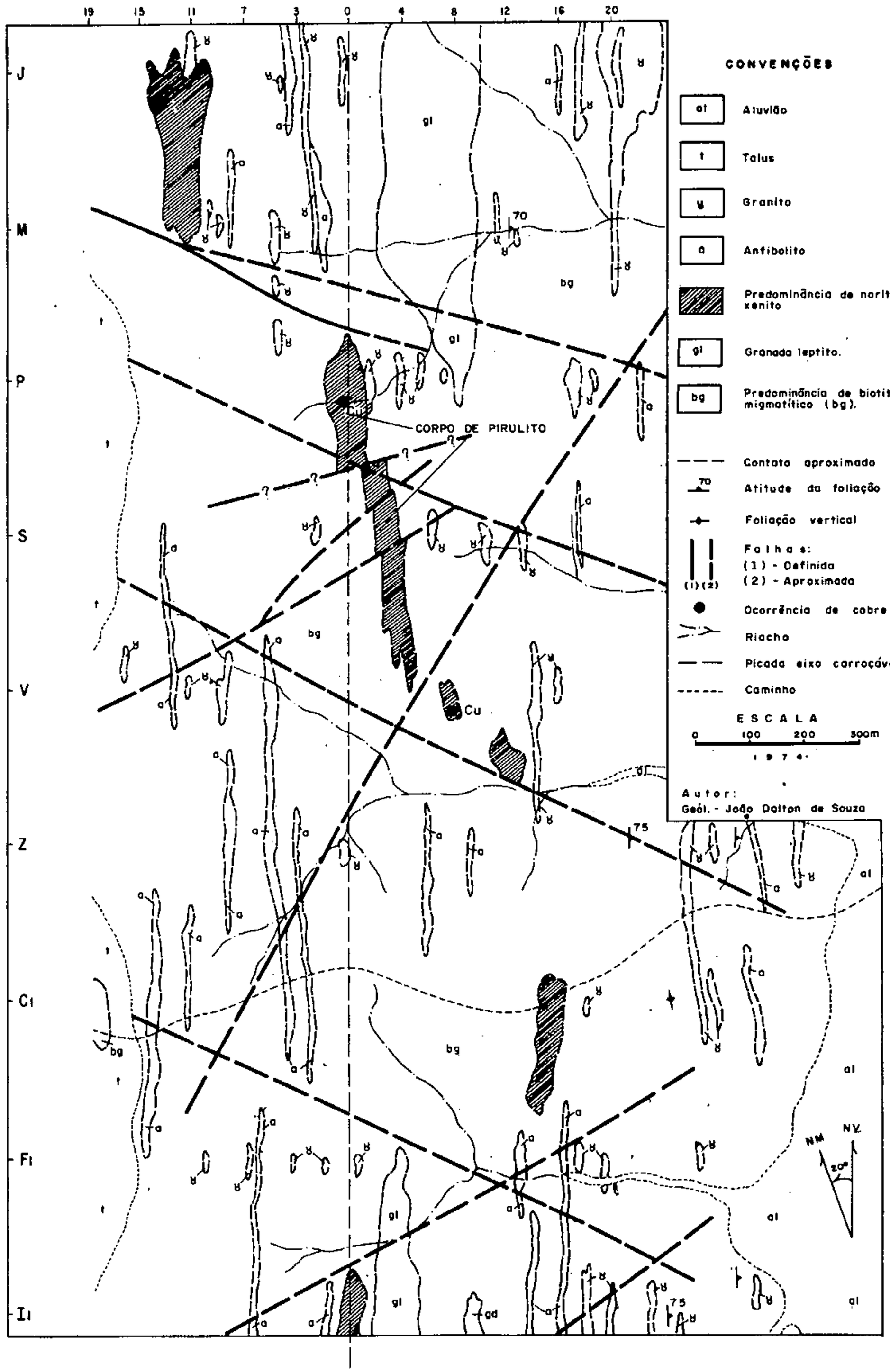
Geologicamente, a área é constituída, em sua quase totalidade, por biotita-gnaisse migmatítico e litologias associadas que caracterizam a Unidade Mari e rochas calco-silicatadas, quartzitos ferríferos, etc, pertencentes a Unidade Bom Despacho. Intercalados nestas sequências ocorrem numerosos corpos de anfibolitos com largura variando de centímetros a centenas de metros e de até quase um quilômetro de extensão. Concordantemente, aos biotita-gnaisses migmatíticos, ocorrem alguns corpos norítico - piroxeníticos, um dos quais constitui o depósito de Pirulito. Estes corpos alinham-se segundo a estruturação regional e representam provavelmente um extenso corpo originalmente contínuo, estratiforme, de rochas máficas-ultramáficas, retalhado pelos fenômenos tectônicos e pelos processos migmatizantes.

A geoquímica de solo residual, em malha de (300 x 100) m, caracterizou faixas significativamen-



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 55 - Mapa de distribuição geoquímica para cobre do Alvo L - 2 (áreas de detalhe)



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 56 - Mapa geológico do Alvo L-2 (Campo mineralizado de Sertãozinho)

te anômalas, em termos regionais, com concentrações elevadas de cobre em amostras estrategicamente coletadas sobre a cobertura das rochas norítica-piroxeníticas. Estas faixas, restritas a área original do Alvo L-2 e portanto não confirmadas nas extensões de L-2 (norte) e L-2 (sul), foram reamostradas em malha de (100 x 50) m, exceção do corpo denominado de Pirulito onde a densidade de amostragem foi mais elevada visando a complementação de estudos orientativos de geoquímica, no vale do Curaçá (volume IV).

Para um "background" de 40 ppm Cu e um limiar de anomalias prováveis ($\mu + 2\sigma$) de 274 ppm Cu, registraram-se concentrações significativamente anômalas, relacionadas aos corpos norítico-piroxeníticos revelados no mapeamento geológico (fig. 55 e 56).

Com base em levantamento magnético confirmaram-se, na área, inúmeros "baixos" magnéticos semelhantes ao obtido para o corpo de Pirulito.

Diante deste quadro sugere-se a continuidade de pesquisa nesta área através de polarização induzida, trincheiras, mapeamento de detalhe e sondagens prospectivas.

Em que pese os baixos teores de cobre registrados nas sondagens realizadas sobre o corpo de Pirulito (teor médio de 0,3% Cu), há possibilidade de ser cubada, nesta área, uma reserva de cobre considerável, tendo em vista a grande extensão de afloramentos de rochas potencialmente mineralizadas (2.500 m de corpos norítico - piroxeníticos geoquimicamente anômalos), justificando possivelmente, em um futuro breve, o aproveitamento econômico das reservas cupríferas de baixo teor.

Alvo L-3

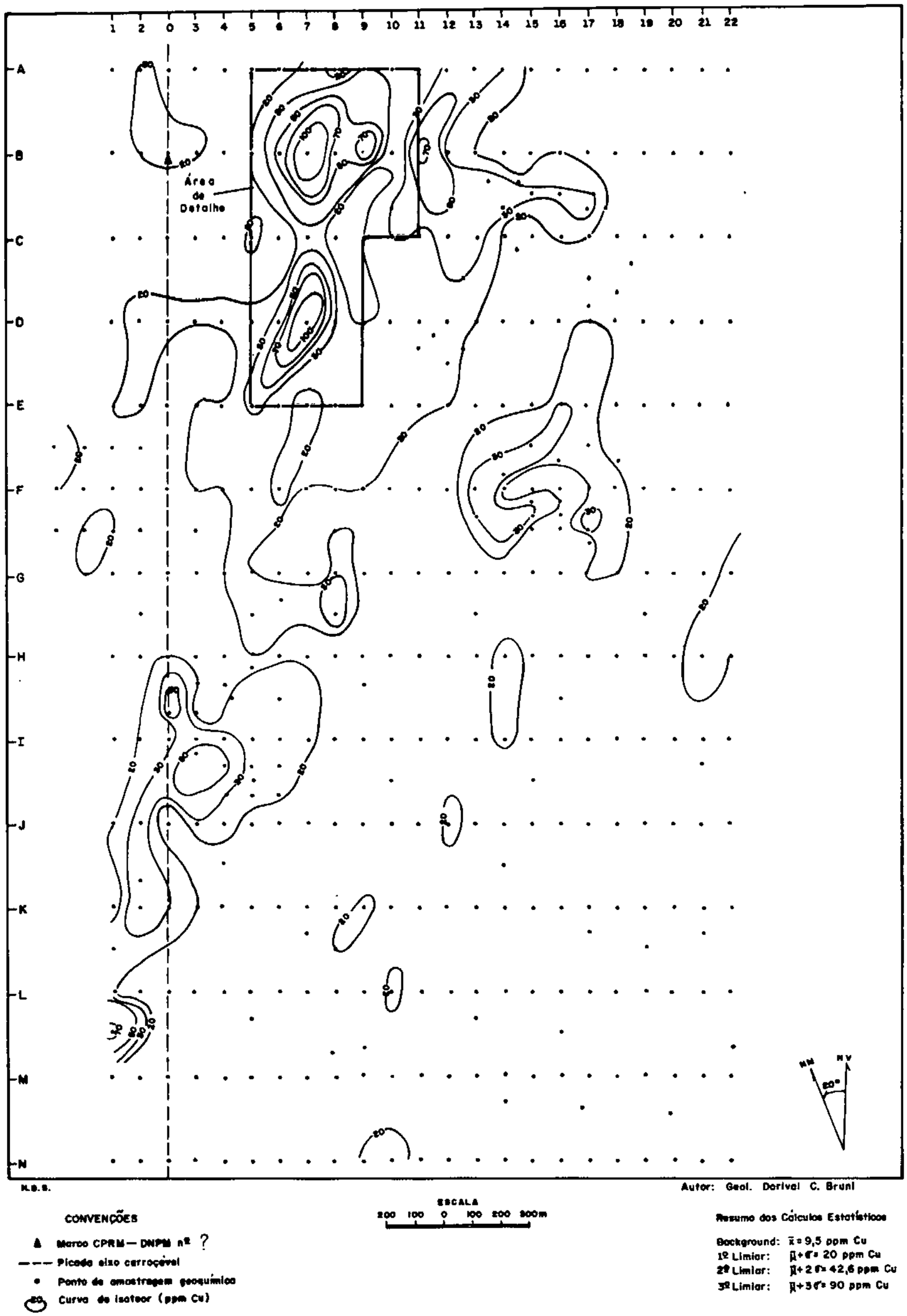
Constitui uma área de 3.900 m (N-S) por 2.000 m (E-W) onde foi realizada amostragem de solo residual segundo uma malha de (300 x 100) m.

Para o "background" regional de 9,5 ppm Cu (teor inferior a concentração normal em solos) tem-se um limiar de anomalias prováveis ($\mu + 2\sigma$) de 42,6 ppm Cu, permitindo a caracterização de 15 amostras na faixa das prováveis anomalias.

Tendo em vista os condicionamentos geológicos da área, caracterizada pela existência de coberturas de solo "massapê", pode-se "a priori" considerar os resultados geoquímicos como pouco significativos.

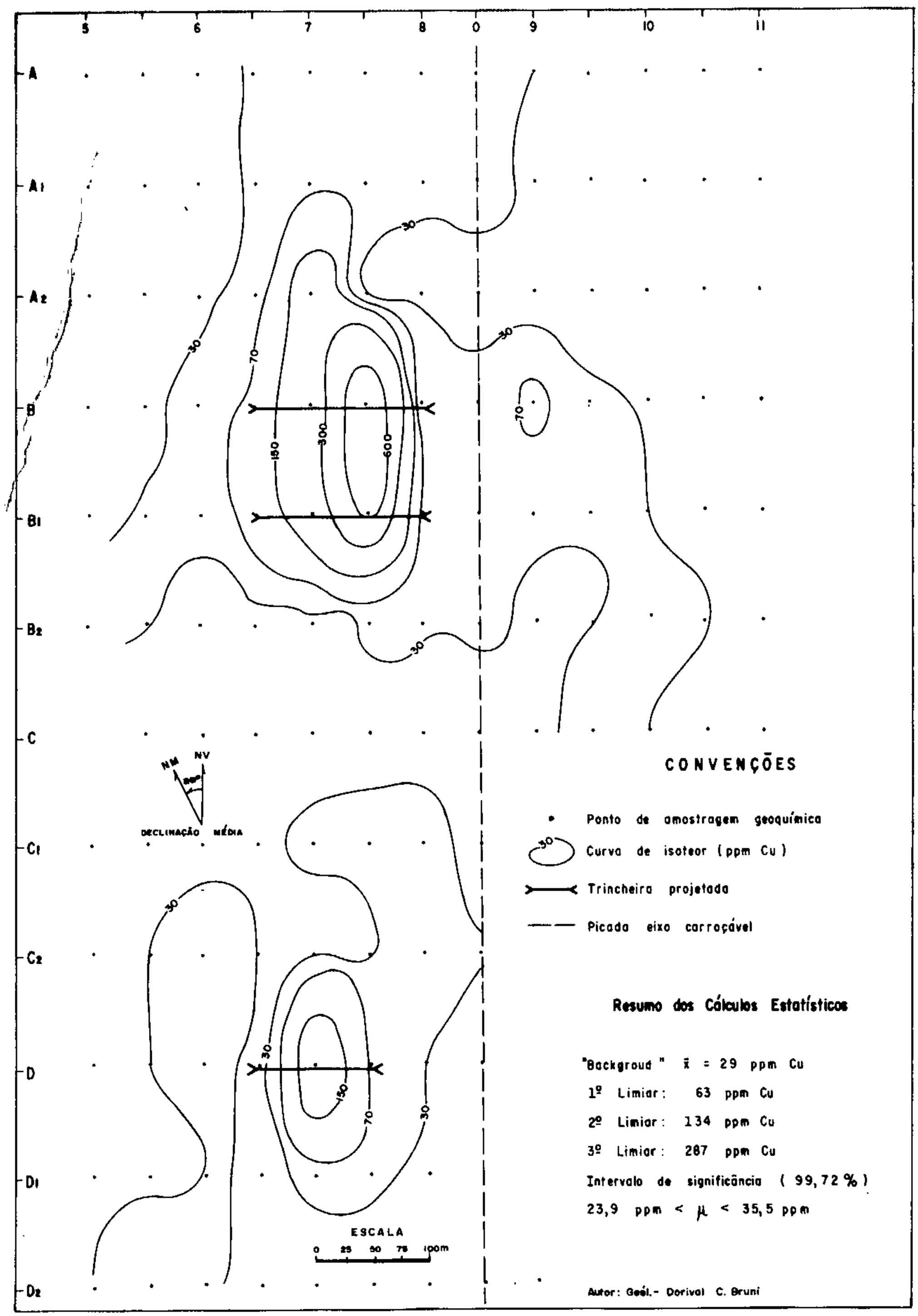
Apenas duas anomalias revelaram-se mais significativas,dispostas segundo um "trend" N-S e apresentando concentrações máximas de 250 ppm Cu e 210 ppm Cu (fig. 57). Esta área foi reamostrada em malha de (100 x 50)m tendo revelado um "background" local de 29 ppm Cu e um limiar de anomalias prováveis de 134 ppm Cu, permitindo a configuração de uma zona anômala,a um nível de 150 ppm Cu,englobando uma área de 300 m (N-S) por 125 m (E-W).

Na área objeto do alvo predominam quartzo-feldspato-biotita gnaisse e hornblenda granulito, ambos com foliação muito imperfeita; quartzo-feldspato-granada gnaisse e granitos róseos. Os corpos máficos são bem representados por rochas gabróides (gabros e quartzo-gabros) com disseminações de pirita e pirrotita. Outras zonas máficas anfibolíticas e piroxeníticas distribuem-se pela área. Entretanto, a anomalia geoquímica configurada não se relaciona aos corpos máficos-ultramáficos mapeados, estando superposto a zona de biotita gnaisse com intercalações de anfibolitos e



PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 57 - Mapa de distribuição geoquímica para cobre do Alvo L — 3



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 58 — Mapa de distribuição geoquímica para cobre da área de detalhe do Alvo L - 3

de quartzito ferrífero, esta última litologia podendo funcionar como barreira geoquímica, responsável por uma concentração maior de cobre no solo residual, acarretando falsas anomalias.

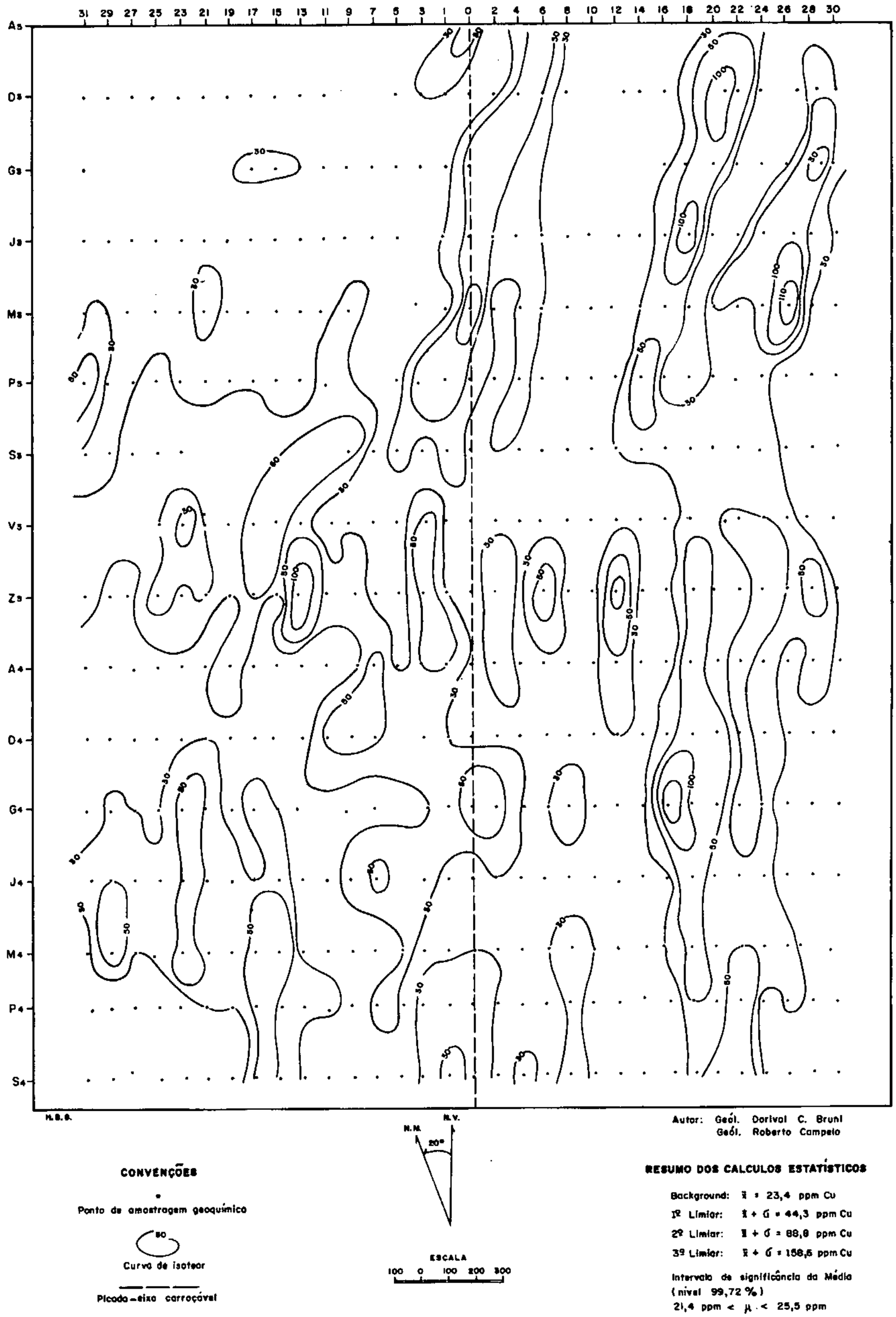
Contudo, devido ao pouco conhecimento geológico da área, em escala de detalhe, sugere-se a abertura de trincheiras em pontos estrategicamente dispostos ao longo da anomalia geoquímica. A depender desses resultados, poderão ser traçados novos rumos para a pesquisa deste alvo que, em função dos dados até então obtidos, mostra pequena potencialidade.

Alvo L-5

Engloba uma área de 4.500 m (N-S) por 3.100 m (E-W) onde foi executada amostragem de solo residual em malha de (300 x 100) m. As concentrações de cobre mostraram-se pouco significativas.

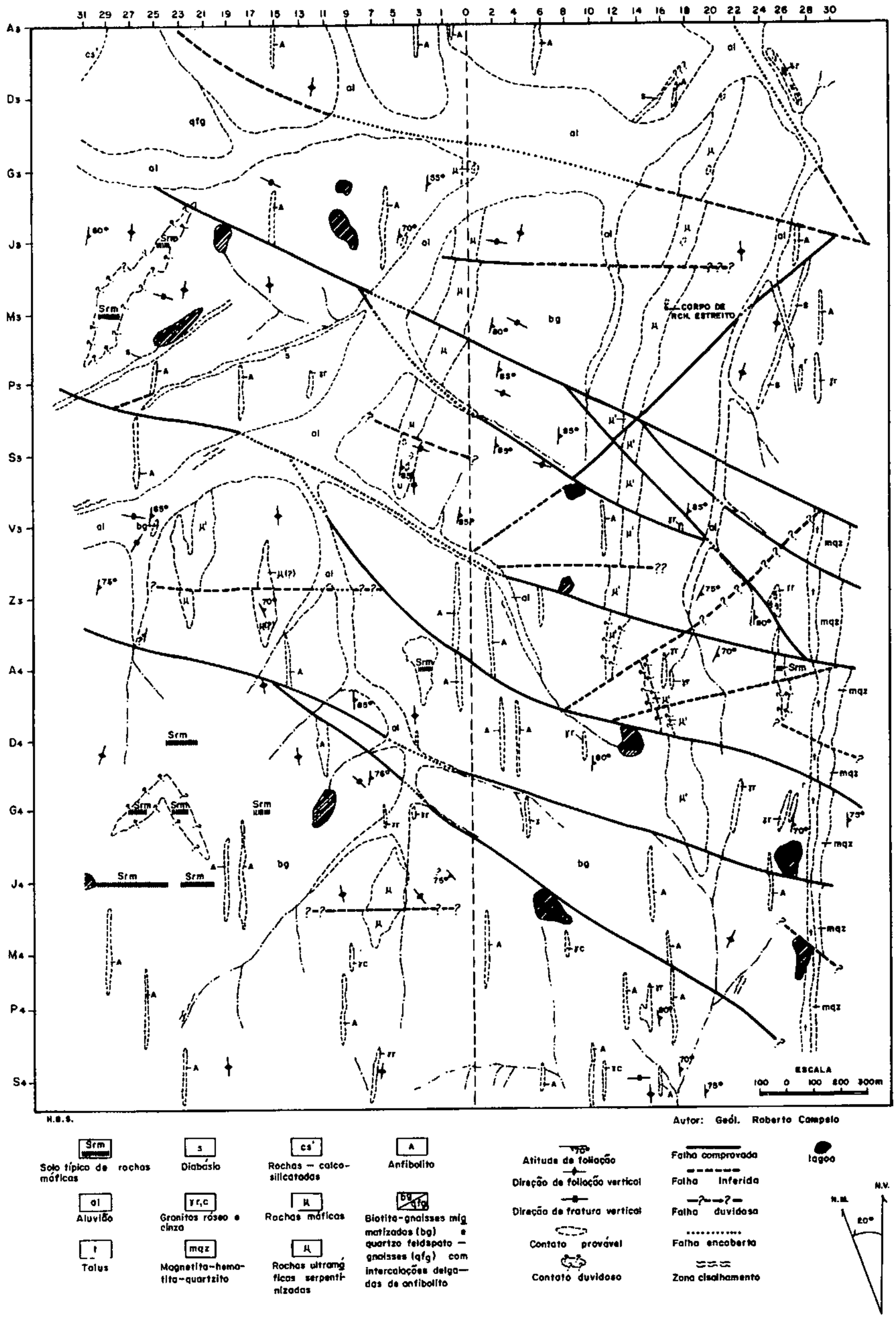
O nível anômalo mais representativo para cobre corresponde a uma extensa faixa de rochas ultramáficas serpentinizadas (corpo de Riacho Estreito) onde foram registrados valores de 60, 80, 110 (2 amostras), 130 e 260 ppm Cu. Em outros corpos máficos-ultramáficos, anfibolíticos ou gabro-dioríticos, os valores pouco mais elevados de cobre refletem apenas, com razoável fidelidade, a variação local do "background" da rocha subjacente.

Em que pese os fracos teores de cobre registrados, seria conveniente a investigação, através de trincheiras, das concentrações ligeiramente anômalas caracterizadas na cobertura do corpo de Riacho Estreito (fig. 59 e 60), principalmente na sua extremidade sul. Dependendo dos resultados poder-se-á prolongar a pesquisa com o emprego de



PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 59 - Mapa de distribuição geoquímica para cobre do Alvo L — 5



PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 60 - Mapa geológico do Alvo L — 5

polarização induzida.

7.3. Pesquisa dos depósitos de cobre

No Distrito Cuprífero do Rio Curaçá são conhecidos, atualmente, sete depósitos principais de cobre:

- Depósito de Caraíba (Área de Manifesto);
- Depósito de Baraúna-Imburana (Área de Manifesto);
- Depósito de Surubim (Decreto de Lavra);
- Depósito de Lagoa da Mina;
- Depósito de Cercado Velho;
- Depósito de Pirulito; e
- Depósito de Santa Fé

Os corpos de Caraíba e Baraúna - Imburana são conhecidos há mais de um século. O corpo de Surubim foi descoberto em 1967, pela Caraíba Metais S.A. O corpo de Lagoa da Mina, já conhecido dos moradores locais, foi intensivamente pesquisado pelo projeto, enquanto o corpo de Cercado Velho foi descoberto em fins de 1966, em serviços de pesquisa a cargo da GEOSOL. Os corpos de Pirulito e Santa Fé constituem descobertas mais recentes, em pesquisas realizadas pela CPRM.

Pelo Projeto Cobre, foram realizados estudos nos quatro últimos depósitos relacionados e serviços de sondagem no corpo de Surubim. Entretanto também são feitas, neste relatório, considerações sobre os corpos de Caraíba e Baraúna-Imburana, que constituem ainda as maiores concentrações de cobre do vale do Curaçá.

Os estudos detalhados dos corpos de

Santa Fé, Lagoa da Mina mais Cercado Velho e Pirulito, acham-se relatados nos volumes VII, VIII e IX deste relatório, respectivamente.

7.3.1. Descrição sumária dos depósitos

7.3.1.1. Depósitos de Caraíba e Baraúna-Imburana (Jazimento de Caraíba)

Os depósitos de Caraíba e de Baraúna-Imburana constituem partes de um único corpo máfico-ultramáfico mineralizado. Esta área de manifesto vem sendo pesquisada de longo tempo. Persiste, ainda hoje, dúvidas sobre o comportamento das faixas mineralizadas do depósito de Caraíba e as ligações com os corpos de Baraúna-Imburana, devido provavelmente aos processos de granitização e ao complicado quadro estrutural da área.

Os corpos máficos-ultramáficos do jazimento de Caraíba revelam uma alta participação de rochas piroxeníticas, às quais associam-se, invariavelmente, grandes concentrações de sulfetos. No conjunto, entretanto, representam os corpos mais típicos de natureza norítica - piroxenítica, individualizados no vale do Curaçá.

Pelo trabalho dos geólogos J. Moacyr V. Coutinho e Celso B. Gomes (Mapa geológico da Mina Caraíba na escala 1:2500, 1963) existe numa "zona de reação" envolvendo os corpos de Caraíba, Baraúna e Imburana. Esta aureola tem sido frequentemente mapeada como rochas charnockíticas, mas as observações realizadas nos corpos de Lagoa da Mina, Cercado Velho, Pirulito e na própria jazida de Caraíba tem revelado apenas rochas quartzo-dioríticas metassomáticas.

A encaixante principal do complexo

máfico-ultramáfico supradescrito é um gnaisse migmatítico, pertencendo atualmente ao fácies metamórfico do anfibolito mas que, provavelmente, em épocas geológicas remotas, atingiu o mais alto grau do fácies do granulito.

A grande concentração dos granitos róseos, anatéticos, nas imediações do jazimento de Caraíba, revela um estágio das condições de temperatura e pressão a que foram submetidas as rochas circunvizinhas e nestas circunstâncias as rochas máficas e ultramáficas foram migmatizadas e sofreram intensas transformações metassomáticas.

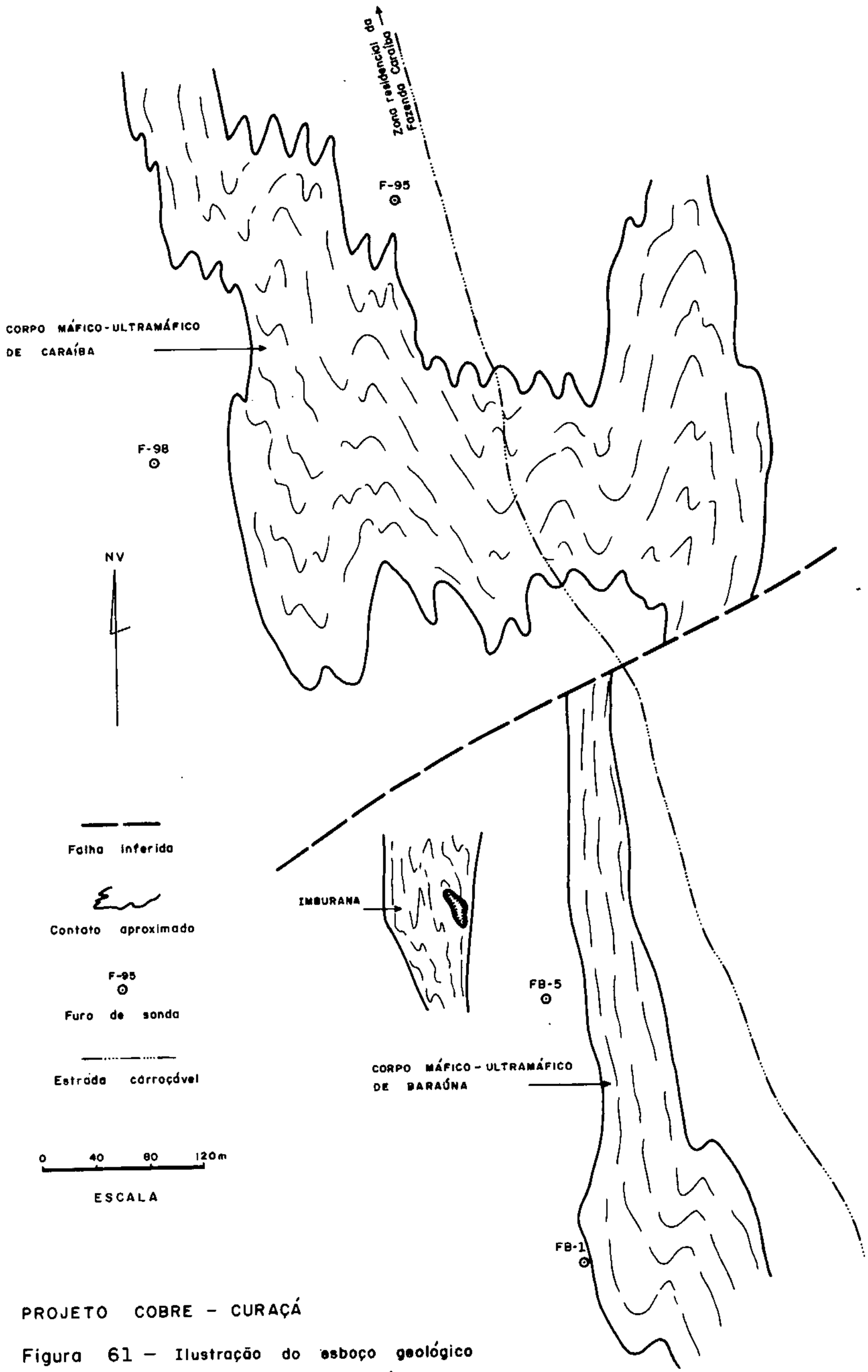
Abstraindo os aspectos de granitização, de grande significado para as concentrações de sulfetos que ocorrem na jazida de Caraíba, outro aspecto a merecer consideração especial relaciona-se à tectônica.

A situação do jazimento de Caraíba, próximo a zona axial do dobramento principal do Anticlinório Rio Curaçá, conforme evidenciam os trabalhos de campo, demonstra o complicado quadro estrutural dos referidos depósitos.

Lewis Jr et Santos (1966) já chamavam a atenção para o fato das rochas gnáissicas de Caraíba apresentarem-se dobradas segundo isoclinais de forte mergulho, onde o depósito de Caraíba situar-se-ia sobre a zona axial de um anticlinório N-S.

A morfologia superficial do corpo de Caraíba e o comportamento das faixas mineralizadas, quando interpretadas em cortes horizontais, constituem, sem dúvida, uma resposta ao estilo tectônico da área, caracterizado por uma zona crenulada que participa do flanco ocidental de um expressivo dobramento anticlinal.

O corpo de Baraúna, provavelmente, constitui a extensão para sul do corpo dobrado de Caraíba, algo rejeitado por um falhamento NE (fig. 61). Pelo fato de



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 61 - Ilustração do esboço geológico do jazimento de Caraíba

situar-se na aba da estrutura do anticlinal principal e não propriamente em uma das zonas crenuladas, a sua forma tabular é preservada.

A mineralização em Caraíba, de teor muito mais rico do que nos outros depósitos da região, constitui uma resposta à superposição dos controles regionais, determinantes e locais da mineralização cuprífera; favorecida no contexto geológico e metalogênico, constitui por isso o maior depósito de cobre do distrito.

As remobilizações da mineralização de cobre no corpo de Caraíba acham-se relacionadas aos dobramentos, ao metamorfismo, à migmatização e ao metassomatismo hidrotermal, a exemplo do que acontece no depósito de Lagoa da Mina.

No depósito de Baraúna essa mineralização deve apresentar-se muito mais regular e as remobilizações devem ser condicionadas maiormente à migmatização e ao hidrotermalismo, a exemplo do que ocorre no depósito de Cercado Velho.

O corpo de Baraúna ainda se acha mal pesquisado em termos de sondagem. Na maioria das seções geológicas não existem mais do que dois furos em recobrimento, o que é insuficiente para uma avaliação precisa das reservas. Devido a sua forma tabular e postura regular, este corpo apresenta amplas possibilidades de se estender até grande profundidade, provavelmente superior a 400 metros, conforme se depreende da pesquisa realizada em corpos geologicamente semelhantes como Cercado Velho e Pirulito.

A experiência tem demonstrado que a malha de sondagem para avaliação desses tipos de depósitos pode ser relativamente ampla. O espaçamento de 100 metros en

tre os furos tem se mostrado adequado à interpretação dos corpos de minério, podendo em alguns casos ser até ampliado.

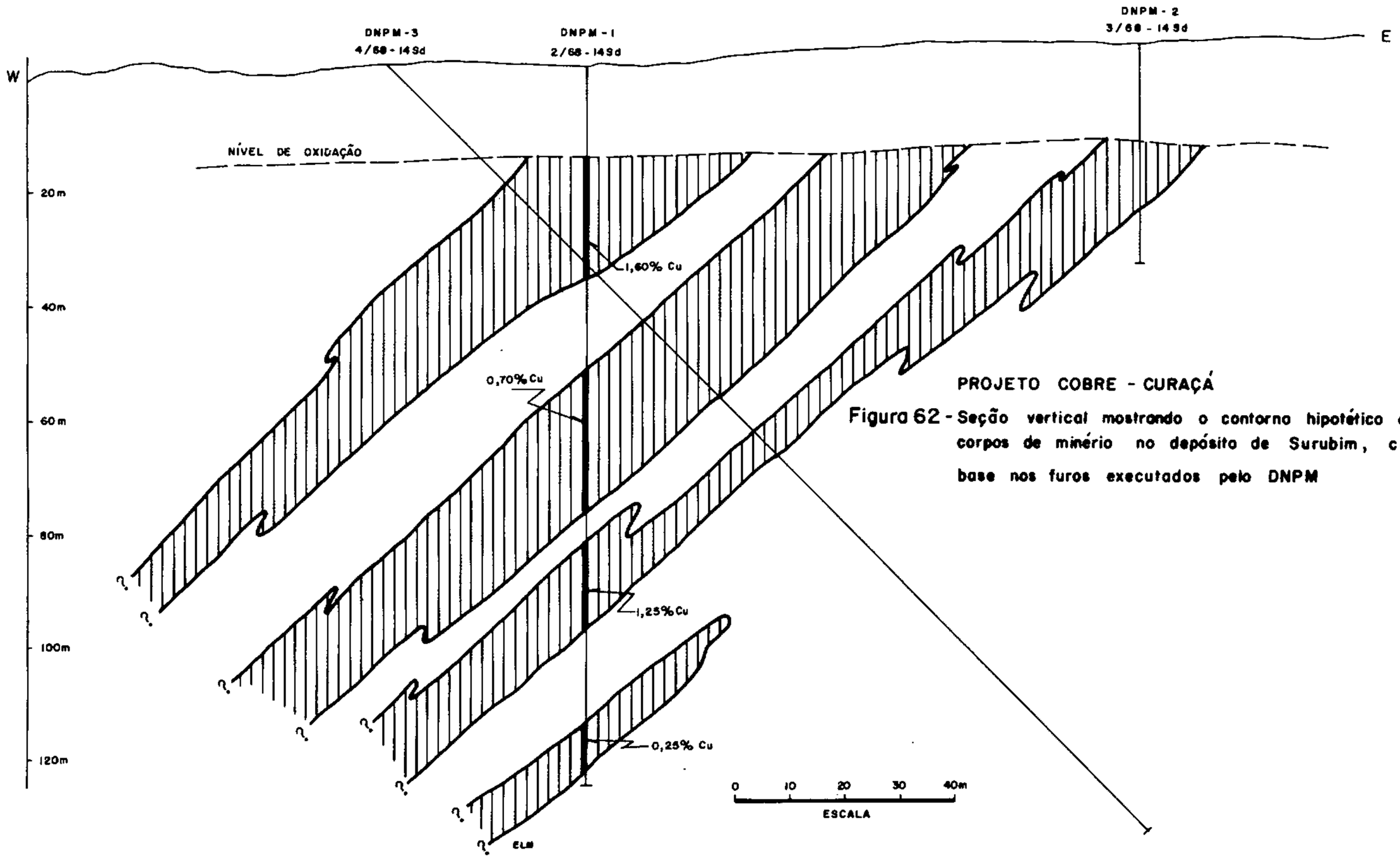
7.3.1.2. Depósito de Surubim

Constitui um corpo máfico - ultramáfico mineralizado com cobre, encaixado concordantemente em gnaisses do fácies granulítico.

O estilo tectônico da área que engloba o depósito referido e mais uma série de outras ocorrências de cobre, é caracterizado por fracos mergulhos, às vezes tendendo a horizontalidade, e dobramentos suaves, eventualmente adquirindo comportamento invertido e apertado, com eixos normalmente dispostos segundo a direção meridiana e com "plunge" mergulhando ora para norte, ora para sul, aparentando uma estrutura regional dômica que co-participa do Anticlinório Rio Curaçá.

Devido ao estilo tectônico, até certo ponto complicado pela migmatização e falhamentos, o corpo de Surubim não foi até hoje mapeado pela Caraíba Metais S.A, apesar da abertura de várias trincheiras na área de domínio do depósito.

A participação do projeto nesta pesquisa restringiu-se a execução dos três primeiros furos prospectivos que compõem a seção apresentada na figura 62. Observou-se uma intensa remobilização dos sulfetos nos testemunhos estudados, concentrando-se a mineralização nas zonas fraturadas e biotíticas, aparentemente relacionada a processos hidrotermais. A ocorrência de grafite parece significativa no corpo mineralizado sendo evidenciada nos testemunhos de sondagem e nos afloramentos, associada às rochas ultramáficas.



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 62 - Seção vertical mostrando o contorno hipotético dos corpos de minério no depósito de Surubim, com base nos furos executados pelo DNPM

A pesquisa do depósito de Surubim foi apenas iniciada e muitos serviços deverão ser realizados até a avaliação do potencial desta área. Sente-se a necessidade da elaboração de um mapa geológico e a utilização de métodos geofísicos como elementos de apoio ao programa de extensão do corpo mineralizado.

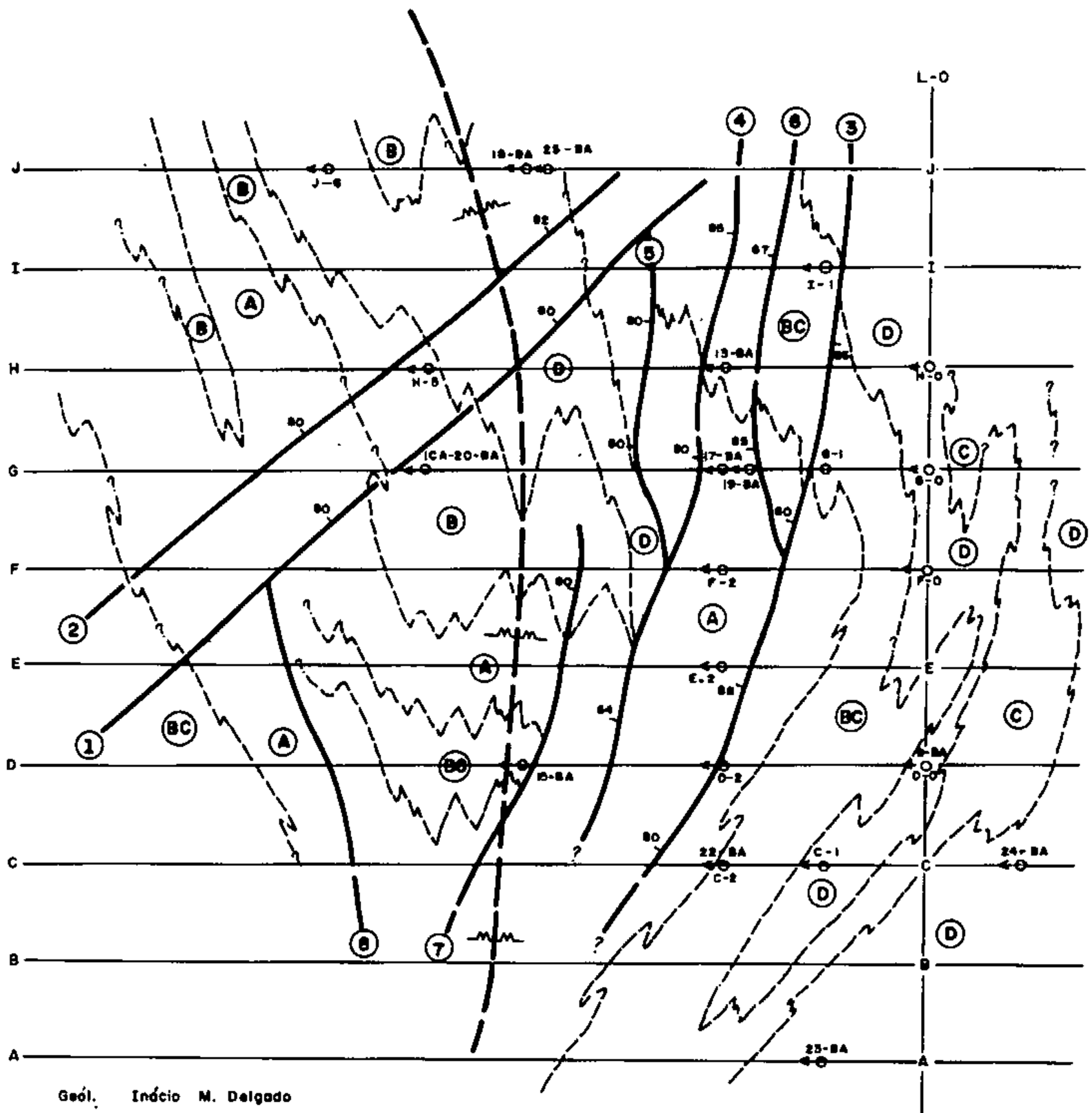
7.3.1.3. Depósito de Lagoa da Mina

O corpo de Lagoa da Mina é constituído dominantemente por rochas norítica-dioríticas com piroxenitos e anfibolitos subordinados.

A morfologia superficial é bem visível, nas aerofotos na escala 1:25.000, possuindo forma de meia lua (fig. 63). É evidenciado, no campo, pelo solo massapê cinza escuro, característico da alteração das rochas máficas-ultramáficas.

Os estudos petrográficos e de testemunhos de sondagem atestaram que existe uma íntima associação e gradação de rochas hipersteníticas que passam a melanoríticas, noríticas e estas a hiperstênio-dioritos, biotita-hiperstênio dioritos, biotita-hornblenda-piroxênio - dioritos, quartzo-dioritos, etc; e que esta intensa variação litológica, até certo ponto desordenada, é produto das transformações metassomáticas (albitização, saussuritização, sericitização, biotitização, uralitização, etc) e migmatizantes das rochas máficas-ultramáficas.

Os fenômenos de migmatização são evidenciados principalmente pela presença de numerosos filonetes de mobilizados pegmatóides e granitóides interceptando a rocha máfica-ultramáfica que adquire, localmente, excelentes estruturas planares. Nestes locais, as transformações metas



A	Rochas norítica – dioríticas com piroxenitos e anfibolitos subordinados (A)
BC	Rochas máficas normalmente dioríticas e quartzo-dioríticas, gnaíssicas, metassomatizadas (B), migmatizadas (C)
D	Gnaisses diversos e leptitos, migmatizados (D)

Falhas com indicação do número correspondente ao perfil geológico vertical.

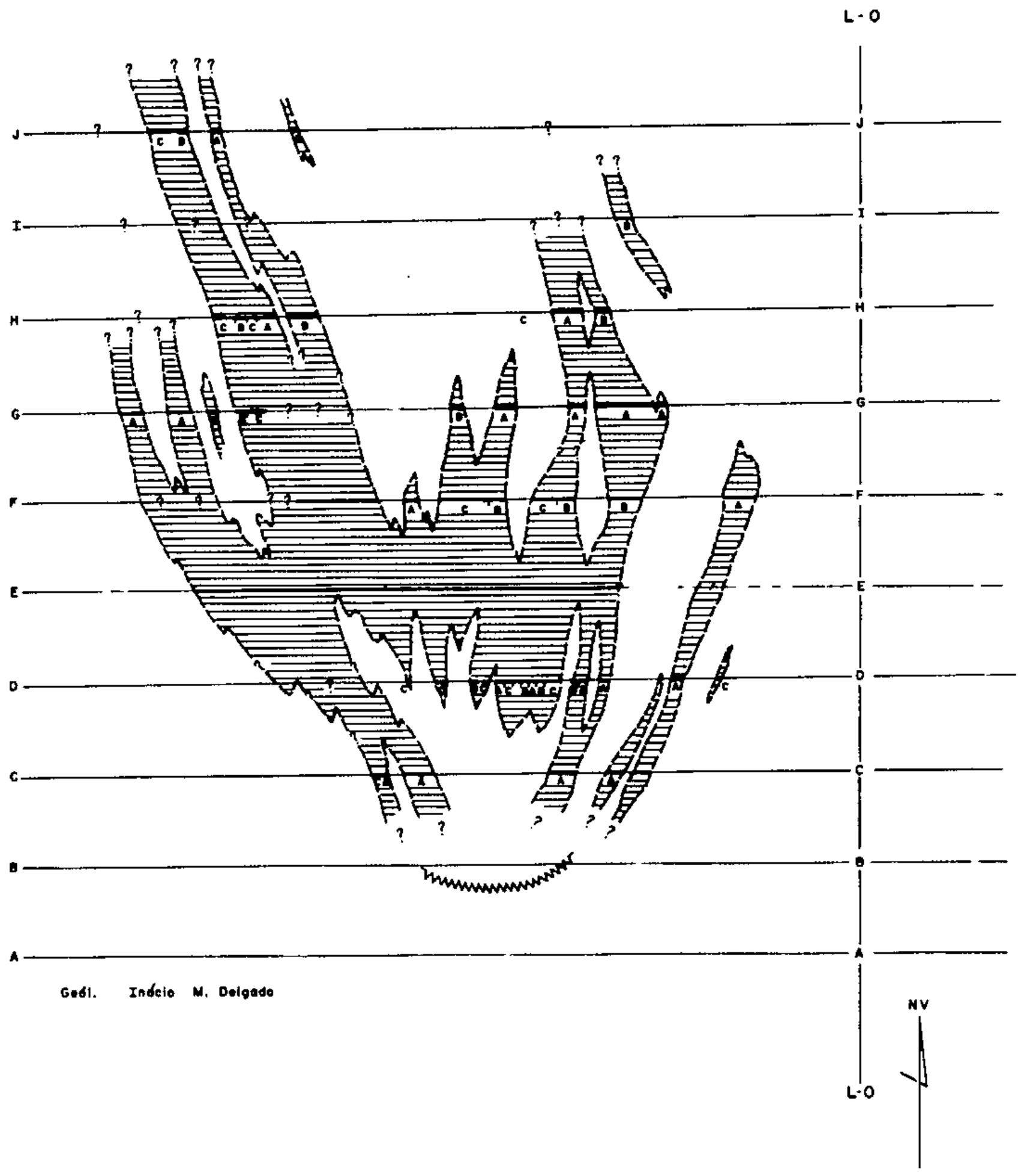
Eixo de dobra anticlinal com plano subvertical, inferido

Contatos litológicos aproximados, duvidoso quando interrogados

ICA-20-BA Furo de sonda executado

PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 63 - Mapa geológico do corpo de Lagoa da Mina, confeccionado com base na interpretação dos perfis de sondagem e com apoio em dados de superfície.



Faixa mineralizada comprovada pela sondagem projetada no nível 380m, com indicação do tipo de minério A, B, ou C.

Contorno hipotético dos corpos de minério, interrogado quando faltam dados complementares de sondagem.

Limite inferior estimado dos corpos de minério.

PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 64 - Contorno hipotético dos corpos de minério de Lagoa da Mina, em seção horizontal correspondente ao nível 380m, confeccionado com base nos perfis de sondagem.

somáticas se acentuam dando origem aos dioritos e quartzo--dioritos.

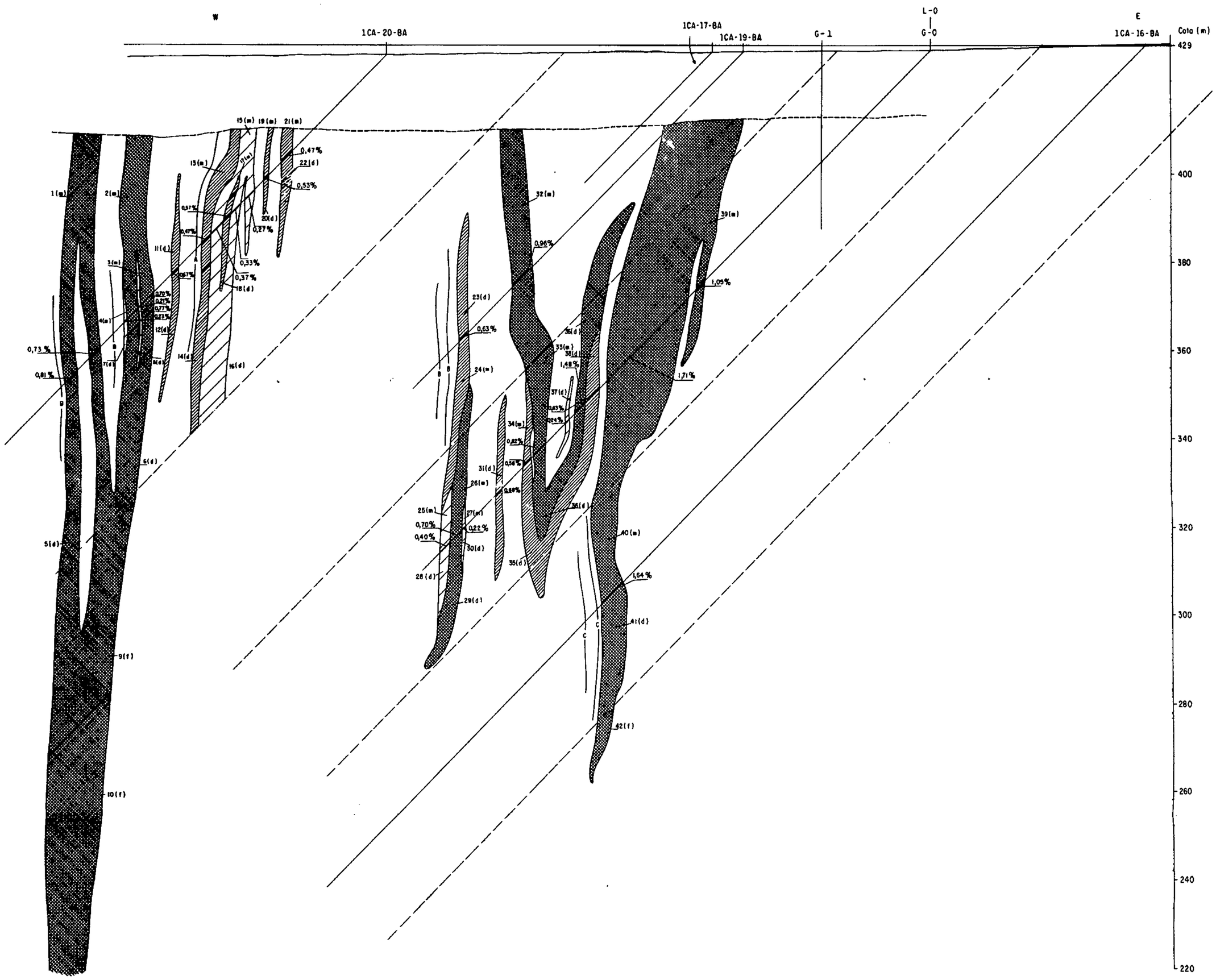
Os fenômenos de granitização, apesar de se desenvolverem aleatoriamente, são mais conspícuos nas partes periféricas do corpo, responsabilizando-se pela transição das rochas gabróides até quartzo-dioritos, às vezes confundidas com rochas charnockíticas, contribuindo para um certo zoneamento de basicidade do centro à periferia do corpo máfico-ultramáfico, fenômeno primeiramente observado por Ladeira et alii (op. cit.).

As rochas encaixantes, constituídas de anfibólio gnaisses, plagioclásio-quartzo-biotita-microclina gnaisses, quartzo-feldspato gnaisses, etc, contém abundantes intercalações de rochas dioríticas e quartzo - dioríticas metassomáticas, constituindo, no conjunto, numa rocha migmática.

Devido a esta complexidade petrográfica, agrupou-se as litologias em quatro tipos principais(A, B, C e D), cuja separação foi ditada, principalmente, pelo grau de granitização do complexo máfico-ultramáfico, viabilizando-se desta forma, a construção das secções geológicas transversais, com base nos dados de sondagem, exemplificada na figura 66.

Aliado a complexidade petrográfica, existem no meio da massa máfica inversões constantes do sentido do mergulho das foliações que se orientam, em geral, segundo a direção N-S, mas parecem condicionadas a intensa perturbação tectônica. Nos gnaisses migmatíticos, a foliação é mais regular, com mergulhos frequentes para leste,embora localmente ocorram notáveis variações, provavelmente relacionadas a zonas de terminações de dobras.

As falhas são os elementos estrutu



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

DEPÓSITO DE LAGOA DA MINA

CONTORNO HIPOTÉTICO DOS CORPOS DE MINÉRIO NO PERFIL 6

ESCALA 0 5 10 15m

GEOL. Inácio de Medeiros Delgado

Minério A (> 0,70 % Cu)

Minério B (> 0,40 % Cu e < 0,70 % Cu)

Minério C (> 0,20 % Cu e < 0,40 % Cu)

Veio estreito de sulfeto com projeção duvidosa

0,70% Teor médio de cobre no intervalo realçado

1 Número do corpo tabelado

Reservas: medida (m), indicada (d) e inferida (f)

Figura 65

DES: Emanoel V. Macedo

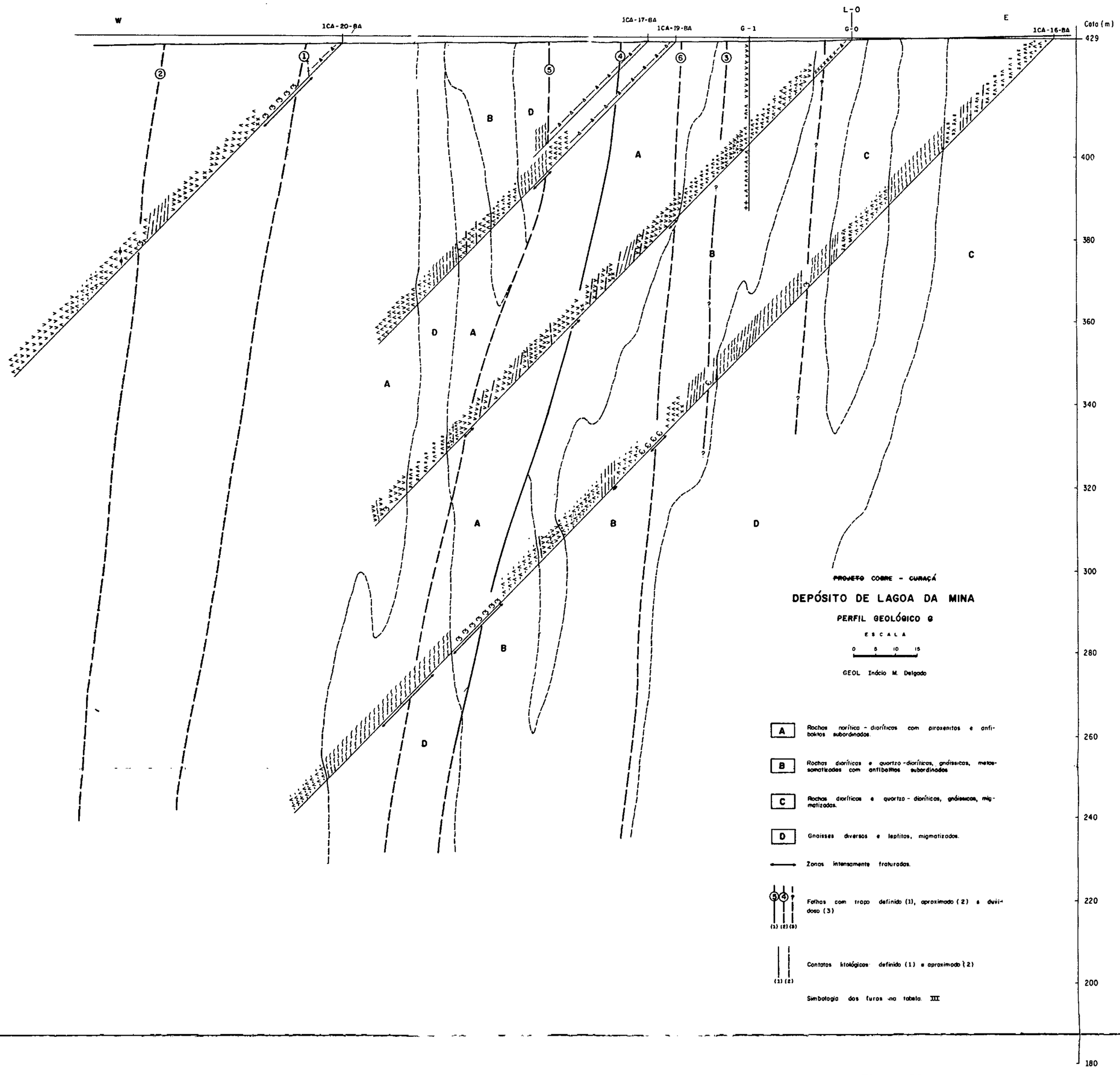

W
E
1CA-20-BA
1CA-17-BA
1CA-19-BA
G-1
L-O
G-O
1CA-16-BA
Cota (m)
429
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
A
B
C
D
PROJETO COBRE - CURAÇÁ
DEPÓSITO DE LAGOA DA MINA
PERFIL GEOLÓGICO G
ESCALA
0 5 10 15
GEOL. Inácio M. Delgado
A Rochas norítica - dioríticas com piroxenitos e anfibolitos subordinados.
B Rochas dioríticas e quartzo-dioríticas, gnáissicas, metassomatizadas com anfibolitos subordinados
C Rochas dioríticas e quartzo - dioríticas, gnáissicas, migmatizadas.
D Gnaisses diversos e leptitos, migmatizados.
Zonas intensamente fraturadas.
Falhas com traço definido (1), aproximado (2) e duvidoso (3)
Contatos litológicos: definido (1) e aproximado (2)
Simbologia dos furos na tabela. III
DES: Emanuel V. Macedo - 01/78

Figura 66

rais mais conspícuos, evidenciadas por faixas de cataclasamento, milonitização, silicificação e perturbação da foliação. Dispõem-se, em geral, longitudinalmente e apresentam mergulho subvertical com inclinação de 80° a 88° para oeste.

A mineralização oxidada de cobre é composta, principalmente, de malaquita, azurita e crisocola, que se apresentam em massas difusas de baixos teores de cobre impregnando a rocha hospedeira ou concentradas ao longo de zonas fraturadas da rocha máfica-ultramáfica.

A mineralização de sulfetos é composta, principalmente, de calcopirita, pirita, bornita e mais raramente pirrotita. Apresentam-se em geral, sob a forma de grãos disseminados, principalmente nos noritos ou em "filmes", "vênulas" e microlentes preenchendo juntas e fissuras da rocha hospedeira.

Esta mineralização compõe corpos de minério de forma lenticular ou grosseiramente tabular com terminação em cunha, conforme está exemplificado na figura 65.

A mineralização de sulfetos foi remobilizada em pelo menos três fases da evolução geológica da área, sendo:

1) Relacionada aos dobramentos;

2) Relacionada ao metamorfismo e granitização; e

3) Relacionada aos processos metassomáticos por via hidrotermal.

Com base nas observações geológicas de superfície, nos estudos de testemunhos de sondagem e na interpretação das seções geológicas e de contorno dos corpos de minério, concluiu-se que o comportamento estrutural do cor

po de Lagoa da Mina é de uma dobra, possivelmente anticlinal, de "plunge" e plano axial subverticais.

Esta conclusão apoia-se basicamente nos elementos seguintes:

1) Pela geometria do corpo, descrita como uma"meia-lua", e pela acomodação das rochas máficas-ultramáficas a um núcleo gnáissico e pelo sanfonamento da zona de terminação periclinal (fig. 63);

2) Pela forma e disposição das faixas mineralizadas que se abrem para norte e vão gradativamente se acunhando para sul;

3) Pela concentração de minério na zona de terminação periclinal;

4) Pelo rearranjo das faixas mineralizadas na zona sanfonada da terminação periclinal;

5) Pelo zoneamento dos teores de cobre dos corpos de minério tipo A que passa a minério tipo B e C no centro da dobra e a tipos A, B e C na zona central da terminação periclinal (fig. 64); e

6) Pelo estilo tectônico da área onde se encrava o corpo de Lagoa da Mina.

A inferência desse comportamento estrutural constitui um elemento de grande significado no planejamento dos futuros trabalhos de pesquisa e na racionalização de um plano de lavra do depósito.

7.3.1.4. Depósito de Cercado Velho

O corpo de Cercado Velho é constituído dominantemente por rochas gabro-dioríticas associadas a

noritos, piroxenitos, anfibolitos e rochas do fácies do xisto verde.

Apresenta em superfície forma alongada (400 m de comprimento), tabular (fig. 67), aspecto que é mantido em subsuperfície. No campo, a identificação do corpo é algo dificultada devido a estreita faixa de solo cinza, de apenas (20 a 40) m de largura. Não é visível nas aerofotos.

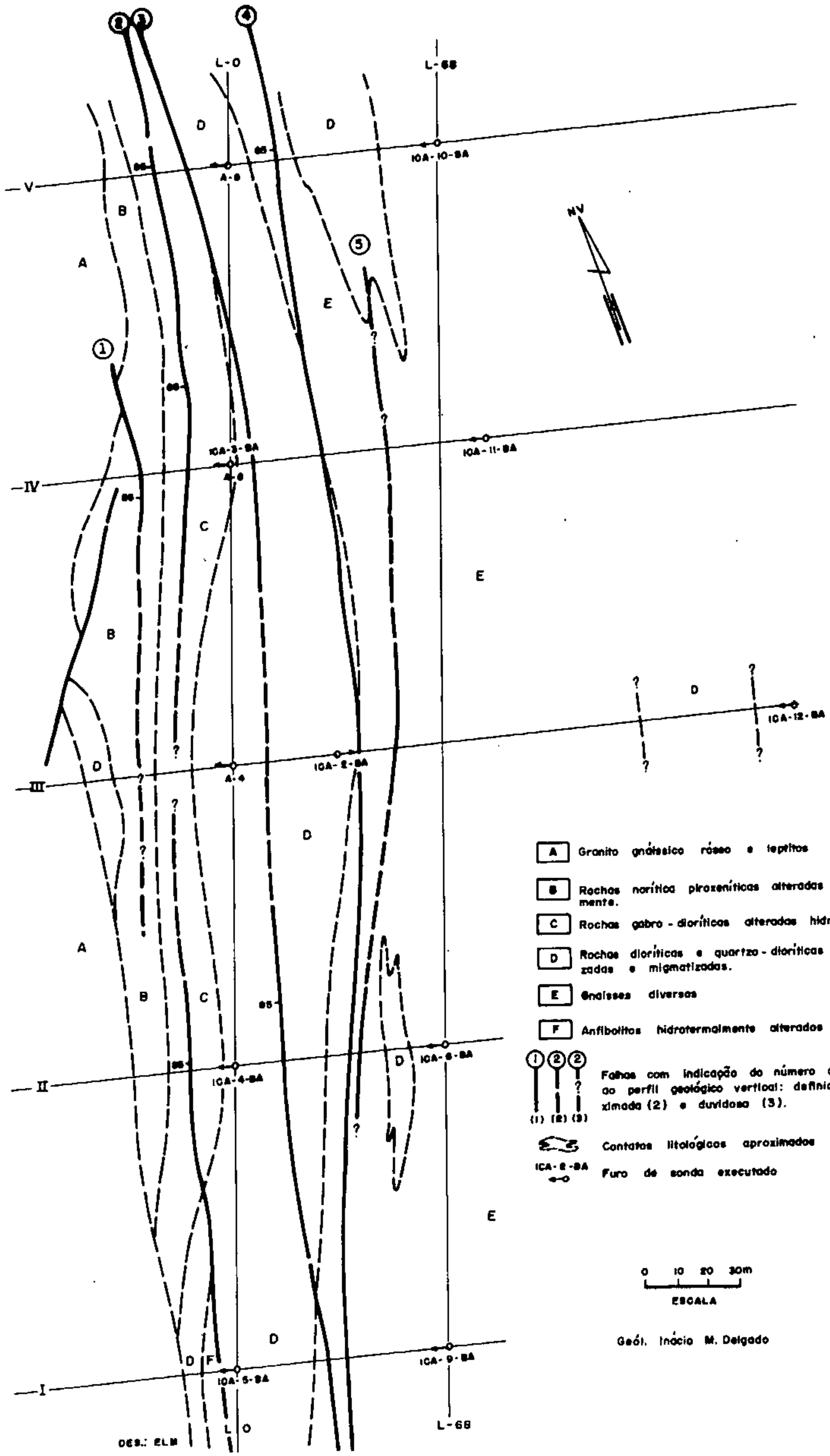
Apesar da similaridade dessas litologias com as do corpo de Lagoa da Mina, existem diferenças geradas, principalmente, pelo maior grau de transformações metassomáticas-hidrotermais das rochas metamafíticas.

A rocha encaixante do lado oeste é um gnaisse quartzo-feldspático (leptito) que sofre influências de metassomatismo potássico e foi interpenetrado por granito-gnáissico róseo. Do lado leste aparecem diversos gnaisses migmatizados, conservando "resisters" de rochas dioríticas e quartzo-dioríticas metassomáticas.

Para a interpretação das seções geológicas agrupou-se as litologias em sete tipos (A, B, C, D, E, F e G) cuja separação foi ditada, a exemplo do corpo de Lagoa da Mina, maiormente pelo grau de granitização do complexo máfico-ultramáfico.

Estas rochas acham-se normalmente, foliadas, gnaissóides, com direção aproximada nor-nordeste e mergulhos fortes, subverticais, com tendência para leste.

As falhas interpretadas nas seções geológicas apresentam forte mergulho, em torno de 85° para oeste, dispondo-se longitudinalmente em superfície. A identificação de um sistema de falhas semelhantes cortando o corpo de Lagoa da Mina confirma que estes tipos de estruturas são bem mais conspícuos do que realmente vem sendo considera



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 67 - Mapa geológico do corpo de Cercado Velho, confeccionado com base na interpretação dos perfis de sondagem e com apoio dos dados de campo.

do na geologia de superfície, dada a dificuldade de mapeá-las devido a concordância com as estruturas regionais.

A mineralização oxidada é de pequena expressão, compõe-se de malaquita, azurita e crisocola e confina-se ao contacto oeste entre o corpo gabróide e o leptito, onde as rochas máficas-ultramáficas mostram-se bastante cisalhadas.

A mineralização de sulfetos é constituída de calcopirita, bornita, pirita e confina-se principalmente às rochas norítica-piroxeníticas (tipo B), acompanhando o contacto oeste dessas litologias com as rochas encaixantes (granito gnáissico róseo e rochas leptíticas metassomatizadas), conforme é exemplificado nas figuras 68 e 69.

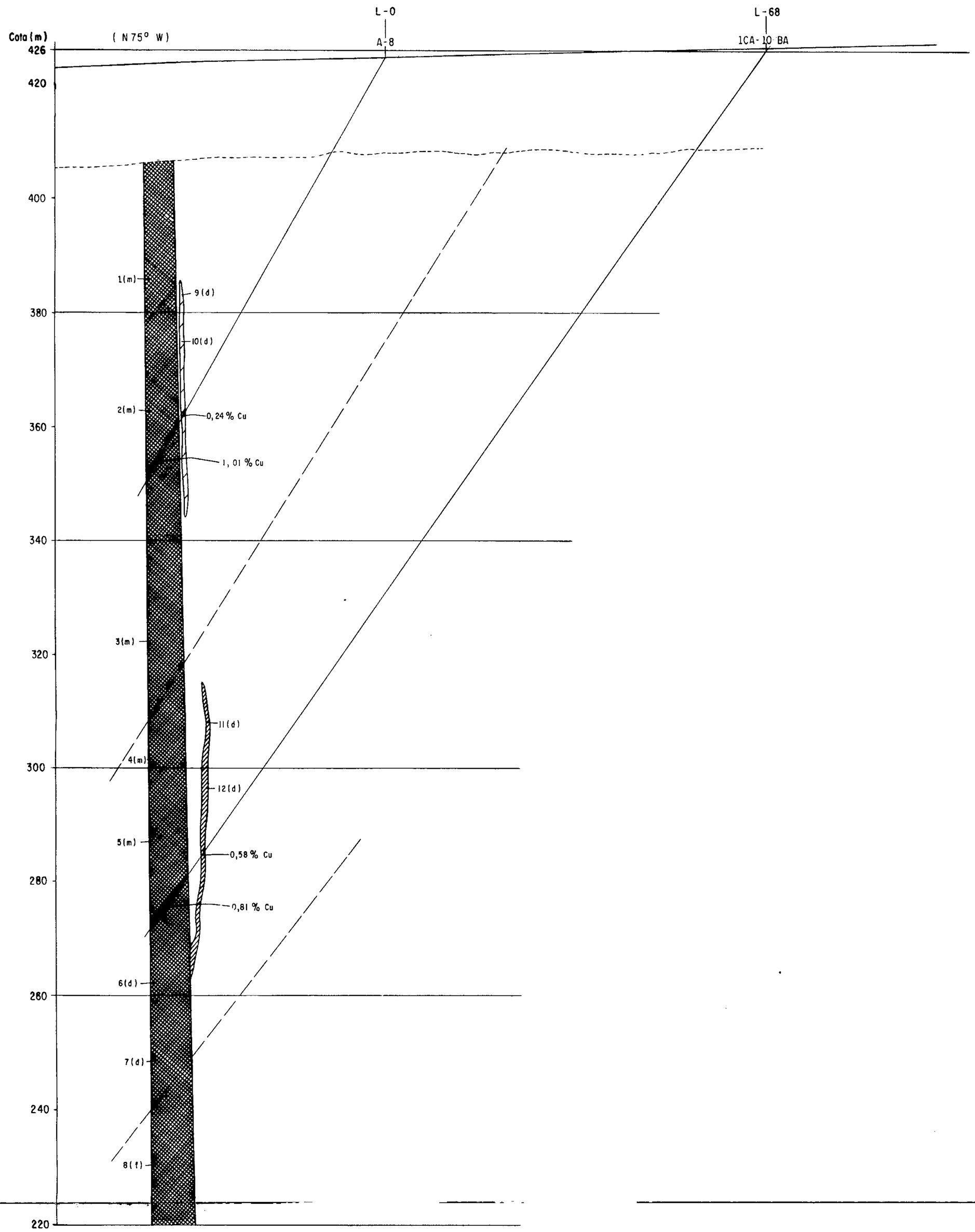
A configuração dos corpos de minério mostra-se bastante simples, caracterizada por uma grande uniformidade, refletindo a forma alongada, tabular, do corpo máfico-ultramáfico.

As rochas mineralizadas, principalmente próximo ao contacto oeste, acham-se frequentemente alteradas hidrotermalmente e algumas vezes totalmente cisalhadas. Nestas zonas, constata-se a remobilização das mineralizações cupríferas, evidenciada pelas vênulas de sulfetos preenchendo fissuras, juntas e planos de cisalhamento da rocha hospedeira.

A remobilização da mineralização de cobre, neste corpo, acha-se, portanto, relacionada a duas fases principais:

1) associada a granitização, com concentração da mineralização nas zonas ultramáficas; e

2) associado ao hidrotermalismo metassomatizante que acompanhou a intromissão do granito gnáissico róseo.



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

DEPÓSITO DE CERCADO VELHO

CONTORNO HIPOTÉTICO DOS CORPOS DE MINÉRIO NO PERFIL V

ESCALA

0 5 10 15m

GEÓL Inácio de Medeiros Delgado

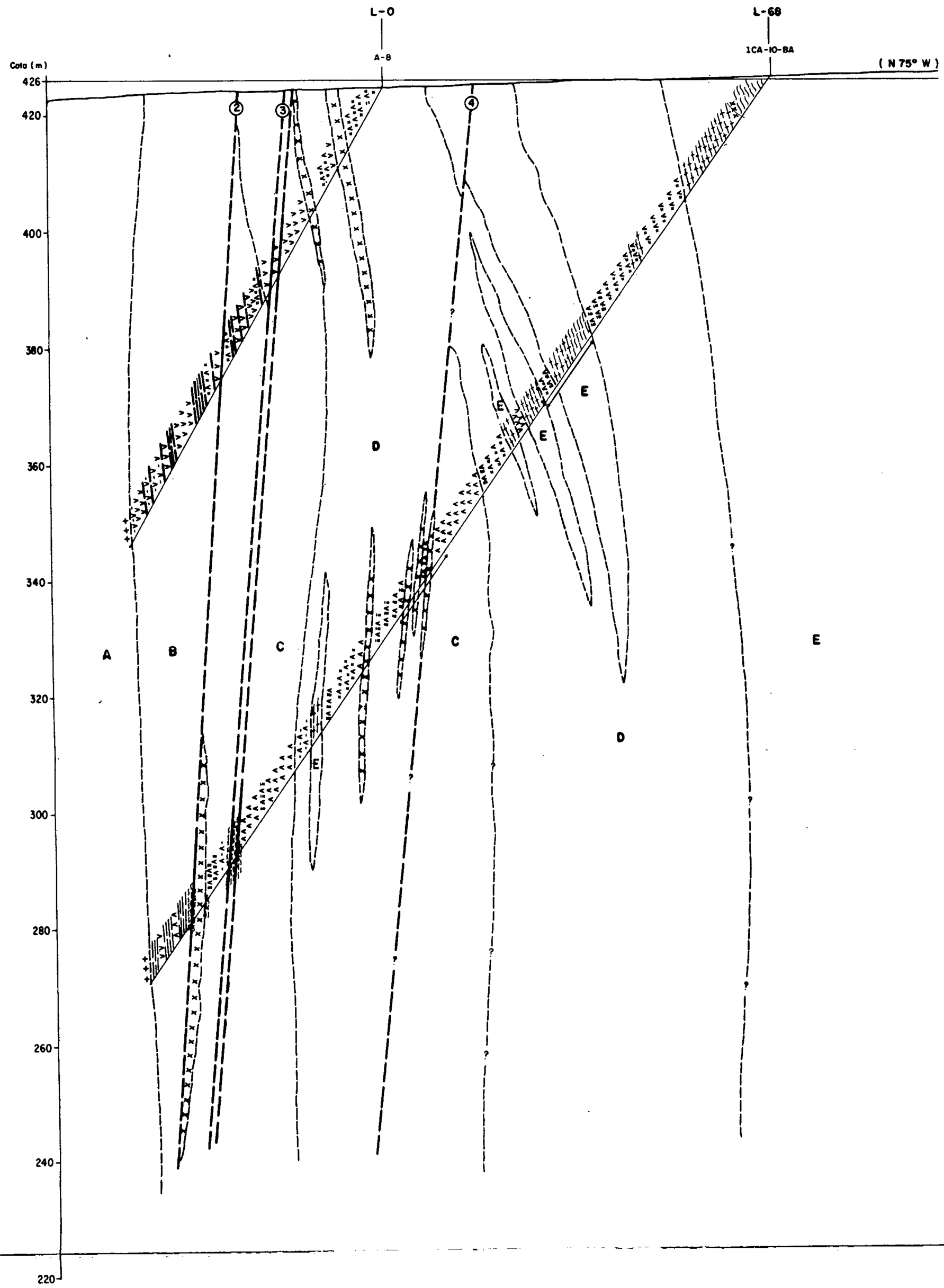
Minério A (> 0,70 % Cu)

Minério B (> 0,40 % Cu e < 0,70 % Cu)

Minério C (> 0,20 % Cu e < 0,40 % Cu)

Figura 68

DES. Emanoel V. Macedo



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

DEPÓSITO DE CERCADO VELHO

PERFIL GEOLÓGICO V

ESCALA

0 5 10 15m

GEOL. Inácio M. Delgado

A Granito gnáissico róseo e leptitos.

B Rochas norítica-piroxeníticas cloritizadas, algo gnaissificadas e alteradas hidrotermalmente, passando a anfibolitos.

C Rochas gabro-dioríticas alteradas hidrotermalmente.

Falhas ou fraturas com traço definido (1), aproximado (2) e duvidoso (3).

Simbologia dos furos na tabela III

D Rochas dioríticas e quartzo-dioríticas metassomatizadas e migmatizadas.

E Gnaisses diversos (ácidos a intermediários) com intercalações de leptitos.

(1) (2) (3) Contatos Litologicos: definido (1), aproximado (2) e duvidoso (3).

Figura 69

DES: Emanoel V. Macedo - 01/78

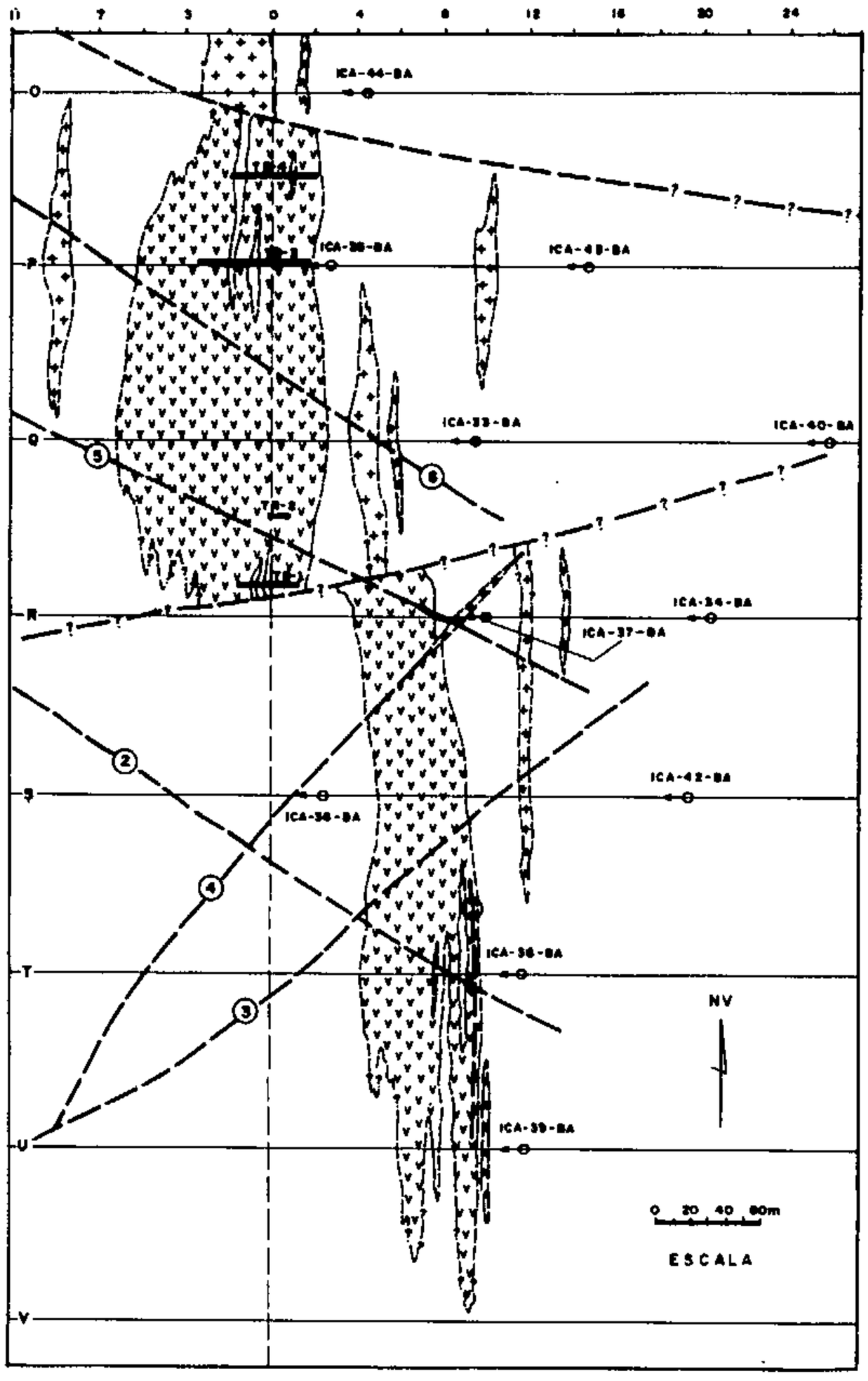
Devido a postura subvertical dos corpos de minério e a sua pequena possança, somente através de uma lavra subterrânea seria viável o aproveitamento do cobre deste depósito, a depender de estudos de viabilidade econômica.

7.3.1.5. Depósito de Pirulito

O depósito de Pirulito está encravado no Alvo L-2, cujos resultados dos trabalhos de pesquisa já foram objeto de outro capítulo deste relatório (7.2.3.).

O corpo de Pirulito é bem visível nas aerofotos 1:25.000 e facilmente identificado, no campo, graças ao solo argiloso cinza escuro, oriundo da alteração das rochas máficas-ultramáficas. Possui forma alongada, tabular, tanto em superfície como em subsuperfície, e compõe-se de dois blocos aparentemente seccionados e rejeitados por falhamento de direção WSW-ENE (fig. 70). A parte norte apresenta uma extensão linear de 270 metros e uma largura média de 100 metros, enquanto o bloco sul estende-se por 400 metros segundo uma largura média de 50 metros. O primeiro bloco provavelmente está limitado a norte por um falhamento de direção NW-SE. O corpo norítico-piroxenítico situado a noroeste de Pirulito (fig. 56) aparentemente constitui o seu prolongamento norte, rejeitado pelo falhamento supracitado.

Constitui-se dominantemente de rochas noríticas-piroxeníticas associadas com dioritos, gabros, anfibolitos e biotititos subordinados. Mostra uma complexidade litológica, atestada pelos estudos petrográficos e dos testemunhos de sondagem, refletida na variação litológica intensa e desordenada, causada principalmente pela ação de processos metassomáticos e migmatíticos, que responde pela trans



Geól. João Dalton de Souza

CONVENÇÕES

Corpo constituído predominantemente de noritos e piroxenitos com anfibolitos, gabros e dioritos subordinados, sendo as duas últimas litologias geralmente metassomatizadas e/ou migmatizadas.

Corpo constituído essencialmente de dioritos, e quartzo - dioritos, geralmente metassomatizados e/ou migmatizados.

Granito e granito gnáissico róseo

Mobilizado pegmatóide de composição quartzo-feldspático.

Biotita-gnaisse migmatítico, biotita-anfibólio - gnaisse migmatítico e leptito. Engloba intercalações delgadas anfibolíticas.

(5) (5) Falha e/ou fratura com indicação de número correspondente ao perfil geológico vertical: (1) aproximada e (2) duvidosa.

(1) (2)

Contatos litológicos: (1) aproximado e (2) duvidoso

(1) (2)

ICA-42-BA Furo de sondo executado

TR-1 Trincheira executada

Picada - eixo carroçável

PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 70 - Mapa geológico do corpo de Pirulito confeccionado com base na interpretação dos perfis de sondagem e com apoio de dados de superfície.

formação das rochas originais em tipos menos básicos. Assim, onde é mais enérgica a atuação destes processos, predominam os dioritos, quartzo-dioritos e quartzo-noritos, metassomatizados e/ou migmatizados, muitas vezes com boa estrutura planar (foliação e/ou aspecto gnáissico), enquanto os piroxenitos e noritos são subordinados ou ocorrem como "relictos".

As rochas encaixantes do corpo de Pirulito são biotita-gnaisses migmatíticos que localmente variam a biotita-hornblenda-gnaisses migmatíticos. Estas rochas englobam numerosas intercalações delgadas de anfibolito e menos comumente de diorito metassomatizado, encaixam faixas estreitas de leptitos frequentemente granatíferos e são interpenetradas por pequenos corpos regionalmente concordantes de granito róseo.

Devido a complexidade petrográfica do corpo de Pirulito e a dificuldade, e na maioria das vezes impossibilidade, de se correlacionar uma mesma litologia entre os furos de uma mesma seção, agrupou-se as litologias em quatro tipos principais (A, B, C e D), a fim de tornar viável a construção dos perfis geológicos verticais transversais, exemplificados na figura 72.

O corpo de Pirulito, bem como a foliação, quando presente, de suas rochas constitutivas, dispõem-se concordantemente com a foliação das rochas encaixantes, mostrando direção norte-sul e mergulhos muito fortes a subverticais inclinados para leste. Contudo, devido a sua maior mobilidade, os biotita-gnaisses migmatíticos encaixantes mostram intensidades de mergulho de foliação mais diversificadas, variando entre 65° a subverticalidade, para leste.

Os contatos entre o corpo de Pirulito e suas encaixantes são de rápida transição e em alguns casos bruscos, conforme ficou evidenciado nos estudos dos tes

temunhos de sondagem.

As falhas são as estruturas mais marcantes e melhor definidas, evidenciando-se por zonas de cataclasamento, milonitização e silicificação. Aquelas interpretadas nas seções geológicas verticais, apresentam invariavelmente mergulhos muito fortes.

A mineralização superficial de oxidados de cobre (malaquita,azurita e menos comumente cuprita) é muito fraca, apresentando-se disseminada na rocha hospedeira e/ou em filonetes ao longo de microfraturas e confinadas a locais esparsos e isolados.

A mineralização de sulfetos é constituída, na ordem decrescente de abundância, de pirita,calcopirita, pirrotita e rara bornita que se apresenta disseminada ou em "filmes", compondo corpos de minério de forma tabular tanto em seção horizontal como vertical (fig. 71).

Os corpos de minério confinam-se às rochas hipersteníticas e melanoríticas (Tipo D)e aos biotititos originados pela atuação dos processos hidrotermais metassomáticos sobre aquelas rochas. Estes corpos ocorrem maiormente no bloco norte do corpo máfico-ultramáfico, onde foram inferidos, com segurança, baseando-se nos estudos do testemunho de sondagem, até a profundidade máxima de 400 metros.

Constata-se intensa variação de teores dentro dos corpos de minério, fenômeno que parece estar maiormente condicionado pela remobilização de sulfetos através dos processos metassomáticos e migmatizantes.

Conquanto o teor do minério de cobre seja fraco, há possibilidade de no futuro o depósito de Pirulito vir a ser aproveitado economicamente, a depender da ampliação das reservas, o que é possível tendo em vista a existência, na área, de um número considerável de pequenos corpos noríticos-piroxeníticos, geoquimicamente anômalos e

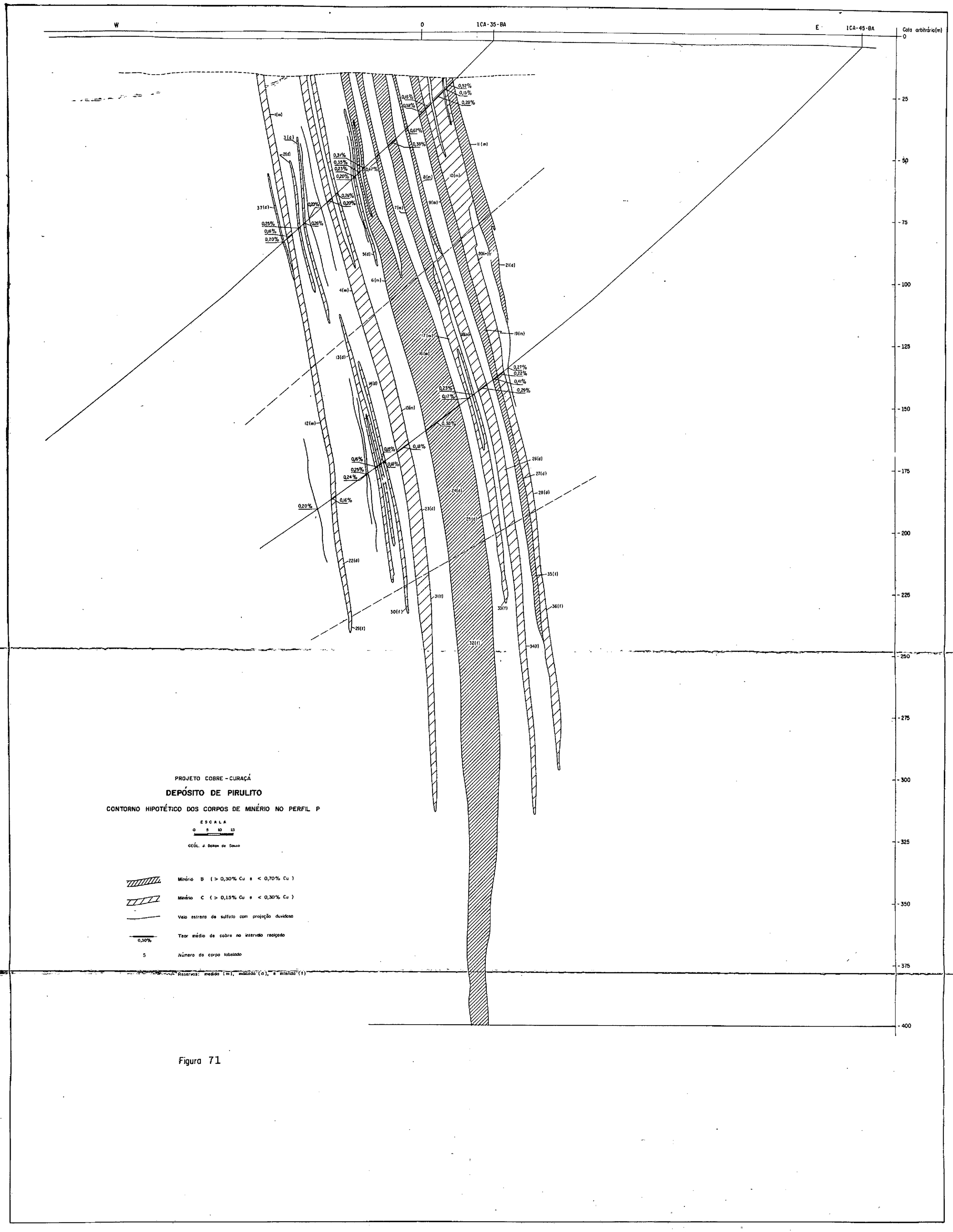

W
0
ICA-35-BA
E
ICA-45-BA
Cota arbitrária(m)
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
250
275
300
325
350
375
400
PROJETO COBRE - CURAÇÁ
DEPÓSITO DE PIRULITO
CONTORNO HIPOTÉTICO DOS CORPOS DE MINÉRIO NO PERFIL P
ESCALA
0 5 10 15
GEÓL. J. Dorion de Souza
Minério B (> 0,30% Cu e < 0,70% Cu)
Minério C (> 0,15% Cu e < 0,30% Cu)
Veio estreito de sulfeto com projeção duvidosa
0,30%
Teor médio de cobre no intervalo realçado
5
Número do corpo lobeado
Reservas: medida (m), indicada (d), e inferida (f)

Figura 71

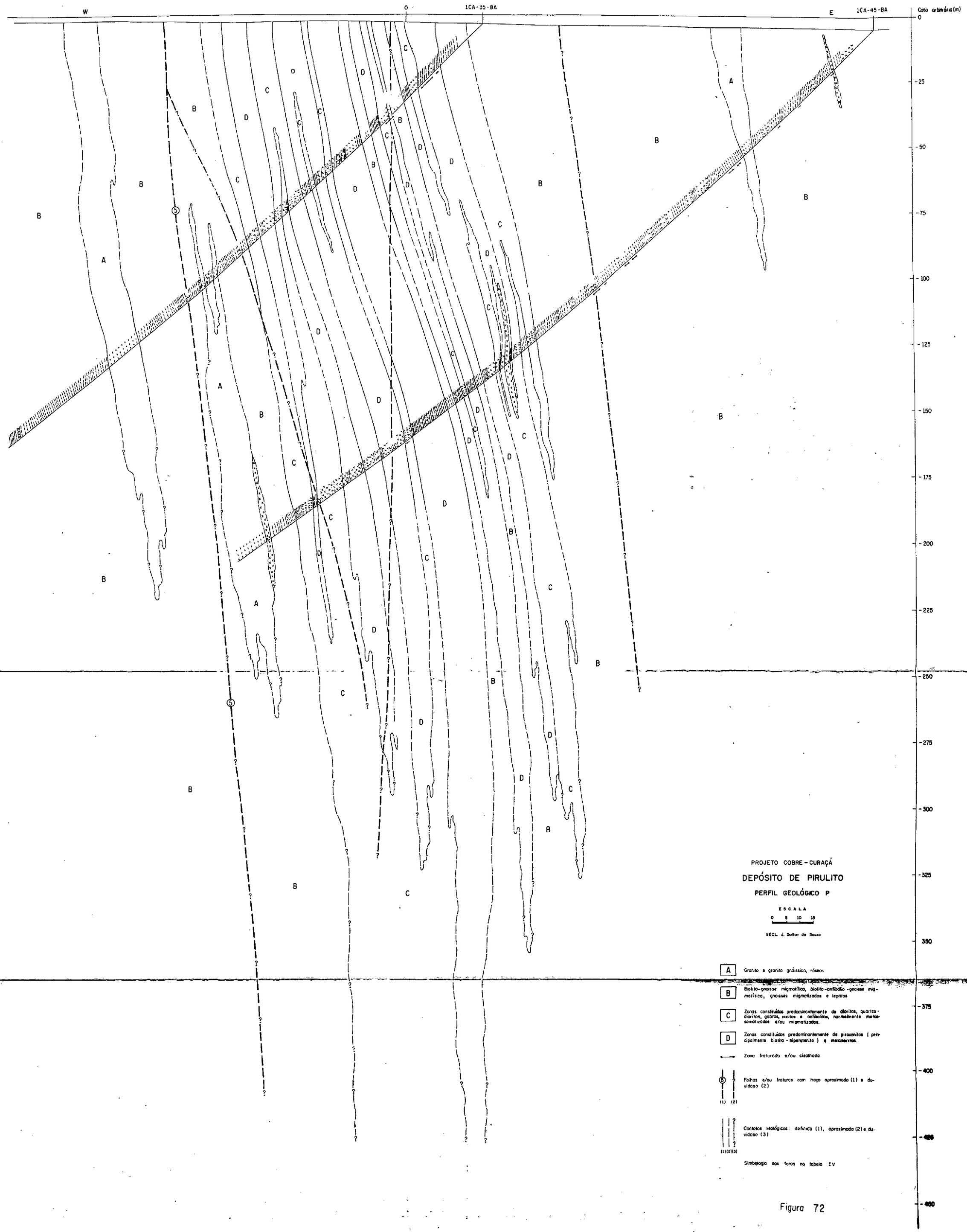

W
0
1CA-35-BA
E
1CA-45-BA
Cota arbitrária (m)
0
-25
-50
-75
-100
-125
-150
-175
-200
-225
-250
-275
-300
-325
-350
-375
-400
-425
-450
PROJETO COBRE - CURAÇÁ
DEPÓSITO DE PIRULITO
PERFIL GEOLÓGICO P
ESCALA
0 5 10 15
GEOL. J. Dalton de Souza
A Granito e granito gnáissico, róseos
B Biotita-gnaisse migmatítico, biotita-anfibólio-gnaisse migmatítico, gnaisses migmatizados e leptitos
C Zonas constituídas predominantemente de dioritos, quartzo-dioritos, gabros, noritos e anfibolitos, normalmente metassomatizados e/ou migmatizados.
D Zonas constituídas predominantemente de piroxenitos (principalmente biotita-hiperstenito) e metaserpentinitos.
Zona fraturada e/ou cisalhada
Falhas e/ou fraturas com traço aproximado (1) e duvidoso (2)
(1) (2)
Contatos litológicos: definido (1), aproximado (2) e duvidoso (3)
(1)(2)(3)
Simbologia dos furos na tabela IV

Figura 72

aparentemente dispostos segundo um "trend", de direção norte-sul e extensão de 2.500 metros, do qual participaria o depósito em apreço (fig. 56).

7.3.1.6. Depósito de Santa Fé

O depósito de Santa Fé encrava-se na área do Alvo S-12, cujos serviços de pesquisa já foram descritos em outro capítulo deste relatório (7.2.2.).

A pesquisa empreendida nesta área, caracterizou uma superposição de anomalias significativas de geoquímica e geofísica (IP e Magnetometria) numa extensão linear de aproximadamente 500 m, ao longo de um "trend" N-S.

As sondagens realizadas pela Caraíba Metais S.A., no local, atravessaram mais de 20 m de rocha mineralizada com teores de cobre elevados, conforme está documentado em relatório de verificação de pesquisa elaborado por técnicos do 7º Distrito do DNPM.

Em função desses dados e da extensão das anomalias geofísicas, inferiu-se uma reserva de minério de cobre sulfetado, para fins de compatibilização das reservas globais do distrito (7.3.3.2.).

A paralização das atividades do Projeto Cobre impediu que se realizasse a pesquisa necessária ao conhecimento exato da potencialidade desta área. No estágio atual, antes da execução das sondagens comprobatórias, é preciso a realização de um mapa geológico de detalhe apoiado em muitos serviços de trincheiras, pelo fato do alto grau de granitização do complexo mascarar as evidências superficiais deste depósito. Supõe-se que a Caraíba Metais S.A. tenha realizado as sondagens prospectivas, somente apoiada em anomalia geoquímica.

7.3.2. Mineralizações

7.3.2.1. Aspectos macroscópicos

A mineralização secundária de oxidação superficial dos depósitos cupríferos do vale do Curaçá é composta de malaquita, azurita, crisocola e, às vezes, cuprita, que manifestam-se sob a forma de impregnações concentradas ou dispersas no seio da rocha máfica-ultramáfica, não sendo raro, em ambos os casos, distribuirem-se segundo os planos de exfoliação da rocha hospedeira alterada. Mais frequentemente, contudo, essa mineralização ocorre sob a forma de "filmes" preenchendo fraturas ou fissuras das rochas hospedeiras, de modo que as "manchas" mais ricas de oxidados de cobre, normalmente, estão confinadas às zonas fraturadas e falhadas dos corpos máficos-ultramáficos. Nestes locais, a mineralização oxidada mostra-se muitas vezes associadas a microveios de mobilizados hidrotermais e pegmatóides. A mineralização de oxidados de cobre ainda ocorre, com certa frequência, associada a zonas de fraturas e falhas que interceptam gnaisses e migmatitos, sem mostrar, às vezes, relações diretas com corpos máficos-ultramáficos.

A zona de oxidação dos corpos máficos-ultramáficos pode atingir até mais de 30 metros, conquanto normalmente se desenvolva até uma profundidade média de (15 a 20)metros.

A tonelagem e o teor do minério oxidado variam muito de um depósito para outro e podem constituir um reflexo da potencialidade do minério sulfetado subjacente, quando a oxidação se manifesta nas rochas máficas - ultramáficas hospedeiras.

Macroscopicamente, a mineralização sulfetada é composta dos seguintes minerais, listados em ordem decrescente de abundância:

- calcopirita
- pirita
- bornita
- pirrotita
- calcocita

Nos depósitos mais ricos, o conteúdo de bornita supera a pirita, invertendo-se a relação nos depósitos de baixo teor de cobre, como Pirulito, onde raramente constata-se a presença de bornita. A calcocita foi observada, nos estudos realizados, apenas no depósito de Surubim, constituindo, provavelmente, um sulfeto de origem supergênica.

Esta mineralização sulfetada de cobre e ferro ocorre sob a forma de grânulos diminutos ou grãos milimétricos bem disseminados no seio da rocha hospedeira ou como vênulas e microlentes preenchendo juntas, zonas cisalhadas e fissuras dos minerais silicatados. As concentrações de sulfetos maciços são mais raras e ocorrem condicionadas às zonas de fraturamento, de alterações hidrotermais e à presença de lentes piroxeníticas (hipersteníticas).

Em relação as litologias hospedeiras, a mineralização de sulfetos concentra-se nas rochas piroxeníticas (hiperstenitos e bronzititos), melanoríticas e biotitíticas; distribui-se, com certa regularidade, nas rochas gabro-noríticas; e apresenta-se subordinada nas rochas dioríticas.

Os corpos de minério, em seções ver

ticais e horizontais, apresentam,em geral,forma tabular e/ou lenticular. Em certos depósitos, contudo, podem mostrar, localmente, formas mais irregulares ("amas") resultantes da remobilização da mineralização sulfetada.

Os estudos dos dados de sondagem conduzem à interpretação de uma forma tabular, original, para os corpos de minério dos depósitos do vale do Curaçá, posteriormente modificada, devido a remobilização das mineralizações de sulfetos. Esta processou-se em vários estágios, relacionados aos seguintes eventos geológicos principais:

1) a fase de dobramento principal da área;

2) a fase de granitização que sucedeu ao estágio anterior; e

3) as fases de hidrotermalismo e metassomatismo subsequentes.

A intensa variação dos teores de cobre dentro do corpo de minério está maiormente condicionada pela remobilização da mineralização, sendo a granitização (migmatização e metassomatismo) o processo mais atuante em âmbito local, explicando, em parte, a associação mais frequente dos sulfetos com os minerais ferromagnesianos.

Concentrações de sulfetos são frequentemente observadas nos biotititos, produto do metassomatismo hidrotermal das rochas ultramáficas e máficas. Mobilizados pegmatóides, granitóides e quartzosos são comuns cortando os corpos máficos-ultramáficos, servindo de agente à remobilização dos sulfetos.

7.3.2.2. Aspectos microscópicos

Nos estudos calcográficos efetuados em onze amostras de testemunhos de sondagem do depósito de Pirulito, a calcopirita foi o único sulfeto identificado, embora outros sulfetos (pirita, pirrotita e bornita) tenham sido identificados nos estudos macroscópicos dos testemunhos de sondagem dos diversos depósitos cupríferos do vale do Curaçá. Estudando seções polidas de amostras do minério cuprífero de Caraíba, André Schneider (1957) identificou os espinélios, hercinita cromitífera e magnoferrita e uma série de sulfetos: calcopirita, bornita, pirrotita, e subordinadamente pentlandita, gersdorfita,calcocita,covelita, bismutinita, tetraedrita, etc.

Com respeito ao depósito de Pirulito, nas amostras analisadas (piroxenitos e noritos),os grãos de calcopirita apresentam formas variáveis e em poucos casos estão isolados, ocorrendo geralmente agregados à magneto-ilmenita. Os menores grãos (0,0099 mm) são equidimencionais, enquanto os maiores são de formas irregulares, agregados à magneto-ilmenita e podem atingir (0,0099 x 0,70) mm. Por isso, podem ter posição intergranular ou, em menor proporção, ocorrerem inclusos nos piroxênios.

Os opacos (calcopirita e magneto-ilmenita) ocorrem em proporções (em volume) que variam entre(1 a 19)%, sendo 9,4% (em volume) a sua proporção média nas amostras estudadas. Entre os opacos, a calcopirita ocorre, em média, na proporção de 3,5%, de modo que a participação média de magneto-ilmenita é de 5,9%. Em peso, a proporção média de calcopirita aproxima-se de 4%.

O Dr. Djalma Guimarães, autor dos es

tudos calcográficos, concluiu, para os sulfetos do depósito de Pirulito, uma gênese endomagmática e de formação anterior e durante a cristalização dos piroxênios.

7.3.2.3. Quimismo

A análise espectrográfica semi-quantitativa para 30 elementos não revelou nenhuma outra mineralização associada ao minério de cobre dos depósitos de Lagoa da Mina, Cercado Velho e Pirulito.

Nas tabelas XIX, XX e XXI estão registrados os elementos químicos que apresentaram teores mais significativos, acima do limite de sensibilidade do método, sem, no entanto, constituirem mineralizações. Contudo, o comportamento da prata em relação ao cobre evidencia a necessidade de estudos mais detalhados, com vista a possibilidade de aproveitamento daquele metal como subproduto, haja visto que seus teores mais elevados coincidem com os maiores teores de cobre (tab. XIX e XX), o que denuncia a associação destes elementos no minério de cobre. Em Pirulito, onde os teores de cobre são bem mais fracos, a prata ocorre geralmente em teores iguais ou inferiores ao limite de detecção do método, isto é, 0,5 ppm (tab. XXI).

No depósito de Pirulito é patente a associação entre o cobre, o cromo e o níquel, revelada pelo fato dos teores mais elevados e mais baixos destes dois últimos elementos acompanharem, respectivamente, os maiores e menores teores de cobre (tab. XXI), demonstrando a associação primária do Cu, Cr e Ni no ambiente de formação do corpo máfico-ultramáfico. Este fato já tinha sido verificado com base nas correlações lineares efetuadas no ambiente secundário, no estudo orientativo de geoquímica de solo residual

Amostra	Ti	Cu	Ni	Co	Cr	Ag	Mn	Ba	Pb	Sr	V
1107	10.000	200	30	100	100	N (0,5)	1.500	500	20	1.000	100
1130	3.000	1.500	50	10	1.500	N (0,5)	1.500	700	15	200	70
1131	3.000	5.000	150	20	500	2	1.000	200	15	100	100
1132	5.000	3.000	200	30	1.500	2	700	700	10	150	200
1133	5.000	3.000	200	30	700	1,5	700	500	10	150	150
1134	5.000	7.000	150	30	1.000	2	1.000	700	15	200	150
1135	10.000	20.000	300	100	1.500	1,5	1.500	300	L (10)	300	150
1136	5.000	5.000	200	30	1.000	L (0,5)	700	300	15	150	150
1137	5.000	2.000	100	20	200	1	500	700	10	300	100
1138	5.000	2.000	150	20	500	N (0,5)	700	100	10	200	150
1139	5.000	5.000	200	20	700	1	1.000	150	10	200	150
1140	3.000	7.000	300	30	2.000	1	1.000	150	10	200	150
1141	2.000	2.000	150	30	1.500	L (0,5)	1.500	500	10	300	150
1142	7.000	10.000	150	70	700	1	1.500	200	L (10)	500	100
1143	1.500	15.000	500	100	2.000	3	1.500	150	10	L (100)	200
1144	5.000	10.000	300	70	1.500	3	1.000	300	10	100	200
1146	7.000	300	100	50	700	L (0,5)	1.500	300	10	1.000	100
1168	5.000	3.000	500	100	3.000	L (0,5)	1.500	150	30	200	200
Média dos teores (18 amosts)	5.083	5.611	207	48	1.144	< 1,2	1.128	367	< 13	< 297	143
Faixa de variação dos teores	1.500 a 10.000	200 a 20.000	30 a 500	100 a 100	100 a 3.000	< 0,5 a 3	500 a 1.500	100 a 700	< 10 a 30	< 100 a 1.000	70 a 200

Tabela XIX - Análise espectrográfica semi-quantitativa de amostras de testemunhos de sondagem do corpo de Cercado Velho (teores em ppm)*

N = não detectado. L = menor que o valor registrado (limite inferior de detectação)

* Fonte - Lotes 238 e 241/LAMIN - ANEXO E - VOL. VIII - A

Amostra	Ti	Cu	Ni	Co	Cr	Ag	Mn	Ba	Pb	Sr	V
1199	7.000	G(20.000)	300	100	300	L (0,5)	1.500	1.000	20	1.000	150
1207	5.000	15.000	200	70	1.000	2	1.500	500	10	500	150
1261	5.000	G(20.000)	500	100	3.000	1	1.500	200	10	300	150
2041	2.000	1.500	70	20	200	N (0,5)	500	150	L (10)	300	70
2042	3.000	15.000	300	50	1.500	3	700	150	L (10)	200	150
2043	2.000	2.000	70	20	150	N (0,5)	500	150	10	300	100
2044	5.000	2.000	70	30	150	N (0,5)	500	150	10	500	150
2045	3.000	2.000	70	30	100	N (0,5)	500	100	L (10)	300	150
2046	3.000	2.000	100	30	700	N (0,5)	500	200	10	300	100
2047	2.000	20.000	500	100	2.000	3	1.000	300	10	100	200
2048	2.000	3.000	50	20	150	1	500	200	20	500	50
2049	3.000	5.000	200	50	1.000	1	700	300	10	100	100
2050	3.000	15.000	300	50	1.000	2	700	500	10	100	100
2051	2.000	10.000	200	50	1.000	2	700	200	10	200	150
2052	5.000	3.000	150	30	700	0,5	700	300	10	300	150
2053	3.000	700	150	30	700	N (0,5)	500	300	10	200	100
2054	3.000	10.000	300	100	2.000	0,5	1.000	100	L (10)	200	200
2055	5.000	10.000	200	50	1.000	2	700	150	L (10)	300	150
2056	10.000	3.000	150	50	700	1	1.000	100	10	200	150
2057	5.000	5.000	200	50	1.000	1	500	300	10	500	150
2058	5.000	5.000	200	50	700	1	700	200	10	500	100
2059	3.000	10.000	300	50	1.000	1,5	700	500	10	150	150
2060	2.000	3.000	70	10	20	1	200	1.000	30	150	50
2061	5.000	7.000	300	50	1.000	1	700	300	10	150	150
2062	1.500	20.000	500	100	1.500	3	1.000	150	10	100	200
2063	3.000	5.000	100	20	200	0,5	700	300	10	500	100
2064	5.000	15.000	500	70	1.500	2	1.000	500	10	150	150
2065	3.000	500	100	20	500	N (0,5)	1.000	300	30	200	100
2066	5.000	7.000	300	100	1.000	1	1.000	500	10	300	200
2067	5.000	3.000	200	50	1.000	0,5	1.000	500	L (10)	500	150
Média dos teores (48 amosts)	3.850	< 7.990	222	52	892	< 1,2	790	320	< 12	303	134
Faixa de variação dos teores	1.500 a 10.000	500 a < 20.000	50 a 500	10 a 100	20 a 3.000	< 0,5 a 3	200 a 1.500	100 a 1.000	< 10 a 30	100 a 1.000	50 a 200

Tabela XX - Análise espectrográfica semi-quantitativa de amostras de testemunhos de sondagem do corpo de Lagoa da Mina (teores em ppm)*

N = não detectado L = menor que o valor registrado (limite inferior de detectação).

* Fonte - Lotes 238 e 601/LAMIN - ANEXO E - VOL. VIII - A.

Amostra	Ti	Cu	Ni	Co	Cr	Ag	Mn	Ba	Pb	Sr	V
1279	10.000	200	30	70	20	N (0,5)	3.000	70	L (10)	100	200
1291	3.000	3.000	700	100	3.000	N (0,5)	3.000	300	L (10)	100	300
1292	3.000	3.000	1.500	200	G (5.000)	1	2.000	500	10	L (100)	500
1293	3.000	3.000	1.000	150	5.000	1	1.500	500	10	L (100)	300
1294	2.000	2.000	200	30	1.500	N (0,5)	1.000	200	20	200	150
1295	5.000	2.000	150	30	700	0,5	1.000	300	10	150	150
1296	5.000	2.000	500	50	2.000	0,5	1.500	500	10	150	200
1297	3.000	3.000	1.000	150	3.000	1	1.500	500	10	L (100)	200
1298	5.000	700	100	30	500	N (0,5)	1.000	150	20	200	150
1299	5.000	700	100	30	200	N (0,5)	700	100	15	150	150
1300	3.000	3.000	700	150	3.000	1	1.500	300	10	100	300
1301	3.000	500	70	30	500	N (0,5)	1.000	100	20	150	150
1314	3.000	2.000	500	100	3.000	L (0,5)	3.000	500	L (10)	100	300
1329	5.000	5.000	1.000	150	G (5.000)	0,5	3.000	500	L (10)	100	500
1354	5.000	2.000	500	100	5.000	L (0,5)	3.000	200	L (10)	200	500
1380	5.000	1.000	300	70	3.000	N (0,5)	1.500	70	L (10)	100	300
1402	10.000	2.000	300	100	3.000	L (0,5)	1.500	100	L (10)	150	300
1424	7.000	2.000	500	100	3.000	L (0,5)	1.500	500	L (10)	150	300
1459	7.000	1.500	500	100	2.000	L (0,5)	1.500	700	L (10)	150	300
1470	7.000	200	50	50	100	N (0,5)	1.500	200	L (10)	150	200
1478	5.000	5.000	700	150	3.000	0,5	2.000	200	L (10)	100	300
1516	5.000	3.000	500	100	3.000	L (0,5)	2.000	300	L (10)	150	300
1548	5.000	3.000	700	100	5.000	L (0,5)	2.000	300	L (10)	100	300
1582	10.000	2.000	500	100	3.000	L (0,5)	2.000	700	L (10)	150	300
1594	7.000	150	30	50	200	N (0,5)	1.500	200	15	500	200
1817	3.000	5.000	300	100	1.000	N (0,5)	1.500	150	L (10)	150	300
1837	3.000	1.500	300	150	500	N (0,5)	1.500	200	L (10)	100	300
1846	3.000	5.000	200	50	300	N (0,5)	1.500	100	10	200	200
1869	5.000	1.000	500	100	2.000	N (0,5)	2.000	150	N (10)	N (100)	700
1876	5.000	1.500	200	50	1.000	N (0,5)	2.000	300	N (10)	100	500
1888	5.000	1.000	200	50	700	N (0,5)	2.000	500	L (10)	100	500
1913	5.000	300	15	20	50	N (0,5)	1.000	100	10	150	150
1914	7.000	500	20	30	50	N (0,5)	1.000	100	10	300	100
1915	2.000	2.000	500	50	2.000	1,5	1.000	500	10	L (100)	200
1916	1.500	700	100	10	500	N (0,5)	300	300	30	150	100
1917	3.000	3.000	500	150	3.000	1	1.000	300	N (10)	N (100)	300
1918	3.000	3.000	500	150	2.000	0,5	700	200	10	L (100)	200
1919	5.000	2.000	500	100	3.000	0,5	700	300	10	100	200
1920	2.000	3.000	300	50	1.500	1	1.000	300	N (10)	N (100)	150
1921	2.000	3.000	500	150	3.000	1	1.500	300	N (10)	N (100)	200
1922	2.000	3.000	500	100	3.000	1,5	700	500	N (10)	N (100)	200
1923	2.000	3.000	500	150	3.000	1	700	500	N (10)	N (100)	200
1924	2.000	3.000	500	150	3.000	1	700	500	N (10)	N (100)	200
1925	2.000	3.000	500	150	3.000	1,5	700	500	N (10)	N (100)	200
1926	5.000	500	100	100	200	N (0,5)	700	70	10	100	150
Média dos teores (45 amostras)	4.411	2.154	419	92	>2.123	<0,6	1.487	308	<11	<137	264
Faixa de variação dos teores.	1.500 a 10.000	150 a 5.000	15 a 1.500	10 a 200	20 a >5.000	<0,5 a 1,5	300 a 3.000	70 a 500	<10 a 30	<100 a 300	100 a 700

N = não detectado. L = menor que o valor registrado (limite inferior de detectação)

Tabela XXI - Análise espectográfica semi-quantitativa de amostras de testemunhos de sondagem do corpo de Pirulito (teores em ppm)*

* Fonte - Lotes 238, 241, 336 e 370/LAMIN - ANEXO D - VOL. IX - A

realizado sobre o alvo-teste de Pirulito (4.2.2.2.).

Nos depósitos de Lagoa da Mina e Cercado Velho, entretanto, nota-se que a correlação entre Cu,Cr e Ni é reduzida e, em termos absolutos, os teores de Cr e Ni são inferiores aos teores destes elementos registrados no depósito de Pirulito. Estes fatos constituem, sem dúvida, um reflexo do grau de basicidade das litologias hospedeiras da mineralização cuprífera, predominantemente ultrabásicas, no corpo de Pirulito, enquanto nos corpos de Lagoa da Mina e Cercado Velho são predominantemente básicas.

Essa associação paragenética entre cobre, cromo e níquel, bem caracterizada através de valores relativamente elevados nas rochas ultrabásicas e diminuindo, em termos absolutos e relativos nas rochas básicas, sugere uma origem magmática para os corpos máficos-ultramáficos, portadores de concentrações de mineralizações cupríferas no vale do Curaçá.

Os teores de estrôncio, mais elevados nos corpos de Lagoa da Mina e Cercado Velho do que no corpo de Pirulito, constitui, aparentemente, uma resposta ao maior grau de granitização dos complexos máficos - ultramáficos da área de Angico.

As análises para ouro, por absorção atômica ressaltaram resultados bastante promissores com relação as possibilidades de aproveitamento deste metal como subproduto do cobre.

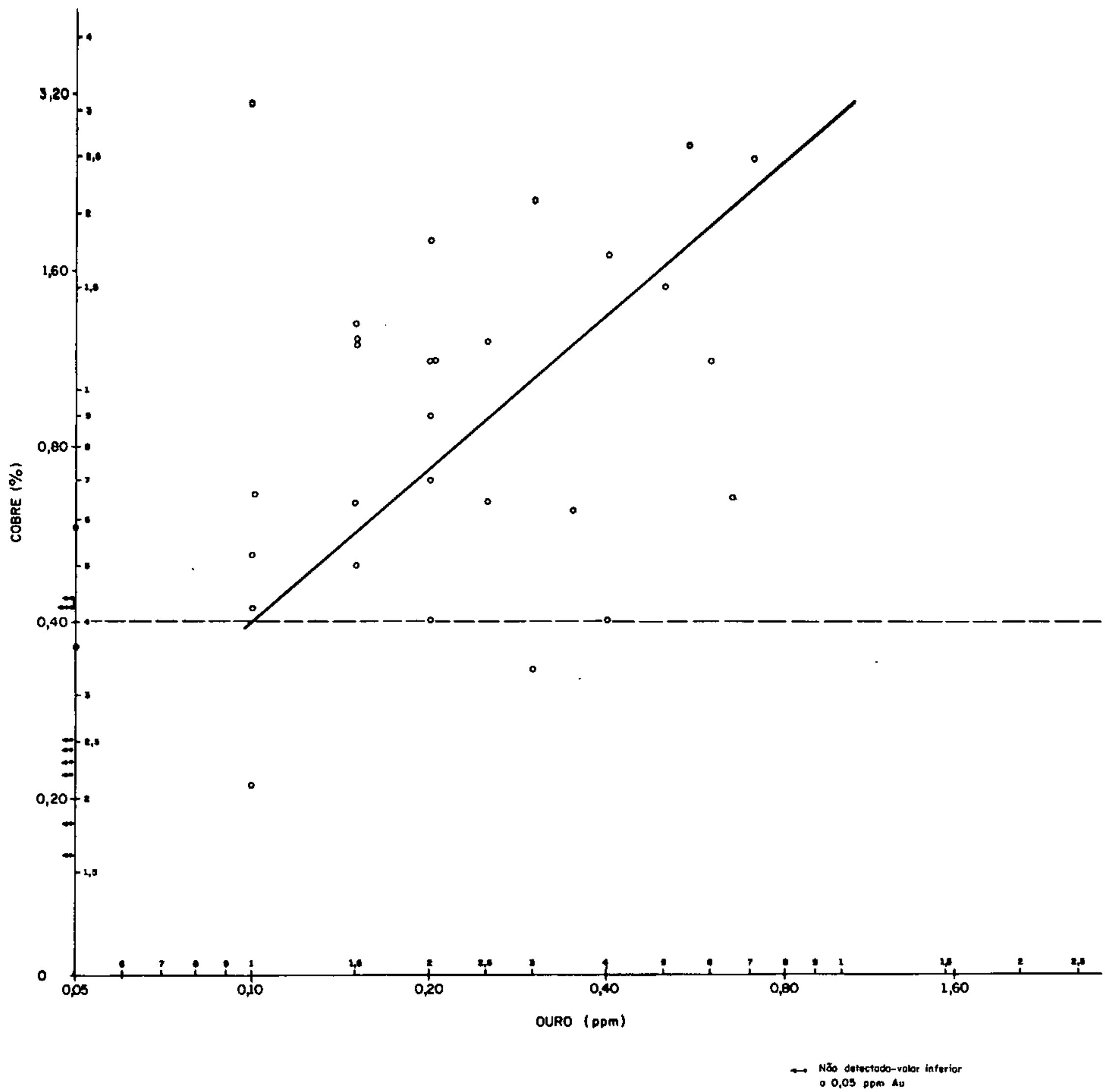
A tabela XXII registra os teores de cobre e ouro de 48 amostras de testemunhos de sondagem dos depósitos de Lagoa da Mina e Cercado Velho.

Na figura 73 assinala-se a correla

Área	Furo	Nº de Amostra	Intervalo analisado (m)			ppm Au	% Cu
			De	Até	Comprimento		
Cercado Velho	1CA-10-BA	1107	70,00	71,00	1,00	L (0,05)	0,02
		1130	172,00	173,00	1,00	N (0,05)	0,10
		1131	173,00	174,00	1,00	0,05	0,58
		1132	178,00	179,00	1,00	0,30	0,33
		1133	179,00	180,00	1,00	0,20	0,40
		1134	180,00	181,00	1,00	0,20	0,70
		1135	181,00	182,00	1,00	0,50	1,50
		1136	182,00	182,45	0,45	0,25	0,64
		1137	182,45	183,00	0,55	N (0,05)	0,24
		1138	183,00	184,00	1,00	L (0,05)	0,24
		1139	184,00	185,00	1,00	0,35	0,62
		1140	185,00	186,00	1,00	0,65	0,65
		1141	186,00	187,00	1,00	0,10	0,21
		1142	187,00	188,00	1,00	0,20	0,90
		1143	188,00	189,00	1,00	2,50	2,22
		1144	189,00	189,82	0,82	0,40	1,70
	1CA-11-BA	1146	93,08	94,00	0,92	L (0,05)	0,02
		1168	165,00	166,00	1,00	0,40	0,40
Lagoa da Mina	1CA-13-BA	1199	32,00	33,00	1,00	L (0,05)	2,70
		1207	42,00	43,00	1,00	0,25	1,20
	1CA-16-BA	1261	173,00	173,92	0,92	0,10	3,10
	1CA-19-BA	2041	65,52	66,40	0,88	N (0,05)	0,16
		2042	68,84	69,22	0,38	0,30	2,10
		2043	69,22	70,24	1,02	N (0,05)	0,25
		2044	70,24	71,35	1,11	N (0,05)	0,23
		2045	71,35	71,67	0,32	N (0,05)	0,22
		2046	71,67	72,09	0,42	N (0,05)	0,18
		2047	72,09	72,85	0,76	0,55	2,60
		2048	72,85	73,31	0,46	N (0,05)	0,42
		2049	73,31	73,90	0,59	0,15	0,50
		2050	73,90	75,00	1,10	0,20	1,83
		2051	75,00	75,40	0,40	0,20	1,14
		2052	89,40	90,00	0,60	0,10	0,42
		2053	90,00	90,73	0,73	N (0,05)	0,06
		2054	90,73	91,00	0,27	0,15	1,23
		2055	91,00	92,00	1,00	0,20	1,14
		2056	92,00	92,55	0,55	N (0,05)	0,44
		2057	96,30	97,00	0,70	0,15	0,64
		2058	98,78	99,00	0,22	0,10	0,52
	1CA-21-BA	2059	212,40	213,00	0,60	0,15	1,30
		2060	213,00	213,31	0,31	N (0,05)	0,34
		2061	213,31	214,00	0,69	0,15	1,23
		2062	214,00	215,00	1,00	0,70	2,48
		2063	215,00	215,77	0,77	N (0,05)	0,42
		2064	215,77	216,34	0,57	0,60	1,14
		2065	216,34	216,86	0,52	N (0,05)	0,03
		2066	216,86	217,00	0,14	0,10	0,66
		2067	217,00	217,26	0,26	0,05	0,36

N = não detectado. L = menor que o valor registrado (limite inferior de detectação).

Tabela XXII - Correlação dos teores de ouro e cobre determinados em amostras de testemunhos de sondagem dos corpos de Lagoa da Mina e Cercado Velho.



PROJETO COBRE — CURAÇÁ

Figura 73 – Correlação entre os teores quantitativos de Cu e Au, analisados por absorção atômica, em amostras de testemunhos de sondagem dos depósitos de Lagoa da Mina e Cercado Velho.

ção entre os teores de ouro e cobre das 48 amostras analisadas. Na construção do gráfico utilizou-se escalas logarítmicas, já que os teores de ouro obedecem a uma distribuição lognormal.

Analisando-se a tabela e a figura citadas conclui-se de imediato a nítida associação entre o cobre e o ouro, com os maiores teores do último metal coincidindo geralmente com os teores mais elevados de cobre, ao mesmo tempo que os teores de ouro abaixo do limite inferior de detecção do método de absorção atômica (0,5 ppm) correspondem, em geral, às amostras onde os teores de cobre são baixos ou há ausência de mineralização cuprífera.

A partir da reta de correlação do cobre com o ouro (fig. 73), os teores deste metal podem ser determinados, preliminarmente, conhecendo-se os teores de cobre do minério. Com este procedimento foi inferido o conteúdo de ouro dos depósitos cupríferos do vale do Curaçá(7.3.3.3).

Outrossim, a análise do gráfico da figura 73 permite concluir-se que o ouro só se manifesta, de modo significativo, em minério com teores de no mínimo 0,40% Cu, fato que explica os baixos teores de ouro, geralmente iguais ou inferiores a 0,05 ppm, detectados no depósito de Pirulito, onde o minério de cobre mostra teor médio de 0,30% Cu.

A elevação dos teores de cobre é, em geral, proporcional ao conteúdo de calcopirita no minério e não se constatou, nas zonas mais ricas em cobre, o aumento relativo do conteúdo de pirita que justificasse a correlação dos teores de cobre e ouro, se este elemento estivesse associado ao sulfeto de ferro. Outrossim, nas zonas ricamente mineralizadas com sulfetos, no corpo de Pirulito, onde o conteúdo de pirita parece muito elevado, não foi constatada a

presença de ouro. Estes fatos, baseados nos estudos preliminares que devem ser posteriormente confirmados através dos ensaios tecnológicos, fazem supor que o ouro participa da estrutura da calcopirita.

Economicamente a associação do ouro com o cobre pode tomar aspectos muito importantes no vale do Curaçá, tendo-se em vista a existência de depósitos cupríferos mais ricos, quanto às reservas e aos teores de cobre, como é o caso do jazimento de Caraíba.

Apesar de não se ter realizado análise para platina é provável que este metal ocorra associado com a mineralização cuprífera o que é perfeitamente compatível com a paragênese rocha máfica-ultramáfica + sulfetos de cobre + subprodutos associados (ouro e prata).

Concluindo, recomenda-se que nos futuros trabalhos de pesquisa sejam efetuados estudos de detalhe sobre a possibilidade de aproveitamento do ouro e da prata como subprodutos de cobre, bem como com vistas a comprovação da associação de platina com o minério cuprífero do vale do Curaçá.

7.3.2.4. Considerações comparativas sobre os aspectos químicos-mineralógicos dos depósitos cupríferos do vale do Curaçá

Quimicamente, o minério cuprífero sulfetado do vale do Curaçá mostrou as seguintes características principais:

a) Entre os elementos maiores, destaca-se o alto conteúdo de ferro (vol. VIII - Anexo E e vol. IX - Anexo D);

b) Entre os elementos traços: titânio e cromo predominam entre os metais; cobalto, níquel, manganês e vanádio estão sempre presentes em quantidades bastante subordinadas; ouro e,menos caracteristicamente, prata ocorrem em pequenas quantidades e associados ao cobre; e zinco e chumbo são praticamente ausentes.

Quanto a mineralogia, registra-se que:

a) O cobre ocorre essencialmente sob a forma de calcopirita e subordinadamente bornita;
b) O ferro manifesta-se sob a forma de óxidos(magneto-ilmenita e magnetita) e como pirita e/ou pirrotita;
c) O titânio se encontra notadamente na magneto - ilmenita.

Comparativamente, em relação aos tipos de jazimento de cobre da classificação de Pélissonnier (1970), os depósitos cupríferos do vale do Curaçá apresentam características químicas e mineralógicas bastante semelhantes aos jazimentos cupríferos agrupados por aquele autor como "Tipo 8: depósitos cupríferos com ferro oxidado e associados a rochas intrusivas básicas", conforme se conclui das considerações ditadas a seguir.

O "tipo 8" de jazimento cuprífero de Pelissonnier apresenta as seguintes características químicas: o ferro, em parte oxidado é característico e predominante entre os metais; ouro e cobalto são bastante constantes; níquel ocorre em quantidade sempre muito subordinada; um pou

co de titânio e às vezes de platina; o zinco aparece em quantidade muito fraca; enquanto chumbo e prata estão praticamente ausentes. Do ponto de vista mineralógico: o cobre ocorre essencialmente como calcopirita ou bornita; o ferro aparece em parte como óxidos (magnetita e especularita) e em parte como pirita ou pirrotita; o ouro é nativo ou está incluso no mispiquel ou pirita; o níquel aparece principalmente como pentlandita associada com pirrotita; e o titânio se encontra na ilmenita, geralmente em inclusões reticulares dentro da magnetita.

A título de comparação registra-se que, do ponto de vista químico-mineralógico, os depósitos cupríferos do vale do Curaçá diferenciam-se muito dos jazimentos cupríferos disseminados estratiformes sedimentares (não metamórficos ou metamórficos), já que, segundo o autor supracitado, esses depósitos são normalmente pobres em ferro e enxofre; a calcocita e bornita são os minerais de cobre mais importantes; blenda, galena e cobalto são frequentemente associados com esses jazimentos, podendo formar mineralizações importantes; etc.

7.3.3. Reservas de minério de cobre

7.3.3.1. Minério de cobre oxidado

As reservas inferidas de minério de cobre oxidado, relacionadas na tabela XXIII, contém, aproximadamente, 60.000 t de cobre metálico.

Em relação as reservas globais de minério sulfetado (7.3.3.2.), o oxidado de cobre é insignificante, contribuindo com apenas 6% do conteúdo de cobre metálico do vale do Curaçá.

RESERVAS / CLASSES DE MINÉRIO	MEDIDA			INDICADA			INFERIDA			PESO TOTAL		
	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)
A (0,6% Cu)	23.038.108	414.092	1,80	2.616.028	43.664	1,67	6.458.722	105.305	1,63	32.112.858	563.061	1,75
B (0,4 - 0,6% Cu)	1.888.186	9.119	0,48	387.011	1.905	0,49	78.981	427	0,54	2.354.178	11.451	0,49
C (0,2 - 0,4% Cu)	6.999.406	19.275	0,27	1.564.304	4.214	0,27	2.258.109	6.070	0,27	10.821.819	29.559	0,29
TOTAL GERAL	31.925.700	442.486	1,38	4.567.343	49.783	1,09	8.795.812	111.802	1,27	45.288.855	604.071	1,33

Tabela XXIV - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado da jazida de Caraíba.
(Fonte - Relatório Anual de Lavra de 1970 - DNPM 810.291/70, parcialmente modificado)

RESERVAS / CLASSES DE MINÉRIO	MEDIDA			INDICADA			INFERIDA			PESO TOTAL		
	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)
A (0,6% Cu)	2.114.855	36.518	1,72	1.615.842	23.663	1,46	2.098.546	40.207	1,91	5.830.243	100.388	1,72
B (0,4 - 0,6% Cu)	663.204	3.321	0,50	723.278	3.717	0,51	389.623	2.036	0,52	1.776.105	9.074	0,51
C (0,2 - 0,4% Cu)	1.663.903	4.568	0,27	1.278.415	3.525	0,27	610.458	1.676	0,27	3.552.776	9.769	0,27
TOTAL GERAL	4.441.962	44.407	1,00	3.618.535	30.905	0,85	3.098.627	43.919	1,42	11.159.124	119.231	1,07

Tabela XXV - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado do depósito de Baraúna-Imburana.
(Fonte - Relatório Anual de Lavra de 1970 - DNPM 810.291/70, parcialmente modificado)

RESERVAS / CLASSES DE MINÉRIO	MEDIDA			INDICADA			INFERIDA			PESO TOTAL		
	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)
A (0,7% Cu)	412.200	4.869	1,18	671.602	6.894	1,03	991.837	8.440	0,85	2.075.639	20.203	0,97
B (0,4 - 0,7% Cu)	294.397	1.377	0,47	426.264	2.032	0,48	152.997	714	0,47	873.658	4.123	0,47
C (0,2 - 0,4% Cu)	439.050	1.110	0,25	563.727	1.389	0,25	189.969	491	0,26	1.192.746	2.990	0,25
TOTAL GERAL	1.145.647	7.356	0,64	1.661.593	10.315	0,62	1.334.803	9.645	0,72	4.142.043	27.316	0,66

Tabela XXVI - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado do depósito de Lagoa da Mina.

RESERVAS / CLASSES DE MINÉRIO	MEDIDA			INDICADA			INFERIDA			PESO TOTAL		
	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)
A (0,7% Cu)	426.900	4.392	1,03	406.800	3.985	0,98	616.200	5.864	0,95	1.449.900	14.241	0,98
B (0,4 - 0,7% Cu)	11.400	53	0,46	53.700	285	0,53	27.300	143	0,52	92.400	481	0,52
C (0,2 - 0,4% Cu)	87.900	240	0,27	90.570	237	0,26	85.650	251	0,29	264.120	728	0,27
TOTAL GERAL	526.200	4.685	0,89	551.070	4.507	0,82	729.150	6.258	0,86	1.806.420	15.450	0,85

Tabela XXVII - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado do depósito de Cercado Velho.

RESERVAS / CLASSES DE MINÉRIO	MEDIDA			INDICADA			INFERIDA			PESO TOTAL		
	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)
B (0,30 - 0,70% Cu)	1.226.609	4.766	0,39	1.835.411	7.049	0,38	2.656.700	9.459	0,36	5.718.720	21.274	0,37
C (0,15 - 0,30% Cu)	1.073.160	2.346	0,22	2.756.464	5.672	0,20	1.485.494	3.286	0,22	5.315.118	11.304	0,21
TOTAL GERAL	2.299.769	7.112	0,31	4.591.875	12.721	0,28	4.142.194	12.745	0,31	11.033.838	32.578	0,30

Tabela XXVIII- Peso das reservas de minério de cobre sulfetado do depósito de Pirulito.

RESERVAS	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (% Cu)
Medida	2.524.000	22.716	0,90
Indicada	5.536.000	51.485	0,93
Inferida	4.084.000	35.939	0,88
TOTAL GERAL	12.144.000	110.140	0,91

Tabela XXIX - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado do depósito de Surubim, calculada para um teor de corte de 0,45% Cu (Fonte - Relatório de Pesquisa da Área de Alvará - DNPM).

zação, tendo em vista que idêntico procedimento foi admitido no cálculo das reservas dos corpos de Lagoa da Mina(tab. XXVI), Cercado Velho (tab. XXVII) e Pirulito (tab. XXVIII) com pequenas modificações introduzidas, relativas ao teor de corte do minério tipo A, que passou a 0,70% Cu, e aos intervalos dos teores das classes do minério do corpo de Pirulito, que sofreram pequenas modificações (4.9).

A reserva do minério sulfetado do depósito de Surubim (tab. XXIX) não foi calculada segundo os critérios acima expostos, de separação por classes, mas admitindo, na tabulação dos dados, um teor de corte de 0,45% Cu.

A reserva do depósito de Santa Fé foi totalmente inferida com base nas dimensões do corpo, extrapoladas a partir dos dados de geofísica (IP e magnetometria).

As tabelas XXX, XXXI e XXXII, mostram a composição das reservas totais do distrito, separadas por áreas e por classes de minério.

O estudo desses quadros permite,através da análise da tabela XXXIII, as seguintes observações, com base nos elementos atualmente conhecidos:

1) A reserva de cobre metálico contida no minério de Classe A, com teor médio de 1,43% Cu, representa 89,91% das reservas globais do distrito (incluindo os minérios de classes A + B + C) enquanto as reservas A + B representam 94,55% do total.

Estes dados são bastantes significativos e poderão contribuir na racionalização da lavra dos depósitos, principalmente dos pequenos corpos mineralizados. O minério tipo C, possivelmente, só sera aproveitado no processo produtivo se estiver incluído nos limites da cava proje

RESERVAS (A) / ÁREAS	MEDIDA			INDICADA			INFERIDA			PESO TOTAL		
	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (%Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (%Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (%Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (%Cu)
Jazida de Caraíba	23.038.108	414.092	1,80	2.616.028	43.664	1,67	6.458.722	105.305	1,63	32.112.858	563.061	1,75
Depósito de Baraúna--Imburana	2.114.855	36.518	1,72	1.616.842	23.663	1,46	2.098.546	40.207	1,91	5.830.243	100.388	1,72
Depósito de Surubim	2.524.000	22.716	0,90	5.536.000	51.485	0,93	4.084.000	35.939	0,88	12.144.000	110.140	0,91
Depósito de Lagoa da Mina	412.200	4.869	1,18	671.602	6.894	1,03	991.837	8.440	0,85	2.075.639	20.203	0,97
Depósito de Cercado Velho.	426.900	4.392	1,03	406.800	3.985	0,98	616.200	5.864	0,95	1.449.900	14.241	0,98
Depósito de Pirulito	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Depósito de Santa Fé	-	-	-	-	-	-	9.000.000	90.000	1,00	9.000.000	90.000	1,00
TOTAL GERAL	28.516.063	482.587	1,69	10.847.272	129.691	1,19	23.249.305	285.755	1,23	62.612.640	898.033	1,43

Tabela XXX - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado dos principais depósitos atualmente conhecidos no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá, para um teor de corte de aproximadamente 0,60% Cu (Reservas Tipo A)

RESERVAS (A + B) / ÁREAS	MEDIDA			INDICADA			INFERIDA			PESO TOTAL		
	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (%Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (%Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (%Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (%Cu)
Jazida de Caraíba	24.926.294	423.211	1,70	3.003.039	45.569	1,52	6.537.703	105.732	1,62	34.467.036	574.512	1,67
Depósito de Baraúna--Imburana	2.778.059	39.839	1,43	2.340.120	27.380	1,17	2.488.169	42.243	1,70	7.606.348	109.462	1,44
Depósito de Surubim	2.524.000	22.716	0,90	5.536.000	51.485	0,93	4.084.000	35.939	0,88	12.144.000	110.140	0,91
Depósito de Lagoa da Mina	706.597	6.246	0,88	1.097.866	8.926	0,81	1.144.834	9.154	0,80	2.949.297	24.326	0,82
Depósito de Cercado Velho	438.300	4.445	1,01	460.500	4.270	0,93	643.500	6.007	0,93	1.542.300	14.722	0,95
Depósito de Pirulito	1.226.609	4.766	0,39	1.835.411	7.049	0,38	2.656.700	9.459	0,36	5.718.720	21.274	0,37
Depósito de Santa Fé	-	-	-	-	-	-	9.000.000	90.000	1,00	9.000.000	90.000	1,00
TOTAL GERAL	32.599.859	501.223	1,54	14.272.936	144.679	1,01	26.554.906	298.534	1,12	73.427.701	944.436	1,29

Tabela XXXI - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado dos principais depósitos atualmente conhecidos no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá, para um teor de corte de aproximadamente 0,40% Cu(Reservas Tipo A+B)

RESERVAS (A + B + C) / ÁREAS	MEDIDA			INDICADA			INFERIDA			PESO TOTAL		
	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (%Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (%Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (%Cu)	Minério (t)	Cobre contido (t)	Teor (%Cu)
Jazida de Caraíba	31.925.700	442.486	1,38	4.567.343	49.783	1,09	8.795.812	111.802	1,27	45.288.855	604.071	1,33
Depósito de Baraúna--Imburana.	4.441.962	44.407	1,00	3.618.535	30.905	0,85	3.098.627	43.919	1,42	11.159.124	119.231	1,07
Depósito de Surubim	2.524.000	22.716	0,90	5.536.000	51.485	0,93	4.084.000	35.939	0,88	12.144.000	110.140	0,91
Depósito de Lagoa da Mina	1.145.647	7.356	0,64	1.661.593	10.315	0,62	1.334.803	9.645	0,72	4.142.043	27.316	0,66
Depósito de Cercado Velho.	526.200	4.685	0,89	551.070	4.507	0,82	729.150	6.258	0,86	1.806.420	15.450	0,85
Depósito de Pirulito	2.299.769	7.112	0,31	4.591.875	12.721	0,28	4.142.194	12.745	0,31	11.033.838	32.578	0,30
Depósito de Santa Fé	-	-	-	-	-	-	9.000.000	90.000	1,00	9.000.000	90.000	1,00
TOTAL GERAL	42.863.278	528.762	1,23	20.526.416	159.716	0,78	31.184.586	310.308	0,99	94.574.280	998.786	1,05

Tabela XXXII - Peso das reservas de minério de cobre sulfetado dos principais depósitos atualmente conhecidos no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá,para um teor de corte de aproximadamente 0,20% Cu(Reservas Tipo A+B+C).

RESERVAS / ÁREAS	A (teor de corte ≃ 0,60% Cu)		A + B (teor de corte ≃ 0,40% Cu)		A + B + C (teor de corte ≃ 0,20% Cu)	
	Cobre contido	%	Cobre contido	%	Cobre contido	%
Depósito de Caraíba	563.061	62,70	574.512	60,83	604.071	60,48
Depósito de Baraúna-Imburana	100.388	11,18	109.462	11,59	119.231	11,94
Depósito de Surubim	110.140	12,26	110.140	11,66	110.140	11,03
Depósito de Lagoa da Mina	20.203	2,26	24.326	2,58	27.316	2,73
Depósito de Cercado Velho	14.241	1,58	14.722	1,56	15.450	1,55
Depósito de Pirulito	-	-	21.274	2,25	32.578	3,26
Depósito de Santa Fé	90.000	10,02	90.000	9,53	90.000	9,01
T O T A L	898.033	100,00	944.436	100,00	998.786	100,00
Frequência acumulativa relativa para as reservas A, A+B e A + B+C	89,91%	-	94,55%	-	100,00%	-

Tabela XXXIII- Percentual de contribuição das reservas de minério de cobre sulfetado de cada um dos principais depósitos em relação a reserva global do vale do Curaçá, atualmente conhecida.

CPRM

tada ou, na dependência de estudos econômicos.

2) Os depósitos de Caraíba e Baraúna-Imburana, que na realidade constituem um único corpo mineralizado, contribuem com aproximadamente 70% do cobre atualmente conhecido no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá. Este fato também é bastante significativo, tendo em vista que o projeto mínero-metalúrgico de aproveitamento do cobre da região depende, substancialmente, do conhecimento detalhado das reservas da Área de Manifesto (corpos de Caraíba e Baraúna-Imburana).

Ao se analisar o grau de conhecimento dessas reservas, constata-se que 70% das reservas de Caraíba são atualmente medidas, o que garante um alto índice de conhecimento desse depósito. O corpo de Baraúna, entretanto, necessita de estudos adicionais de sondagem, para consolidação das suas reservas.

3) Devido ao grau de conhecimento e a pequena contribuição dos corpos de Lagoa da Mina e Cercado Velho no montante das reservas de cobre do distrito, a pesquisa nessas áreas deve ser provisoriamente suspensa em um programa, a curto prazo, de ampliação e consolidação de reservas, sendo preferível canalizar o investimento na avaliação de depósitos de maior potencial como no de Surubim onde apenas 20% das reservas são medidas e no prematuro e potencial depósito de Santa Fé, cujas reservas atuais são totalmente inferidas.

7.3.3.3. Subprodutos

No quimismo do minério de cobre sulfetado (7.3.2.3) ressaltou-se a necessidade de estudos mais detalhados sobre o aproveitamento do ouro, da prata e também da platina (?), como subprodutos do cobre.

Sobre a prata e a platina torna-se

ÁREAS	Reservas (A+B) de minério de cobre (t)	Teor de cobre (%)	Teor de ouro correlato (ppm)	Conteúdo de ouro metálico suposto (kg)
Depósito de Caraíba	34.467.036	1,67	0,48	16.544,177
Depósito de Baraúna-Imburana	7.606.348	1,44	0,43	3.270,729
Depósito de Surubim	12.144.000	0,91	0,25	3.036,000
Depósito de Lagoa da Mina	2.949.297	0,82	0,22	648,845
Depósito de Cercado Velho	1.542.300	0,95	0,26	400,998
Depósito de Pirulito	5.718.720	0,37	-	-
Depósito de Santa Fé	9.000.000	1,00	0,28	2.520,000
Total geral	73.427.701	1,29	0,36	26.420,749

Tabela XXXIV - Conteúdo de ouro, supostamente inferido, para as reservas de minério de cobre sulfetado dos principais depósitos atualmente conhecidos no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá, para um teor de corte de aproximadamente 0,40% (Reservas A + B), com base no gráfico de correlação dos teores de cobre e ouro.

necessário imediatas análises químicas de várias amostras de minério, notadamente da jazida de Caraíba, visando a possibilidade de aproveitamento desses metais.

Com relação ao ouro, devido a perfeita correlação admitida com o cobre (fig. 73), baseado em algumas amostras analisadas por absorção atômica (tab.XXII), inferiu-se uma suposta reserva para os depósitos, relacionada na tabela XXXIV, considerando-se para esta cálculo o minério de cobre de classes A + B, devido o ouro só ter se manifestado, em geral, em minério com teores de, no mínimo, 0,40% Cu.

As reservas totais inferidas montam a 26.420,749 kg de ouro, que, no momento atual, já é significativa em termos nacionais.

Pela correlação dos teores de cobre e ouro já observada, supõe-se que este metal participe da estrutura da calcopirita e não da pirita, o que facilitará, economicamente, o seu aproveitamento.

Estas suposições, naturalmente, necessitam de confirmação através de ensaios físicos, ensaios de flotação dos sulfetos e análises químicas do concentrado obtido. Uma vez confirmada a presença de ouro, prata ou mesmo platina, as análises químicas poderiam se restringir a um lote de amostras de minério de cobre, previamente selecionado em função de alguns parametros preestabelecidos. O estudo estatístico dos resultados analíticos será suficiente para se ter, com razoável aproximação, as reservas dos subprodutos do cobre, a um custo relativamente pequeno.

8. METALOGÊNESE

8.1. Origem das rochas máficas-ultramáficas

A gênese das rochas máficas e ultramáficas do vale do Curaçá tem sido matéria de controvérsias, não existindo unanimidade de opinião entre os geológos que se dedicaram ao estudo deste problema.

Assim, V. Leinz (1948), A. Schneider (1951 e 1957), Barbosa et alii (1964) e mais recentemente Ladeira et Brockes Jr (1969) defenderam a origem magmática destas rochas, tendo os dois primeiros autores estudado especificamente a jazida de Caraíba. Sobre o assunto assim se manifestaram Ladeira et Brockes Jr (op. cit.)"... as litologias da Sequência Máfica-Ultramáfica portadora de sulfetos, seriam rochas pertinentes a uma "suite" ígnea do magmatismo inicial da fase de subsidência geossinclinal"; e mais adiante: "Conquanto o elevado grau de metamorfismo tenha, em geral, obliterado, sobremaneira, os traços primitivos de muitas rochas máficas, acreditamos que a participação de lavas e tufos tenha ocorrido durante o magmatismo inicial". Contudo esses autores destacaram uma origem metassedimentar para os anfibolitos que ocorrem nos agrupamentos litológicos denominados neste relatório de Unidade Arapuá e Unidade Bogó (6.). As idéias de Ladeira et Brockes Jr foram a princípio aceitas "in totum" pela equipe da CPRM - Projeto Cobre (Delgado et alii, 1972).

Posteriormente, O. Barbosa (1966) modificou sua idéia original, postulando a origem sedimentar-metamórfica das rochas máficas e ultramáficas portadoras da mineralização cuprífera do vale do Curaçá, baseado no grau de metamorfismo desses corpos em relação as encaixantes.

Mais recentemente, E. Suszczynski (1972), em trabalho melhor fundamentado, expôs alguns argu

mentos em favor da origem sedimentar-metamórfica, elaborando, inclusive, uma hipótese explicando as condições e meios geológicos onde formou-se o minério cuprífero dentro da primitiva sequência sedimentar da região. Referindo-se às rochas máficas e ultramáficas assim falou esse autor: "Estes facies litológicos cupríferos seletivos, resultaram, principalmente, de uma sedimentação carbonática variada, magnesiana e cálcica, pura e impura ..." e, mais adiante (especificamente sobre o Depósito de Lagoa da Mina): "A sequência 'diorítica' com intercalações de 'norito' nada mais é que uma sequência cálcica-magnesiana com intercalações menores ou lentes de calcários magnesianos-cálcicos ...", enquanto que: "A existência de alguns raros fácies a peridotito ou a peridotito a piroxênio são devidos a fácies de calcário magnesiano impuro, com menos de 5% de sílica, levados a catazona".

A opinião dos autores deste relatório, fundamentada nas observações de campo, nos estudos petrogenéticos, no quimismo e na mineralização em rochas máficas-ultramáficas, discutidos no volume II-A, é apresentada a seguir.

Existem diversas evidências que conjuntamente favorecem a origem metassedimentar dos corpos constituídos exclusivamente de anfibolito, notadamente daqueles que ocorrem encerrados na Unidade Arapuá e na Sequência Tanque Novo. As principais são as seguintes:

1) Os anfibolitos são normalmente foliados e mesmo bandeados. Constituem grande quantidade de intercalações perfeitamente concordantes com os gnaisses e migmatitos, formando níveis e lentes com espessura variando de alguns centímetros a poucas dezenas de metros. Estes fatos, segundo vários

autores, indicam origem sedimentar, embora, segundo Leake, 1964 (in Girardi,1971), esse caráter não permita, por si só, a distinção de orto e para-anfibolito;

2) Do ponto de vista petrográfico: a desproporção percentual da hornblenda em relação ao plagioclásio numa razão de 1,5 ou 2 ou 3 vezes superior; a presença generalizada de diopsídio, que pode ocorrer em altas percentagens promovendo a gradação de anfibolito para diopsidito; e a ausência de quartzo ou presença em proporções muito subordinadas;

3) Associação frequente com intercalações de rochas calco-silicatadas e diopsiditos metassedimentares, e gradação desta rochas para anfibolitos nas Unidades Bom Despacho e Banguê;

4) Existência de anfibolito com rica disseminação de grafite, não relacionada a processos hidrotermais, o que indicaria tratar-se de antigos níveis redutores carbonosos em calcários dolomíticos impuros ou margas;

5) Teores muito baixos de Cr, Ni, Co, V e Ti nos anfibolitos (tab. XXXV). "Snelling (1958) concluiu pela origem sedimentar de anfibolitos em razão de teores baixos em Cr,Ni e Co" (Girardi,op. cit.). O teor máximo de titânio detectado nos anfibolitos foi 5.000 ppm, sendo os demais bastante inferiores. Essa concentração de titânio traduzida em óxido,equivaleria a 0,83% de TiO_2. Segundo Shaw (1956) a média de TiO_2 nos pelitos é 0,8%; e de acordo com Lapadu-Hargues (1958) anfibolitos com menos de 0,80% de TiO_2 são de origem sedimentar (in Girardi,op.cit.); e

6) Os teores de Cr, Ni, Cu, Co, V, Zr, Pb e Sr dos anfibolitos correspondem plenamente aos teores destes elementos encontrados nas rochas calco-silicatadas metassedimentares. Em menor aproximação existe concordância para Ti (tab. XXXVIII).

AMOSTRA	Cr	Ni	Ti	Cu	Co	V	Mn	Zr	Pb	Ba	Sr	Folha 1:25.000	Coordenadas em mm a partir do canto SW da folha
JD-137	50	20	3.000	50	20	70	1.000	70	(N) 10	500	200	Bom Despacho	x= 164, y= 125
JD-202	70	20	5.000	70	10	100	1.000	50	10	500	200	Bom Despacho	x= 129; y= 372
JD-426	200	50	2.000	70	20	70	700	50	(N) 10	200	150	Bom Despacho	x= 436; y= 61
JD-3657	200	70	2.000	30	20	100	1.000	30	10	1.000	100	Arapuá	x= 331; y= 486
MS-1111 b	50	(N) 10	50	50	(N) 10	(N) 10	-	-	-	-	-	Arapuá	x= 386; y= 484
Faixa dos teores.	50-200	<10-70	50-5.000	30-70	<10-20	<10-100	700-1.000	30-70	<10-10	200-1.000	100-200		
Média dos teores.	114	<34	2.410	56	<16	<68	925	50	<10	550	162		

Tabela XXXV - Distribuição geoquímica de elementos traços em anfibolitos do vale do Curaçá (teores em ppm).

Fonte: Lote 678/LAMIN e boletim 693/LAQUI/71. Análise espectrográfica semi-quantitativa (VOL. II-I, ANEXOS)

(N) = não detectado; 10 = limite inferior de detecção.

Concluindo, os dados supramencionados atestam a origem metassedimentar, a partir de calcários dolomíticos impuros ou margas, para corpos constituídos exclusivamente de anfibolito que ocorrem encaixados na Sequência Tanque Novo e na Unidade Arapuá (Sequência Rio Curaçá). Esses dados também permitem concluir que parte dos anfibolitos encerrados nas outras Unidades da Sequência Rio Curaçá também seria metassedimentar. Entretanto, a gênese dos anfibolitos que ocorrem intercalados ou associados com outras rochas máficas-ultramáficas ou que mostram evidências de resultarem de suas transformações, é ainda duvidosa, ficando na dependência da origem daquelas rochas.

Com respeito a gênese dos demais corpos máficos e ultramáficos, devem ser considerados os seguintes dados:

1) Os corpos máficos e ultramáficos exibem forma lenticular ou tabular e apresentam-se concordantes, com contatos bruscos ou transicionais com as rochas encaixantes. Este caráter, por si só, não serve para distinguir rochas para e ortoderivadas;

2) O metamorfismo regional do fácies do granulito, imposto aos corpos considerados, obliterou energicamente as feições macro e microtexturais primitivas das rochas máficas e ultramáficas, razão pela qual, devem ser encaradas com reservas, certas texturas, aparentemente indicativas de origem ígnea, observadas, em algumas lâminas delgadas de gabro, norito, piroxenito, etc. Igualmente, a afirmativa de que a textura dessas rochas máficas-ultramáficas é "típica de rochas sedimentares primitivas" (Suszczynski, op.cit.) não tem base científica, pelas mesmas razões expostas;

3) A complexidade litológica dos corpos máficos e

ultramáficos, refletida numa sucessão de faixas de composições mineralógicas diversas, repetidas normalmente de modo desordenado e acidental, resulta, em maior parte, de processos metassomáticos e migmatizantes não se podendo relacioná-las nem a uma diferenciação magmática, nem a uma evolução metamórfica de sedimentos originais seletivos;

4) A conformidade do grau de metamorfismo dos corpos norítico-piroxeníticos e gabro-dioríticos em relação as encaixantes não constitui um argumento conclusivo quanto a origem primária destas rochas. Entretanto, a ocorrência de piroxenitos e piroxenitos serpentinizados, principalmente na Unidade Banguê, onde supõe-se que o grau de metamorfismo só localmente atingiu o fácies metamórfico do granulito, é de certa forma problemática, e isto poderia caracterizar uma origem magmática destas rochas ultrabásicas;

5) A existência de grafite associada a alguns corpos de rochas máficas-ultramáficas, constitui forte argumento a favor da origem metassedimentar das rochas em foco. A grafite também aparece, muito frequentemente, associada aos níveis calco-silicatados e às rochas gnáissicas ácidas, principalmente na Unidade Bom Despacho. Entretanto, existem muitas zonas grafitosas de origem tipicamente hidrotermal, como o caso das ocorrências abundantes deste mineral ligadas às zonas de falhamento e associadas com mobilizados hidrotermais.

Nos corpos mineralizados de Surubim, Lagoa da Mina e Cercado Velho, a grafite observada está intimamente associada às zonas cataclásticas ou mais frequentemente às zonas de alteração hidrotermal-metassomática, razão pela qual não se pode afirmar categoricamente quanto a sua origem primária.

6) A associação espacial com rochas calco-silicata

das e diopsiditos metassedimentares, embora não seja uma regra geral, foi verificada em alguns corpos gábrico - dioríticos. Este fato pode ser tomado como indicativo da origem sedimentar destes corpos, porém deve-se ter em conta que, por mais paradoxal que pareça, a associação supracitada também pode favorecer a uma origem ígnea, pois como se sabe o vulcanismo básico submarino (as rochas máficas-ultramáficas, no caso), pode provocar a sedimentação de carbonatos (no caso, utilizados na formação dos atuais fácies diopsídicos e calco-silicáticos);

7) A zona de maior concentração de cobre, onde se situam os corpos máficos-ultramáficos de Caraíba, Baraúna, Pirulito, Surubim, Lagoa da Mina, Cercado Velho, etc, localiza-se estratigraficamente próximo ao topo da Sequência Rio Curaçá. Para cima e abaixo desta zona principal, os teores de cobre decrescem rapidamente. Este controle subestratigráfico da mineralização cuprífera (8.4.) favorece a uma diferenciação geoquímica sedimentar primitiva; entretanto a seletividade da mineralização em relação as litologias máficas e ultramáficas, considerada sobre o aspecto regional (maior teor nos piroxenitos e noritos, teores fracos nos dioritos e nulos nos peridotitos e serpentinitos), pode ser melhor explicada através de uma origem magmática;

8) Embora não sejam ainda conclusivos, face ao número reduzido de análises, os dados geoquímicos a seguir expostos constituem forte argumento a favor da origem ígnea das rochas máficas-ultramáficas consideradas:

a) Nas tabelas XXXVI e XXXVII estão registrados os teores de Cr, Ni, Ti, Cu, Co, V, Mn, Zr, Ba e Sr em onze amostras de rochas máficas (gabros e noritos) e em sete amostras de rochas ultramáficas (piroxenitos, peridotitos e serpentinitos), to

Amostra	Classificação da rocha	Cr	Ni	Ti	Cu	Co	V	Mn	Zr	Pb	Ba	Sr	Folha 1:25.000	Coordenadas em mm a partir do canto SW da folha.
ID-13	Gabro	500	200	(G) 10.000	100	100	200	-	-	-	-	-	Arapuá	x = 528; y = 85
ID-14	Hornblenda-gabro	200	200	5.000	50	100	200	-	-	-	-	-	Arapuá	x = 394; y = 295
ID-15	Gabro	500	200	(G) 10.000	200	100	200	-	-	-	-	-	Arapuá	x = 485; y = 488
ID-20	Gabro	200	200	(G) 10.000	200	100	200	-	-	-	-	-	Lajes	x = 260; y = 465
ID-24	Hornblenda-gabro	500	200	10.000	50	100	200	-	-	-	-	-	Arapuá	x = 487; y = 432
MS-45	Gabro	200	100	(G) 10.000	100	100	200	-	-	-	-	-	Caraíba-Poço da Vaca	x = 33; y = 553
MS-1359	Gabro	200	100	(G) 10.000	100	50	200	-	-	-	-	-	Lajes	x = 271; y = 58
JD-581	Norito	500	500	5.000	100	100	100	-	-	-	-	-	Barro Vermelho	x = 104; y = 15
JD-3553	Norito	200	70	2.000	70	30	70	700	30	(N) 10	50	(N) 100	Arapuá	x = 529; y = 54
JD-3629	Norito	150	70	5.000	150	50	200	1.000	70	(N) 10	50	100	Arapuá	x = 314; y = 485
JD-3816	Hornblenda-gabro	30	70	1.000	20	30	50	1.000	10	(N) 10	150	(L) 100	Arapuá	x = 394; y = 297
Faixa dos teores		30-500	70-200	1.000 -> 10.000	20-200	30-100	50-200	700-1.000	10-70	< 10	50-150	< 100-100		
Média dos teores		289	174	> 7.091	104	73	165	900	37	< 10	83	< 100		

Tabela XXXVI - Distribuição geoquímica de elementos traços em gabros e noritos do vale do Curaçá (teores em ppm).*

Amostra	Classificação da rocha	Cr	Ni	Ti	Cu	Co	V	Mn	Zr	Pb	Ba	Sr	Folha 1:25.000	Coordenadas em mm a partir do canto SW da folha.
ID-17	Piroxenito	500	200	(G) 10.000	50	50	20	-	-	-	-	-	Esfomeado	x = 32; y = 315
ID-19	Piroxenito	1.000	200	5.000	10	50	200	-	-	-	-	-	Lajes	x = 364; y = 266
EF-176a	Hornblenda-piroxenito	1.000	1.000	(G) 10.000	50	200	200	-	-	-	-	-	Jaramataia	x = 490; y = 218
EF-176b	Hornblenda-piroxenito	1.500	300	3.000	30	70	100	1.000	50	(N) 10	20	(N) 100	Jaramataia	x = 490; y = 218
MS-336b	Peridotito	5.000	700	700	50	70	30	700	10	(N) 10	50	(N) 100	Caraíba-Poço da Vaca	x = 7; y = 46
JD-854	Piroxenito	200	70	2.000	70	50	150	700	30	(N) 10	300	150	Barro Vermelho	x = 29; y = 348
JD-1182	Serpentinito	2.000	500	700	10	50	50	700	10	(N) 10	50	(N) 100	Quixaba	x = 305; y = 462
Faixa dos teores		200-5.000	70-1.000	700 -> 10.000	10-50	50-200	20-200	700-1.000	10-50	< 10	20-300	< 100-150		
Média dos teores		1.600	424	> 4.486	38	77	133	775	25	< 10	105	< 112		

Tabela XXXVII - Distribuição geoquímica de elementos traços em piroxenitos, peridotitos e serpentinitos do vale do Curaçá (teores em ppm).*

*Fonte - Lote 678 LAMIN e boletim 693/LAQUI/71. Análise espectrográfica semi-quantitativa (VOL. II-I, ANEXOS)

(G) = maior que o valor registrado (limite superior de detecção).
(N) = não detectado; 100 = limite inferior de detecção.
(L) = menor que o valor registrado (limite superior de detecção).

dos não mineralizados em cobre, do vale do Curaçá. Constata-se, a primeira vista, uma grande regularidade dos teores dos elementos tabulados em função dos tipos litológicos. Outro fato importante é que os elementos cromo, níquel, titânio e cobre aparecem em concentrações bastante distintas nas rochas máficas e nas rochas ultramáficas. Os teores médios de cromo e de níquel predominam sobremaneira nas rochas ultramáficas, enquanto titânio e cobre apresentam teores médios bastante mais elevados nas rochas máficas, refletindo de certa forma, o comportamento geoquímico, normalmente observado para estes elementos, em uma cristalização magmática fracionária de um magma básico;

b) Os teores médio de Cr, Ni, Ti, Cu e V das rochas máficas do vale do Curaçá correspondem plenamente com a média destes elementos nas rochas ígneas máficas mundiais, segundo Vinogradov, 1956, 1962 (in Hawkes e Webb, 1962 e Krauskopf, 1972). Com menor aproximação existe correspondência para Co. Divergências relativamente pronunciadas são observadas para Mn e Ba (tab. XXXVIII);

c) Quanto aos teores médios de Cr, Ti e V das rochas ultramáficas do vale do Curaçá, existe plena concordância com aqueles das rochas ígneas ultramáficas mundiais. Certa correspondência é ainda observada para Cu e Mn. Para Ba, Co e Ni as divergências são relativamente pronunciadas(tab. XXXVIII);

d) Os teores médios de Cr, Ni, Ti, Co e V das rochas máficas e ultramáficas do vale do Curaçá

Litologias	Elementos traços (ppm)	Cr	Ni	Ti	Cu	Co	V	Mn	Zr	Ba	Sr
Médias Mundiais	Rochas ultramáficas	2.000*	1.200*	3.000*	80*	200*	140*	1.300*	30**	15*	10**
	Rochas máficas	300*	160*	9.000*	140*	45*	200*	2.200*	100**	270*	440**
Médias no vale do Curaçá	Rochas ultramáficas (Tab. XXXVII)	1.600	424	>4.486	38	77	133	775	25	105	<112
	Rochas máficas (Tab. XXXVI)	289	174	>7.091	104	78	165	900	37	83	<100
	Rochas calco-silicatadas (Vol. II-A)	62	< 24	1.130	< 40	7	36	>2.040	<58	<152	<102
	Anfibolitos (Tab. XXXV)	114	< 34	2.410	56	< 16	< 68	925	50	550	162

Tabela XXXVIII - Comparação das médias geoquímicas de elementos traços das rochas ultramáficas e máficas com rochas do vale do Curaçá.

* - Segundo Vinogradov, 1956 (in Hawkes et Webb, 1962).

** - Segundo Vinogradov, 1962 (in Krauskopf, 1972).

CPRM

são divergentes e bastante superiores aos teores desses elementos nos anfibolitos e nas rochas metassedimentares calco-silicatadas da mesma região (tab. XXXVIII); e

e) Os teores de cromo nas rochas ultramáficas: 1.500 ppm em piroxenito estéril em cobre; 2.000 ppm em serpentinito e 5.000 ppm em peridotito (tab. XXXVII), e superior a 5.000 ppm em piroxenito cuprífero do depósito de Pirulito (tab. XXI); são valores comumente encontrados tão somente em rochas ígneas e inexistentes em rochas meta-ultramáficas derivadas de sedimentos calcário-dolomíticos.

9) O reduzido número de análises calcográficas executadas ofereceu informações gerais sobre a textura do minério, que, contudo, não são suficientes para permitir uma conclusão segura sobre a gênese dos sulfetos nas rochas máficas e ultramáficas (7.3.2.2.).

10) A pobreza de uma mineralização niquelífera e quiçá platinífera (aqui deve ser levado em conta o reduzido número de análises), discutida no capítulo 7 deste relatório, associada ao minério cuprífero poderia ser tomada como um obstáculo a origem vulcânica das rochas máficas-ultramáficas e sua mineralização. Contudo tal dado não é absolutamente conclusivo, pois, segundo H. Pelissonnier (1970), nos jazimentos cupríferos por ele agrupado como "Tipo 8: depósitos cupríferos com ferro oxidado e associado a rochas intrusivas básicas", o níquel e a platina apresentam-se em quantidade sempre muito subordinada, podendo a última estar ausente. O quimismo e a mineralogia destes tipos de depósitos cupríferos (entre os quais aquele autor incluiu o depósito de Caraíba - Brasil e as jazidas de Namaqualândia, na Africa do Sul),

são bastante semelhantes aos dos jazimentos do vale do Curaçá. Outrossim, a grande predominância de dioritos e gabros, sobre rochas ultrabásicas, poderia explicar a pobreza de níquel em um suposto magma básico original.

Da discussão acima, vê-se quanto é difícil emitir uma hipótese bem fundamentada e definitiva sobre a gênese das rochas máficas-ultramáficas a partir dos dados atualmente existentes. Embora certas evidências de campo favoreçam a origem metassedimentar, elas não são absolutamente conclusivas, devido aos fatos mencionados, além do que o quimismo dos elemmtos traços principais constitui forte empecilho a admissão desta hipótese.

Por essa razão, os autores deste relatório consideram a gênese das rochas discutidas como uma questão aberta, admitindo como hipóteses mais prováveis as seguintes:

1) Os corpos máficos-ultramáficos seriam constituídos por rochas de origem metassedimentar formadas pela superimposição de metamorfismo regional de catazona sobre sedimentos ferro-cálcico-magnesianos, puros e impuros.

2) Os corpos máficos-ultramáficos representariam sucessivos derrames vulcânicos submarinos de natureza básica-ultrabásica,intercrescidos na sequência sedimentar primitiva, posteriormente levados a um metamorfismo catazonal.

Somente o desenvolvimento dos futuros trabalhos de pesquisa, incluindo os levantamentos de detalhe dos depósitos cupríferos e os estudos analíticos do minério de cobre (análises calcográficas, análises químicas dos elementos maiores e dos elementos traços, estudo de isótopos de enxôfre, etc), esclarecerá as dúvidas existentes e fornecerá os elementos necessários a adoção de uma hipótese definitiva para a gênese das rochas máficas-ultramáficas,ga

bro-dioríticas e norítica-piroxeníticas, estas últimas hospedeiras das mineralizações de cobre mais importantes do vale do rio Curaçá.

8.2. Eventos geológicos e metalogênicos

Tratando-se de uma área pré-cambriana caracterizada por apresentar um complicado quadro geológico e tectônico, compreende-se que é extremamente difícil estabelecer-se a reconstituição ordenada dos diversos eventos geológicos-tectônicos que estruturaram o Distrito Cuprífero do Vale do Rio Curaçá e condicionaram os eventos metalogênicos das mineralizações cupríferas da região.

Malgrado todas as dificuldades, com base nas observações e conclusões registradas nos capítulos anteriores e nos diversos volumes deste relatório, apresenta-se na tabela XXXIX, em rápidos traços, uma tentativa de ordenar os eventos geológicos da história pré-cambriana do vale do Curaçá, correlacionando-os com os eventos metalogênicos do distrito em causa.

8.3. Tipos genéticos das mineralizações

A gênese das mineralizações de cobre do vale do Curaçá bem como a origem dos corpos máficos-ultramáficos hospedeiros destas mineralizações, ainda constituem elementos discutíveis e opiniões as mais controvertidas têm sido emitidas sobre o assunto por diversos pesquisadores que se detiveram no estudo do problema.

Indubitavelmente, o alto grau de metamorfismo a que foram submetidas as rochas regionais e os processos de granitização generalizados, impedem uma análise

EVENTOS GEOLÓGICOS (PRÉ-CAMBRIANO)	EVENTOS METALOGÊNICOS
Deposição, em uma bacia primitiva (geossinclinal ?), da Sequência Rio Curaçá (base do Grupo Caraíba), compreendendo sedimentos clásticos e químicos diversos. Em diversos níveis estratigráficos depositaram-se sedimentos de natureza ferro-calco-magnesiana, puros e impuros, ou, mais provavelmente, ocorreram derrames vulcânicos básicos-ultrabásicos (ofiolitos ?) e/ou subvulcanismo penecontemporaneamente com a sedimentação da sequência, dependendo uma ou outra hipótese da origem dos atuais corpos gábrico-dioríticos, norítico-piroxeníticos e serpentiníticos.	Deposição singenética seletiva do cobre, com este elemento fixando-se nos sedimentos ferro-calco-magnesianos, preferencialmente os de elevado conteúdo de ferro (atuais piroxenitos e noritos); ou, mais provavelmente, formação singenética endomagmática de sulfetos de cobre e ferro a partir da cristalização de magmas básicos; dependendo da origem postulada para os atuais corpos máficos-ultramáficos.
Continuação da deposição do Grupo Caraíba, através de uma sequência sedimentar, oscilante, negativa, provavelmente correspondendo a uma regressão, compreendendo (da base para o topo): sedimentos químicos carbonáticos e sílico-ferruginosos, e clásticos finos; margas e clásticos finos (?); e areniitos e arcósios (Sequência Tanque Novo). Os atuais corpos gábrico-dioríticos, norítico-piroxeníticos e serpentiníticos da metade inferior da sequência (Unidades Bom Despacho e Banguê) representam parte dos sedimentos químicos originais ou talvez relacionam-se a novos derrames vulcânicos básicos-ultrabásicos que poderiam ter ocorridos penecontemporaneamente com a sedimentação da Sequência Tanque Novo.	Deposição singenética seletiva do cobre, segundo disseminações muito fracas, em certos níveis de margas (atuais anfibolitos) e de sedimentos carbonáticos impuros (atuais rochas calco-silicatadas e certos corpos gábrico-dioríticos associados a estas rochas). Admitindo-se uma origem ígnea para os corpos gábrico-dioríticos, norítico-piroxeníticos e serpentiníticos que ocorrem na metade inferior da Sequência Tanque, ter-se-ia uma gênese singenética magmática para os sulfetos de cobre e ferro disseminados em alguns corpos gábrico-dioríticos.
Fase subsequente de dinstrofismo completo, com metamorfismo regional crescent. e longa duração e intensa deformação (dobramentos, falhamentos e fraturamentos). O metamorfismo atingiu, generalizadamente, o fácies do anfibolito, em cuja vigência deve ter ocorrido uma primeira fase de anatexia parcial com formação de migmatitos. O metamorfismo regional continuou a evoluir no sentido crescente, culminando com a granitização e, em bem menor proporção, charnockitização de maior parte das rochas originais. Dada a vigência de condições metamórficas especiais e favoráveis, sobreveio uma nova fase de formação de migmatitos e migmatização dos corpos máficos-ultramáficos. As evidências de migmatitos granulitizados e de granulitos migmatizados sugerem a ocorrência das duas fases de migmatização citadas. Durante o metamorfismo processou-se também a fase de dobramentos, acompanhados dos primeiros falhamentos e fraturamentos, sendo que estes dois últimos elementos estruturais não são mais identificados.	Remobilização da mineralização singenética de cobre e ferro relacionado com os seguintes eventos da fase de dinstrofismo (não ordenados): a) remobilização, em pequena escala, dos sulfetos, pela atuação do metamorfismo regional crescente; b) remobilização enérgica relacionada aos dobramentos, com a concentração de mineralização nas zonas axiais e periclinais das dobras dos corpos máficos-ultramáficos; c) remobilisação notável através de processos migmatizantes, que tanto dispersaram como concentraram a mineralização sulfetada de cobre e ferro das rochas máficas-ultramáficas; e d) remobilização da mineralização ligada as zonas de falhamentos e fraturas que interceptaram os corpos máficos-ultramáficos.
Intrusão do maciço sienítico do eixo de serras Poço de Fora-Itiúba, posteriormente ao clímax do tectonismo, porém ainda durante a prevalência da fase tectônica considerada. Penecontemporaneamente, durante ou após a sua colocação, o sienito sofreu intensa deformação refletida pela sua ótima foliação. Deformações tipicamente posteriores são as falhas de reajustes observadas nas bordas da intrusão sienítica.	
Após a colocação do sienito Poço de Fora-Itiúba, e a ele geneticamente relacionada, sobreveio uma fase de metassomatismo alcalino potássico que atingiu, de modo algo generalizado, grande parte das rochas da Sequência Rio Curaçá, culminando com a formação dos gnaisses porfiroblásticos que bordejam aquela intrusão. Penecontemporaneamente, porém segundo um processo mais duradouro com fases repetidas, ocorreram fenômenos de anatexia com a formação dos granitos e adamelitos, róseos e cinzas e provavelmente do hornblenda-biotita-granito grosseiro da folha de Jaramataia. Este, aparentemente, é anterior aos dois outros tipos graníticos, já que exibe um grau de deformação bem mais acentuado. Além do mais, sua origem é duvidosa, podendo representar rochas ígneas deformadas durante ou após a sua colocação e penecontemporâneas à intrusão sienítica. A anatexia que originou os tipos róseos, nem sempre se processou "in situ", tendo o fluido anatético granítico migrado, na maioria das vezes, introduzindo-se nas rochas encaixantes ao longo de primitivas fraturas, falhas longitudinais primitivas, zona de contato de litologias heterogêneas, zonas axiais e periclinais de dobramentos, etc. Nesta fase ocorreram intensas transformações retrometamórficas das rochas regionais.	Novo estágio de notável remobilização da mineralização dos sulfetos de cobre e ferro, relacionado aos processos de metassomatismo potássico e aos fenômenos anatéticos formadores dos granitos, eventos estes que também influenciaram os corpos máficos-ultramáficos. Embora tenha sido um processo de importância secundária, nesta fase, a mineralização sofreu também remobilização, de caráter hidrotermal-metassomático, relacionada as soluções residuais dos granitos colocados na vizinhança dos corpos máficos-ultramáficos mineralizados.
Em um período muito posterior, ocorreu, na região, uma tectônica de rasgamento, responsável pelos falhamentos de direção N-S e WNW-ESE, tendo os últimos se manifestado exclusivamente, na região, a norte da vila de Barro Vermelho. Aos falhamentos de rasgamento relacionam-se os processos algo generalizados de metassomatismo por via hidrotermal, que se manifestam dominantemente potássico em certas zonas, enquanto em outros, como na porção nordeste da área do projeto, promoveram a serpentinização dos corpos máficos-ultramáficos ali encaixados.	Remobilização dos sulfetos de cobre e ferro, relacionada aos processos hidrotermais-metassomáticos proporcionados pelos falhamentos de rasgamentos, e confinada, normalmente, às zonas cisalhadas.
Posteriormente ao evento dos rasgamentos, sobreveio uma fase de alívio dos esforços compressivos, proporcionando uma tectônica rutural responsável pelas grandes fraturas e falhas de tensão que interceptam conspicuamente o Grupo Caraíba, na região, destacando-se as falhas normais de direção NE-SW. Ocorrem ainda outros sistemas de fraturas e falhas normais, menos conspícuos, de direção ENE-WSW, E-W, WNW-ESE e NW-SE que são difíceis de serem correlacionados entre si e com o sistema anterior, já que cortam e são cortados indistintamente uns aos outros. Este comportamento, provavelmente, esta relacionado a sucessivas reativações destas falhas. Segundo as fraturas e falhas de tensão NE-SW e menos commumente ENE-WSW e E-W, provavelmente numa fase relacionada a reativação das mesmas, deu-se a intromissão de um magma básico que gerou os diversos diques de diabásio e gabro ofítico grosseiro encontrados na região. Aos falhamentos seguiu-se uma fase de intensa manifestação hidrotermal denunciada, principalmente, pelo preenchimento de algumas falhas, mormente aquelas de direção NE-SW, por veios de quartzo e calcedônea.	Remobilização da mineralização sulfetada condicionada aos mobilizados diversos, principalmente de natureza hidrotermal, que acompanham as zonas de falhas e fraturas tensionais.
Em tempos bem posteriores, já no Eo-Cambriano Superior, sobre um embasamento do Grupo Caraíba já bastante erodido, formaram-se, possivelmente, em uma trangressão marinha, os sedimentos originais do Grupo Canudos, depositando-se, primeiro, sedimentos calcários (Unidade Vermelhos) e em seguida sedimentos areno-argilosos e argilo-arenosos (Unidade Veneza).	Durante a erosão e sobre a superfície erodida pré-cambriana do Grupo Caraíba, deve ter ocorrido uma primeira fase de oxidação superficial das zonas sulfetadas.
Tectonização do Grupo Canudos, compreendendo metamorfismo regional crescente que atingiu generalizadamdnte o fácies do xisto verde, formando os calcários e micaxistos, e processos de deformações com dobramentos e falhamentos. Algumas destas falhas são comuns ao Grupo Caraíba e provavelmente relacionadas a reativação de antigas falhas e fraturas. Os falhamentos foram frequentemente seguidos de manifestações hidrotermais, responsáveis pelo aparecimento de veios de quartzo. A tectonização do Grupo Canudos r[illegible]ta o último evento pré-cambriano ocorrido na área investigada, sendo datada de aproximadam[illegible] m.a. (Eo-Cambriano Superior).	Remobilização (?) confinada a mobilizados hidrotermais relacionados a reativação de antigas falhas e fraturas do Grupo Caraíba.

Tabela XXXIX- Principais eventos geológicos e metalogênicos do Pré-Cambriano do vale do Curaçá.

criteriosa dos aspectos genéticos primários.

Nas pesquisas realizadas procurou-se atentar para os controles geológicos da mineralização (8.4), procurando-se assim estabelecer as leis metalogenéticas de distribuição do metal cobre no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá. Ainda, para efeito de racionalização das ocorrências estudadas e cadastradas durante o mapeamento geológico, agrupou-se as mineralizações de forma prática, em cinco tipos genéticos diferentes:

Tipo A - As mineralizações de cobre relacionadas neste tipo estão caracterizadas por fina disseminação de sulfetos (calcopirita, pirita e bornita) associados, principalmente, às rochas anfibolíticas e calco-silicáticas (na Sequência Tanque Novo) e às rochas gabro-dioríticas (na Sequência Rio Curaçá). Estas mineralizações são tipicamente singenéticas, conforme se deduz do alto grau de disseminação dos sulfetos, da fina granulometria do mineral-minério e da ausência de fenômenos de remobilização.

Contudo, uma diferença aparentemente importante é que as disseminações de sulfetos nas rochas pertencentes à Sequência Tanque Novo associam-se frequentemente à grafite o que normalmente não acontece nas rochas gabróides da Sequência Rio Curaçá.

Os estudos petrográfico - microscópicos, as relações de campo e a análise dos elementos traços das rochas anfibolíticas pertencentes a Sequência Tanque Novo e das rochas calco-silicatadas, atestam uma origem sedimentar-metamórfica para estas litologias, o que confere, à mineralização de sulfetos associada, uma origem singenética sedimentar.

Entretanto, o tipo de singeneticismo

das mineralizações disseminadas associado às rochas gabróides não pode ainda ser precisado, de acordo com os elementos de pesquisa que se dispõem no momento.

Estas mineralizações apresentam teores muito baixos (média de 0,1% Cu) podendo eventualmente alcançarem até 0,5% Cu e a mineralizacão secundária é fraca e às vezes despercebida em escala de afloramento. A pobreza do cobre aliada a pequena tonelagem da rocha mineralizada, até agora verificada para este tipo genético, não tem estimulado os trabalhos de pesquisa sobre as áreas de ocorrência.

Tipo B - Compreende os tipos singenéticos parcialmente remobilizados, com a mineralização sulfetada associada às rochas norítica-piroxeníticas. O teor médio de cobre, na área de distribuição desses corpos mineralizados, é da ordem de 1,0 % Cu. Os estudos detalhados destes depósitos cupríferos mais importantes da região do vale do Curaçá, já constituem partes integrantes deste volume, evitando-se assim maiores delongas sobre o assunto.

Tipo C - Caracteriza-se pela ocorrência de minerais secundários de cobre: crisocola, malaquita e azurita, ligados a zonas fraturadas e/ou intensamente alteradas por processos de mobilização hidrotermal.

A rocha original de natureza máfica-ultramáfica se transforma em biotitito ou biotita-clorita-xisto. A transformação poderá se verificar em todo o corpo máfico-ultramáfico ou parcialmente, segundo as zonas de cisalhamento originadas por falhas.

Neste tipo de mineralização a remobilização do cobre não se processa além da área de domínio do corpo máfico-ultramáfico alterado e é maiormente condiciona

da por mobilizados de natureza hidrotermal.

Na ocorrência de Cupim (Vol.VII), no meio do anfibolito ocorrem estreitas faixas biotíticas, onde a mineralização de cobre, embora não sendo visível macroscopicamente, alcança teores de até 0,9% Cu, enquanto na rocha anfibolítica menos alterada, os teores variam de (0,10 a 0,30)% Cu.

Neste último exemplo, como em outras ocorrências da área, além da remobilização dos sulfetos de cobre deve haver uma participação menor de cobre liberado pelo rompimento da estrutura cristalina dos minerais ferromagnesianos preexistentes, quando se alteram para clorita e/ou biotita. Este fenômeno, denominado de "exudação a frio" (Suszczynski, 1972), entretanto, não seria suficiente para explicar todo o cobre contido nestas faixas biotitizadas ou cloritizadas, sendo essa uma participação que se acredita de caráter secundário em relação à remobilização de uma mineralização de sulfetos de baixo teor, preexistente no complexo máfico-ultramáfico.

Torna-se muito difícil avaliar esse tipo de ocorrência quanto a sua potencialidade, pelo fato de que todas as mineralizações encontradas no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá (exceção daquelas simplesmente singenéticas) sofreram processos notáveis de mobilização hidrotermal. É assim um fenômeno muito comum nos depósitos de Caraíba, Surubim, Lagoa da Mina, Pirulito, etc.

Entretanto, em função da dimensão dos corpos máficos-ultramáficos envolvidos no processo, da mineralização secundária aflorante (teores e tonelagem) e da situação subestratigráfica do corpo em relação às zonas de maior concentração de cobre, é possível se estabelecer a potencialidade desse tipo de ocorrência e orientar a

pesquisa no sentido de se obter uma definição do prospecto com o menor custo possível, utilizando-se objetivamente os métodos de exploração geofísica antes que se processe as sondagens prospectivas.

Tipo D - Esta mineralização secundária de cobre, constituída por malaquita, azurita e crisocola, é normalmente notável, embora restrita espacialmente.

Está ligada à presença de rochas cloritizadas ou cloritites propriamente ditos, derivados provavelmente de rochas ultramáficas, pelo que se conclui dos tipos de alterações comumente observados: cloritização, talcificação, serpentinização e epidotização.

Estruturalmente estas zonas estão condicionadas por falhamentos notáveis, normalmente de postura longitudinal e invariavelmente constata-se uma intensa feldspatização potássica superimposta às zonas cisalhadas, obliterando os contactos geológicos.

A presença de óxido de ferro é algumas vezes acentuada, acreditando-se que pelo menos parte deste material tenha sido liberado durante a transformação dos ferromagnesianos preexistentes para clorita.

A mineralização sulfetada interceptada por furos de sondagem é nitidamente de caráter epigenético e concentra-se em "traps" estruturais como resultado de uma remobilização de cobre por processos hidrotermais-metassomáticos e reconcentração em zonas de mais baixa pressão (intersecção de falhas). Pode apresentar teores de cobre relativamente altos mas em termos de tonelagem constituem depósitos muito pequenos.

Tipo E - A mineralização secundária composta de malaquita,

azurita, crisocola e cuprita, associada com limonita, é notável, formando algumas vezes zonas de alto enriquecimento supergênico.

Esta mineralização está controlada por falhamentos normalmente de postura longitudinal. Além de fraturamento e cisalhamento são frequentes as zonas brechificadas as quais associam-se, invariavelmente, mobilizados pegmatóides e hidrotermais.

Normalmente não se observam relações diretas com corpos máficos-ultramáficos embora tenha-se constatado, algumas vezes, zonas biotitizadas que poderiam resultar de transformações hidrotermais-metassomáticas de rochas máficas-ultramáficas preexistentes.

Os sulfetos, quando presentes, representam nitidamente uma mineralização epigenética, ocorrendo nas zonas fraturadas do gnaisse ou intimamente associados com os mobilizados pegmatóides.

O teor de cobre no minério sulfetado é normalmente baixo, da ordem de 0,3% Cu, enquanto no minério oxidado pode apresentar teores de até 30% Cu (Argentiere, 1968), em amostras escolhidas.

O interesse econômico deste tipo de ocorrência deve se restringir à zona de alto enriquecimento supergênico, como é o caso, por exemplo, da ocorrência de Arapuá, a depender de estudos de viabilidade de aproveitamento do minério oxidado das pequenas ocorrências espalhadas pelo vale do Curaçá.

Um aspecto interessante é que estes tipos de ocorrências cupríferas só são normalmente encontrados em rochas do domínio do fácies do anfibolito onde as remobilizações da mineralização sulfetada podem ter se processado a grandes distâncias, devido ao maior conteúdo de

água conata.

8.4. Controle das mineralizações

Os controles geológicos das mineralizações de cobre do vale do Curaçá (metalotectos) foram estabelecidos em função dos levantamentos geológicos realizados em diversas escalas, das análises macroscópicas, microscópicas e químicas dos testemunhos de sondagem dos depósitos pesquisados e do estudo de inúmeras ocorrências cupríferas agrupadas segundo os tipos genéticos diferenciados(9.3).

8.4.1. Controle determinante-litológico

Foi caracterizado desde os primeiros trabalhos de pesquisa executados na área: Lewis Jr et Santos (1966), Barbosa et alii (1964), Lewis Jr et alii (1966) e Ladeira et alii(1969). A associação de sulfetos de cobre com as rochas máficas-ultramáficas constitui um controle determinante da mineralização cuprífera do vale do Curaçá, tendo sido, desde o princípio, utilizado como guia para a prospecção geoquímica dirigida para as "manchas" identificadas nas aerofotos.

Pelo mapeamento geológico diferenciou-se, em função da natureza petrográfica dominante dos blocos autóctones preservados sobre o solo residual das rochas máficas-ultramáficas, quatro tipos principais de corpos:

- corpos piroxenítico-serpentiníticos;
- corpos anfibolíticos;
- corpos norítico-piroxeníticos; e
- corpos gabro-dioríticos

Em relação as mineralizações de sulfetos constatou-se que:

1) os corpos piroxenítico-serpentiníticos, que ocorrem principalmente na Sequência Tanque Novo, não são mineralizados;

2) os corpos anfibolíticos e gabro-dioríticos, em qualquer das duas sequências (Rio Curaçá ou Tanque Novo), podem apresentar fraca disseminação de sulfetos mas sem interesse econômico, de acordo com os elementos atualmente conhecidos; e

3) os corpos norítico-piroxeníticos da Sequência Rio Curaçá são os mais ricamente mineralizados, correspondendo aos atuais depósitos conhecidos.

No campo de Angico, os corpos de Lagoa da Mina e Cercado Velho, devido a granitização local mais intensa das rochas originais de natureza norítica-piroxenítica, apresentam atualmente uma constituição dominante norítica-diorítica, tendo por isto sido enquadrados na classificação dos corpos gabro-dioríticos.

Os piroxenitos, litologias portadoras por excelência das ricas mineralizações sulfetadas, foram identificados invariavelmente como hiperstenitos sempre associados a rochas noríticas na conformação dos corpos máficos-ultramáficos que constituem os depósitos cupríferos.

As rochas calco-silicatadas, eventualmente, apresentam fraca disseminação de sulfetos associados à grafite, não tendo sido, porém, caracterizada, nenhuma concentração de cobre importante que justificasse um estudo mais detalhado.

Há de se admitir, entretanto, a di

ficuldade da identificação, no campo, somente com base nos fragmentos residuais, das litologias dominantes dos corpos máficos-ultramáficos, pelo fato de certos tipos litológicos serem mais susceptíveis a meteorização do que outros.

Conquanto possa tornar duvidosa a classificação de determinado corpo máfico-ultramáfico, tal fato não invalida em nenhuma instância o controle litológico da mineralização sulfetada, conforme exposto acima e patenteado pelo estudo dos testemunhos de sondagem dos diversos depósitos e ocorrências prospectados.

8.4.2. Controle regional-subestratigráfico

Os corpos norítico-piroxeníticos que constituem os depósitos de cobre do vale do Curaçá estão restritos a área de domínio da Sequência Rio Curaçá. Outrossim, os depósitos de Caraíba, Baraúna-Imburana, Pirulito, Surubim, Lagoa da Mina, Cercado Velho e Santa Fé são balizados pela ocorrência de rochas da Unidade Bom Despacho que constituem a base da Sequência Tanque Novo. Este fato não parece uma mera coincidência, tendo em vista que: (1) ainda não ocorreu nenhuma exceção a esta regra; e (2) inúmeras ocorrências de cobre foram constatadas ao longo dos "trends" de mineralizações que coincidem com este controle regional, que se denominou de subestratigráfico para diferenciá-lo dos controles estratigráficos perfeitamente definidos em sequências sedimentares ou de baixo grau de metamorfismo.

Admitindo-se que as rochas noríticas-piroxeníticas sejam intrusivas vulcânicas, estes derrames de rochas básicas-ultrabásicas, portadoras de cobre, devem ter se processado antes da deposição da Sequência Tanque Novo.

Outro fato significativo que confirma, em parte, esse controle subestratigráfico, é a situação tectônica dos depósitos atualmente conhecidos, distribuídos em torno da zona axial do Anticlinório Rio Curaçá, com exceção do campo de Caraíba que localiza-se próximo a zona de terminação periclinal sul da referida estrutura.

8.4.3. Controles locais

Dobramento - Nas zonas axiais e de terminação periclinal processou-se frequentemente remobilização dos sulfetos de cobre mesmo em corpos com fraca mineralização. No depósito de Lagoa da Mina a remobilização dos sulfetos ao longo das zonas sanfonadas da terminação periclinal parece evidente. Embora seja praticamente impossível reconstituir o dobramento em detalhe, a configuração geral dos corpos de minério só poderia ser explicado através dessa hipótese. Fenômeno idêntico parece ocorrer com os corpos de minério, interpretados em seções verticais, do depósito de Caraíba.

Metamorfismo - Os estudos de testemunhos de sondagem mostraram a preferência da mineralização por determinadas litologias, normalmente hiperstenitos e noritos. Entretanto, para litologias idênticas, a estrutura metamórfica controla a mineralização, constatando-se frequentemente que uma mesma rocha quando isótropa mostra-se melhor mineralizada que o seu equivalente foliado. Este fenômeno já tinha sido comprovado por Ladeira et alii (op. cit.).

Granitização - Localmente o condicionamento da mineralização é imposto pelos processos de granitização (migmatização e metassomatismo) das rochas máficas-ultramáficas. Os agen

tes migmatizantes remobilizam os sulfetos concentrando-os em faixas que se acomodam, normalmente, na periferia das partes mais granitizadas. Nas zonas granitizadas propriamente ditas, permanece dispersa disseminação de sulfetos, notadamente pirita que, no caso, apresenta menor mobilidade do que a calcopirita.

Os mobilizados pegmatóides constituem, sem dúvida, os veículos de expressivas remobilizações de cobre, às vezes atingindo distâncias relativamente grandes da fonte do metal.

Hidrotermalismo e metassomatismo - O conceito de hidrotermalismo usado pelos autores deste relatório é bem amplo e relaciona-se a todo mobilizado de natureza hidrotermal independente de qual tenha sido a sua origem.

Os processos de alteração hidrotermal e transformações metassomáticas aconteceram em diversos estágios da evolução geológica do Distrito Cuprífero do Rio Curaçá, desde a formação dos primeiros migmatitos até a última fase de injeções de diques de quartzo que atingiram os metassedimentos do Grupo Canudos. Em todas as fases possivelmente aconteceram remobilizações da mineralização de cobre.

Uma fase bem característica relaciona-se a formação dos granitos róseos anatéticos que às vezes migraram ao longo de zonas tectonicamente preparadas. A este evento relacionam-se as mais expressivas remobilizações de caráter hidrotermal-metassomático.

O condicionamento da mineralização a zonas de cisalhamento é muito frequente e as mineralizações remobilizadas para estas zonas foram frequentemente atingidas pelo nível de oxidação, se originando desta forma a maioria das inúmeras ocorrências secundárias de cobre espalhadas

pelo vale do Curaçá. É muito comum que tais ocorrências sejam controladas por falhas longitudinais, e, nestes casos, as concentrações de cobre são mais expressivas. Este sistema de falha N-S, por ser o mais antigo da área com evidências atuais, foi influenciado inclusive pela fase de metassomatismo potássico que atingiu generalizadamente as rochas do vale do Curaçá, provocando transformações retrometamórficas.

Associação com grafite - A associação de sulfetos com grafite é comum nas mineralizações singenéticas sedimentares que ocorrem nas rochas anfibolíticas e calco-silicáticas pertencentes a Sequência Tanque Novo.

Na Sequência Rio Curaçá, nos corpos mineralizados de Surubim, Lagoa da Mina e Cercado Velho, a grafite observada está intimamente associada às zonas cisalhadas ou mais frequentemente às zonas de alteração hidrotermal-metassomática, razão pela qual não se pode precisar a sua origem primária.

8.5. Agrupamento hierárquico das unidades espaciais metalogênicas

As unidades metalogênicas, monoparagenéticas, são definidas, basicamente, em função das dimensões e escalas correspondentes e seus limites são traçados com base nos objetos geológicos e na continuidade e descontinuidade da mineralização.

Para o vale do Curaçá, agrupou-se as unidades segundo o grupamento adotado por Pélissonnier(1970) em seu trabalho sobre as dimensões dos jazimentos de cobre do mundo, a saber:

UNIDADES	DIMENSÕES	ESCALAS
Corpo mineralizado	Dezenas de metros a quilômetros	1:500 a 1:10.000
Campo	Quilômetros a 10 quilômetros	1:20.000 a 1:100.000
Distrito	De 10 quilômetros a 100 quilômetros	1:100.000 a 1:1.000.000

Pelas dimensões e tipo de mineralização, o vale do Curaçá se enquadra perfeitamente como um distrito, denominado Distrito Cuprífero do Rio Curaçá ou Distrito Cuprífero do Vale do Curaçá.

Os corpos mineralizados individualizados foram caracterizados e reunidos em campos mineralizados, de acordo com o quadro seguinte:

CAMPO MINERALIZADO	CORPO MINERALIZADO
Caraíba	Caraíba Baraúna-Imburana
Surubim	Surubim
Angico	Lagoa da Mina Cercado Velho
Sertãozinho	Pirulito
Santa Fé	Santa Fé

Tabela XL - Relação das unidades espaciais metalogênicas definidas para o Distrito Cuprífero do Rio Curaçá.

Os campos de Sertãozinho e Santa Fé constituem, respectivamente, a maior parte da área dos Alvos L-2 e S-12. O campo de Surubim engloba outras áreas com mi

neralização já comprovada,como Bela Vista. No Anexo XI está representado, aproximadamente, o contorno dos campos mineralizados, atualmente conhecidos no vale do Curaçá.

Com base nessa classificação elaborou-se uma análise dimensional estatística, entre os corpos e campos do vale do Curaçá e de outros distritos cupríferos do mundo, aspecto que é abordado no capítulo 10 deste volume.

9. ASPECTOS DA ECONOMIA MINERAL DO COBRE

9.1. Introdução

A inversão histórica, gradativa e inexorável dos polos de decisão, e mesmo de independência econômica, das nações industrializadas para as nações detentoras de matéria prima mineral, com um consequente realinhamento dos países no cenário mundial, independentemente de etnia, posicionamento geográfico ou ideologia, tende a crescer com a exaustão progressiva das reservas minerais disponíveis no mundo. O emprego de uma tecnologia avançada poderá, eventualmente, minimizar os efeitos desta mudança, sem entretanto deter o seu curso.

Este processo de revolução mineral se desenvolve em consequência da característica intrínseca desta matéria prima de ser não renovável, aliada à sua evidente importância estratégica, decorrente do fato de que toda indústria dela é dependente.

O crescimento industrial mundial implicará numa dependência cada vez maior dos insumos básicos minerais, cujos preços serão cada vez mais resultantes da confrontação entre a demanda ascendente e a escassez de uma oferta diretamente subordinada às reservas minerais disponíveis. Matérias primas como mercúrio, estanho e a prata, já se mostram insuficientes para atender a demanda internacional atual, estando seus preços em contínua ascenção.

Na defesa de seus interesses, os países produtores desses insumos já começaram a se organizar contra as fortes pressões das nações industrializadas, interessadas em assegurar suas fontes supridoras de matérias primas, visando garantir o "status quo" atual, através de esforços diplomáticos, políticos, econômicos e, mesmo, militares, em complementação ao incremento dos seus investimentos em

mineração nos países em desenvolvimento, procurando controlar a produção e a comercialização das matérias primas minerais vitais às suas sobrevivências.

Esta situação gerou um novo relacionamento entre as nações, orientado por uma diplomacia já denominada dos recursos ou dos insumos - "resource diplomacy", voltada exclusivamente para os interesses nacionais, com vistas ao suprimento de suas economias, com amplos reflexos sociais.

O cobre, uma das treze matérias primas minerais de que carece uma sociedade industrializada, é um metal estratégico de importância fundamental para o desenvolvimento de uma nação. Este metal é um ótimo condutor de eletricidade, bastante dúctil e maleável, com uma elevada resistência à tensão física e ao intemperismo, sendo facilmente combinável a outros metais para fabricação de ligas. Quando puro ou formando ligas é caracterizado por uma resistência mecânica moderada, tendo largo emprego nas indústrias de eletricidade, telefonia, mecânica, automobilística, construção civil e de artigos eletrodomésticos.

Com elevado grau de pureza, obtido comercialmente, o cobre é indicado para a condução de energia elétrica e térmica. Com um grau menor de pureza, contendo teores residuais de fósforo intencionalmente adicionados, encontra aplicação na fabricação de tubulações para condução de fluidos ou na construção civil. O cobre forma diversas ligas com os elementos Ag, Cd, Cr, Te, Be, Zn (latões), Sn (bronzes), Al, Ni e Si, cujas adições provocam uma melhoria na condutibilidade elétrica e térmica, uma maior resistência mecânica ou uma maior usinabilidade.

Sob a forma de sais, o cobre tem um grande emprego na agricultura, na medicina e na veterinária,

como fungicidas e micronutrientes. Como fungicidas, são agrupados em três principais classes, conforme o composto de cobre que lhes serve de base:

a) à base de óxido cuproso (contendo de 35 a 50% de Cu);
b) à base de oxicloreto de cobre (contendo de 35 a 60% de Cu); e
c) à base de sulfato de cobre (contendo de 20 a 28% de Cu).

Como defensivos agrícolas, os sais de cobre oferecem a grande vantagem de não produzirem resíduos orgânicos, tendo seu emprego crescido bastante nos últimos anos.

9.2. Situação internacional

Uma análise das importações e exportações mundiais, com a participação do setor mineral, revela a acentuada dependência dos países industrializados à importação de bens minerais, verificando-se uma carência maior desses insumos para o Japão (40,5%), USA (24,0%) e os países da Europa Ocidental (23,3%).

No setor de exportações, observa-se uma participação relativa maior do setor mineral na economia interna dos países em desenvolvimento, sendo maior no Oriente Próximo (83,8%, devido ao petróleo), seguindo-se a África (48,6%) e a América Latina (39,1%).

A quadruplicação dos preços do petróleo, verificada no período 1973/74, provocou um aumento substancial no valor das importações, ampliando sensivelmente a percentagem relativa ao setor mineral.

Tabela XLI - Importações e exportações mundiais de bens minerais (1968).

Participação de minérios, metais e combustíveis minerais						
PAÍSES	EXPORTAÇÕES*			IMPORTAÇÕES*		
	Total	Setor Mineral	% do Setor Mineral	Total	Setor Mineral	% do Setor Mineral
USA	34,2	3,2	9,4	31,9	7,6	24,0
EUR. OC.	101,5	15,1	14,9	105,1	24,5	23,3
JAPÃO	12,9	1,9	14,7	10,9	4,4	40,5
EUR. OR.	24,9	5,8	23,4	23,0	4,3	14,1
AM. LAT.	12,1	4,7	39,1	12,1	1,6	13,4
ÁFRICA	9,7	4,7	48,6	8,9	1,1	12,4
ÁSIA**	11,1	1,7	15,5	15,5	2,3	14,8
ORIEN.PR.	8,7	7,3	83,8	6,1	0,8	14,3
Total	215,4	44,6	20,7	213,8	46,8	21,9

* - Em US$ bilhões.
** - Sem o Japão

Fonte: Engineering and Mining Journal Janeiro/1973.

Um estudo dos investimentos previstos na indústria de minerais metálicos, em todo o mundo, revela que haverá uma maior soma de investimentos em mineração nos países em desenvolvimento da América do Sul, África, Ásia e dos Mares do Sul, abrangendo cerca de 56,7%, que somados aos investimentos que ocorrerão no Canadá e Austrália, cerca de 26,4%, totalizarão 83,1% dos recursos a serem investidos no setor de mineração de metálicos, no período 1974/78.

Por outro lado, a análise destes investimentos revela que do total dos recursos a serem aplicados na metalurgia dos minerais metálicos, os países da América do Sul, África e Mares do Sul deverão investir apenas 28,2% do total, enquanto os países industrializados, inclusive o

Japão, Canadá e Austrália deverão investir em seus territórios os restantes 71,8%, concluindo-se que deverá ser mantida nos próximos anos a tendência dos países em desenvolvimento, com investimentos previstos predominantemente em mineração (em grande parte oriundos dos países industrializados), continuarem como fornecedores de matéria prima mineral.

Tabela XLII - Investimentos na indústria de minerais metálicos*

ÁREA	MINERAÇÃO ** INVESTIMENTO	%	METALURGIA** INVESTIMENTO	%	TOTAL
USA	773	53,4	675	46,6	1.448
CANADÁ	1.066	71,4	428	28,6	1.494
AM. DO SUL	2.481	82,0	548	18,0	3.029
EUROPA	522	10,5	4.458	89,5	4.980
AUSTRÁLIA	988	62,3	598	37,7	1.586
PAÍSES DOS MAR.DO SUL	1.051	56,4	799	43,1	1.850
ÁFRICA	839	71,4	335	28,6	1.174
ÁREA DO MEDITERRÂNEO	12	1,1	1.163	98,9	1.175
ÁSIA	37	5,0	700	95,0	737
Total	7.769	44,7	9.604	55,3	17.393

* - Período Aproximado: 1974/78
** - Em US$ milhões

Fonte: Engineering and Mining Journal Janeiro/1973

Os países altamente industrializados da Europa e o Japão, não dotados de reservas minerais que possam suprir os seus parques industriais, apresentam, já na atualidade, dependências graves em relação aos países fornecedores de matérias primas, as quais a curto e médio prazos, deverão provocar situações de instabilidade para suas econo

mias.

O incremento acelerado do consumo de matérias primas, crescente com os investimentos mundiais programados para o setor metalúrgico, tem estimulado estudos sobre a exaustão das reservas minerais. Estes estudos, pela importância e pela complexidade dos dados que envolvem, são por vezes conflitantes, sendo porém unânimes quanto a idéia de que a exaustão das reservas minerais é irreversível. As reservas conhecidas certamente deverão ser ampliadas com a descoberta de novos depósitos, através de pesquisas cada vez mais sofisticadas e, consequentemente, dispendiosas, tendo em vista que novas descobertas minerais serão cada vez mais raras e difíceis. Em consequência desta perspectiva, o avanço tecnológico tem propiciado o aproveitamento de minérios com teores cada vez mais baixos, em função de grandes reservas.

Um exame dos investimentos programados para o período 1973/76, para os metais não ferrosos, em todo o mundo, mostra que o cobre é o que apresenta o maior número de projetos de mineração, em relação ao de metalurgia (relação 2:1). Tal fato se deve não só à sua importância estratégica para os países industrializados e em desenvolvimento, com uma demanda acentuadamente ascendente, como também, ao volume das reservas atualmente conhecidas.

Tabela XLIII - Projetos programados para os metais não ferrosos para o período 1973 - 1976.

ELEMENTO	Nº TOTAL	METALURGIA	MINERAÇÃO	INVESTIMENTO*
Cobre	72	24	48	3.582
Zinco	22	13	9	353
Chumbo	12	5	7	194
Alumínio	58	44	14	3.558
Estanho	5	3	2	15

* - Em US$ milhões

Fonte: Engineering and Mining Journal Janeiro/1973.

Tabela XLIV - Reservas* identificadas e hipotéticas de cobre

ÁREA	IDENTIFICADAS[1]	HIPOTÉTICAS[2]
USA	76	100
CANADÁ	19	50
MÉXICO	18	20
AMÉRICA CENTRAL	1	6
ANTILHAS	2	1
AMÉRICA DO SUL	80	50
EUROPA (exc. URSS)	25	20
ÁFRICA	53	50
URSS	39	50
ORIENTE MÉDIO-SUL da ÁSIA	4	20
CHINA	3	?
OCEANIA (inc. JAPÃO)	21	30
AUSTRÁLIA	3	3
Total	344	400

* - Em milhões de t curtas.

1 - Todas as categorias de reservas mais estimativas.

2 - Reservas hipotéticas em áreas geologicamente favoráveis. Fonte: U.S. Mineral Resources 1973.

Segundo o trabalho "The Limits to Growth", realizado em 1972, a duração em anos das reservas conhecidas, considerando que o consumo manter-se-ia constante, para o cobre, seria de 36 anos. No caso de se considerar que o consumo aumente exponencialmente, teríamos um período de 21 anos até a exaustão das reservas de cobre. Estes dados referem-se ao ano base de 1970.

Estudos mais recentes, publicados na Mineral Resources: Potentials and Problems**, editada pelo

**In MINERAÇÃO E METALURGIA/Fev. 1975

Departamento do Interior dos Estados Unidos, concluem que este país poderá enfrentar uma grande escassez de minérios, a menos que se iniciem, imediatamente, amplas investigações para o desenvolvimento dos recursos internos. Os Estados Unidos importam atualmente cerca da metade do alumínio, cromo, manganês, níquel, estanho e zinco de que necessitam. São estes, seis dos treze insumos minerais de que carece uma sociedade industrializada. Até o ano de 1985, os EUA estarão precisando importar mais da metade do ferro, chumbo e tungstênio consumidos pela sua indústria, e, até o ano 2.000, o mesmo estará acontencendo com o cobre, potássio e enxofre.Os Estados Unidos serão auto-suficientes apenas em fósforo, o décimo terceiro entre os metais industriais essenciais. É importante lembrar que este país é o detentor das maiores reservas de cobre do mundo.

Visando criar um mecanismo permanente de proteção e de solidariedade contra as fortes pressoẽs exercidas pelas nações industrializadas e empresas multinacionais, e, principalmente, a valorização de suas matérias primas no mercado internacional, as principais nações exportadoras de cobre fundaram a CIPEC - Conferência Intergovernamental dos Países Exportadores de Cobre, formada pelo Chile, Peru, Zambia e Zaire. Outras nações, entretanto, têm mostrado interesse em ingressar na CIPEC: Austrália, México, Filipinas, Argélia, Canadá e a Polônia.

Em que pese os membros da CIPEC terem alcançado um certo nível de eficácia, com a criação de laços de apoio mútuo, a exemplo do ocorrido em 1973, quando o Peru, Zambia e Zaire decidiram apoiar o Chile para fazer frente ao embargo do cobre proveniente da mina de El Teniente, solicitado pela Kennecott Copper Corporation, esta organização não tem conseguido controlar a comercialização do

cobre.

Tabela XLV - Principais países produtores, importadores, exportadores e consumidores de cobre.

PRODUTORES*	1967	1968	1969	1970	1971	1972**
1. E.U.A.	1.384,9	1.668,3	2.009,3	2.034,5	1.779,0	1.997,8
2. URSS	960,0	990,0	1.020,0	1.075,0	1.150,3	1.224,0
3. JAPÃO	470,0	548,4	629,2	705,3	713,3	810,0
4. ZAMBIA	535,1	550,7	603,2	580,7	534,3	611,7
5. CHILE	386,4	395,4	452,9	465,1	467,8	420,3
IMPORTADORES*						
1. REINO UNIDO	419,6	416,3	416,7	409,9	366,1	394,7
2. AL. OCIDEN.	272,2	323,8	355,9	384,4	363,1	395,4
3. FRANÇA	235,3	257,9	323,1	315,4	301,6	346,8
4. ITÁLIA	198,6	199,3	235,6	270,0	257,2	275,9
5. BÉLGICA	58,1	117,7	186,5	183,1	189,0	180,0
EXPORTADORES*						
1. ZAMBIA	527,0	544,5	615,0	578,4	534,1	609,6
2. CHILE	361,3	377,8	428,3	440,0	434,8	389,0
3. CANADÁ	250,3	250,9	190,5	265,3	283,4	290,8
4. BÉLGICA	286,4	309,8	254,3	295,2	273,4	256,3
5. ZAIRE	161,0	166,0	183,3	180,0	198,7	218,0
CONSUMIDORES*						
1. E.U.A.	2.585,5	2.552,4	2.870,3	2.656,6	2.678,9	2.959,6
2. URSS	867,4	890,1	930,0	960,0	1.030,0	1.080,0
3. JAPÃO	880,0	1.010,2	1.141,7	1.176,0	1.164,3	1.276,0
4. Al. OCIDEN.	636,2	729,8	858,7	855,5	804,5	823,2
5. REINO UNIDO	652,3	680,2	690,8	674,7	630,3	651,5

* - Em 10^3 toneladas.
** - Usada a média mensal para dezembro.

Fonte: World Metal Statistics Feb/73
MIC - STI

Um fato importante a notar é que os quatro grandes exportadores de cobre da CIPEC não são os maiores produtores mundiais: Chile, Peru, Zambia e Zaire representam, juntos, cerca de 70% das exportações mundiais

do metal, mas não atingem 30% da produção total.

De janeiro a junho de 1974, a média da produção mensal dos países da CIPEC totalizou 187 mil toneladas/mes(Chile 72 mil t/mes,Zambia 57, Zaire 42 e Peru 16 mil t/mes), aproximadamente 29,1% da média mensal do mundo.

Os Estados Unidos, o maior consumidor mundial, obteve uma média de 128 mil t/mes, naquele período, cuja produção somada à média do Canadá, de 68 mil t/mes, alcança a 196 mil t/mes, ou seja, 30,5% da produção mundial, ultrapassando a soma da CIPEC.

Uma exportação correspondente a 70% das exportações mundiais, teoricamente seria suficiente para colocar a CIPEC como controladora do mercado, impondo seus preços, como a OPEP faz com o petróleo. Na prática, este fenômeno não se verifica, podendo-se enumerar as principais razões:

1) A grande produção dos países que mais consomem: apenas os Estados Unidos produzem mais do que o Chile e o Zaire juntos;

2) Dissenções internas entre os países membros da CIPEC, impedindo uma ação mais efetiva; e

3) A fragilidade econômica dos países exportadores, com suas economias fundamentalmente baseadas no cobre: no Chile este metal é responsável por 80% das divisas e 40% do orçamento; em Zambia, o cobre responde por 95% das divisas.

Visando obter melhores preços, os países da CIPEC resolveram reduzir a produção em 10%, apartir de dezembro de 1974, com ameaça de maiores reduções, para 15%, e até 25% da produção. Esta diminuição da oferta, segundo os analistas, não seria suficiente para valorizar o cobre, a curto prazo, devido aos estoques elevados da bolsa de Londres e às enormes reservas particulares existentes em to

da a Europa e nos Estados Unidos. Para formar seus próprios estoques, visando defender um preço melhor, a CIPEC deveria retirar do mercado no mínimo a metade de sua produção, por seis meses, o que a precária situação econômica dos seus países membros não permite.

Os preços do cobre apresentaram, durante o ano de 1974, grandes oscilações no London Metal Exchange (LME), com a cotação de 863 libras por tonelada métrica no início de janeiro, atingindo um pico de 1.400 libras em abril, caindo para 760 libras em agosto e encerrando o ano com o preço de 529 libras. Os preços continuaram em declínio, mesmo com a redução de 10% imposta pela CIPEC, em virtude do grande volume de cobre estocado nos países consumidores, estimado em 500 mil toneladas, além de outras 146.200 toneladas existentes no LME, no fim do ano de 1974.

Em conferência realizada no American Mining Congress*, o professor Alexander Sutulov, diretor da R & D, Corporación del Cobre, Santiago, Chile, após analisar a importância do cobre chileno, considerando-o como indispensável para o suprimento das necessidades mundiais futuras, fez importantes observações. Segundo ele, o fato de 65% das reservas de cobre conhecidas no mundo estarem localizadas nos países comunistas e nos pertencentes ao 3º mundo, enquanto 75% do consumo verifica-se entre as nações industrializadas ocidentais (incluindo o Japão) provoca um desequilíbrio politicamente arriscado e economicamente perigoso, como indicaram recentes acontecimentos no mercado do petróleo.

9.3. Situação nacional

O acelerado desenvolvimento indus

---

* In Metal Bulletin - Oct. 22, 1974.

trial brasileiro, com o crescimento do Produto Interno Bruto situando-se, nos últimos anos, normalmente acima de 10%, tem exigido um pesado gasto de divisas na importação dos insumos básicos minerais de que somos carentes.

Para o exercício de 1975, prevê-se um gasto de aproximadamente US$ 750 milhões, na importação de cobre, alumínio, zinco, chumbo e estanho, o que significa que nossas necessidades serão supridas em 60% por matéria-prima estrangeira no campo dos metais não ferrosos. A estes gastos, acrescente-se uma quantidade maior de divisas a serem dispendidas com as necessidades energéticas e de fertilizantes.

O aproveitamento do nosso potencial hidroelétrico, ao lado do plano de eletrificação rural, o crescimento da indústria mecânica em geral e, particularmente, da automobilística, aliado ao rítmo crescente verificado na indústria de construção, fazem prever uma vertiginosa demanda de cobre metálico e suas ligas, nos próximos anos, estimando-se seu crescimento, a partir dos dados referentes ao período 1966-1972, em 15% ao ano.

Um consumo crescente de cobre, sob a forma de sais, tem sido observado na agricultura, como principal fungicida, cujo emprego, ainda incipiente, vem se generalizando rapidamente, de modo mais específico, no combate à ferrugem do café.

Tabela XLVI - Consumo do cobre estimado por setores (%).

ANO	ELETRICIDADE*	MECÂNICA**	CONSTRUÇÃO	AGRICULTURA	OUTROS
1967	56	23	10	-	11
1968	58	24	9	-	9
1969	58	25	8	-	9
1970	59	24	8	-	9
1971	58	24	8,5	0,5	9
1972	57	24	8	4	7
1973	57	23	7	6,5	6,5

* - Inclusive telefonia e indústria de eletrodomésticos.
** - Indústria em geral e automobilística. Fonte: CEBRACO

Uma comparação dos consumos "per capita" mundiais para o cobre, bem como, dos consumos aparentes, revela que apesar do crescimento a taxas bem mais elevadas do que a média verificada em outros países, deste metal, nos últimos anos, os consumos brasileiros "per capita" e aparente, situam-se ainda bem abaixo da média mundial (Tab. XLVII e XLVIII).

Tabela XLVII-Consumos "per capita" mundiais de cobre (kg/hab).

	1967	1968	1969	1970	1971	1972	Taxa de crescimento (% a.a.)
BRASIL	0,65	0,83	0,97	0,82	1,12	1,26	12,2
JAPÃO	8,51	9,99	11,18	11,37	11,12	12,04*	8,4
ÍNDIA	0,12	0,09	0,13	0,13	0,15	0,12***	1,9
ALEM. OC.	10,67	12,12	14,12	13,39	13,12	13,34*	4,0
AUSTRÁLIA	10,31	11,10	11,71	11,89	11,92	10,34	1,0
E.U.A.	13,03	12,72	14,17	12,97	12,94	14,15*	1,8
FRANÇA	7,43	7,83	9,02	8,89	9,02	9,44**	1,0
ITÁLIA	6,45	8,82	7,42	8,13	7,57	7,74***	4,3
REINO UN.	11,84	12,30	12,45	12,09	11,24	11,55	0,6
ESPANHA	2,44	2,82	3,50	3,89	3,78	4,39***	14,1
MUNDO	2,33	2,41	2,84	2,57	2,53	2,34	2,3

* - Usada a média mensal para dezembro.
** - Usada a média mensal para os dois últimos meses.
*** - Usada a média mensal para os três últimos meses.
Fontes: World Metal Statistics, Feb. 1973.
ABA-Anuário Estatístico de 1972.
MIC - STI.

Contrastando com a indústria dos metais ferrosos, que apresenta um crescimento equilibrado com a expansão industrial do país, a indústria de mineração-metalurgia dos metais não ferrosos e, particularmente, do cobre, revela um grande atraso, provocando uma forte dependência dos recursos minerais estrangeiros.

Como resultado direto da ausência de uma política agressiva de pesquisa mineral, nenhum outro distrito cuprífero de importância foi descoberto nos últimos 10 anos, além da ampliação das reservas conhecidas no vale do

Tabela XLVIII - Consumos aparentes mundiais de cobre.

	1967	1968	1969	1970	1971	1972	Taxa de crescimento do período (% a.a.)
BRASIL	56,0	74,0	79,5	88,0	108,5	125,2	15,4
JAPÃO	880,0	1.010,2	1.141,9	1.176,0	1.164,3	1.276,0*	9,8
ÍNDIA	61,4	46,4	70,7	69,3	81,3	66,2***	4,1
ALEMANHA OCIDENTAL	636,2	729,3	358,7	855,3	804,5	823,2*	5,0
ESTADOS UNIDOS	2.585,5	2.552,4	2.370,3	2.656,6	2.678,9	2.959,6*	3,0
AUSTRÁLIA	121,7	134,3	144,0	148,6	151,4	133,4	2,9
FRANÇA	368,3	380,9	453,8	456,7	482,8	488,0	5,0
ITÁLIA	345,0	365,0	402,0	443,0	415,0	428,4***	5,2
REINO UNIDO	852,0	680,2	690,8	874,7	630,3	651,5	0
ESPANHA	79,5	93,5	117,2	132,2	130,2	153,3***	15,5
MUNDO	7.988,0	8.428,2	5.387,4	9.348,0	9.378,6	9.983,0	4,3

* - Usada a média mensal para dezembro.

Unidade: 10^3t.

** - Usada a média mensal para os dois últimos meses.

*** - Usada a média mensal para os três últimos meses.

Fontes: World Metal Statistics, Feb. 1973.

MIC - STI

Tabela XLIX - Produção nacional de cobre.

	1967		1968		1969		1970		1971		1972		1973	
	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*
PRIMÁRIO	1,8	1,9	3,5	3,9	3,7	5,1	4,6	6,4	5,1	5,5	4,8	4,9	4,2	7,5
SECUNDÁRIO	21,0	21,8	25,0	27,7	26,5	36,2	28,8	39,8	31,2	33,6	35,7	36,6	42,5	75,8
TOTAL	22,8	23,7	28,5	31,6	30,2	41,3	33,4	46,2	36,3	39,1	40,5	41,5	46,7	83,3

* - Em US$ 10^6.

Fonte: MIC - STI CONSIDER.

Tabela L - Importação (-) e exportação (+) de cobre.

1967		1968		1969		1970		1971		1972		1973	
10^3t	Valor*	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*
-36,9	-38,4	-50,4	-55,9	-48,0	-65,6	-53,2	-73,8	-72,3	-77,9	-85,3	-87,5	-95,6	-170,5
+ 0,5	+ 0,5	+ 0,6	+ 0,7	+ 0,4	+ 0,6	+ 1,0	+ 1,4	+ 0,8	+ 0,9	---	---	---	---

* - Em US$ 10^6.

Fonte: MIC - STI CONSIDER.

Curaçá, Bahia, em decorrência das pesquisas ali realizadas pela CPRM e Caraíba Metais S.A.

Tabela LI - Reservas* nacionais de cobre.

LOCALIZAÇÃO DAS JAZIDAS	MINÉRIO	METAL CONTIDO
Vale do Curaçá - Bahia	94.574	998,7
Camaquã - Rio Grande do Sul	9.092	117,3
Total do Brasil	103.666	1.116,0

* - Em 10^3t (reservas medida, indicada e inferida).

** - Fonte: MIC - STI.

Depósitos menores, atualmente desprovidos de interesse econômico, em função das baixas reservas cubadas, são conhecidos nos estados de Goiás, Ceará e São Paulo.

No caso da produção brasileira de cobre, verifica-se que 90% é constituída por metal secundário. A produção de cobre primário, produzida pela Mina de Camaquã, no Rio Grande do Sul, contribui com apenas 5% do consumo interno aparente.

Os concentrados, possuindo um teor metálico de 35 a 36% de cobre, são refinados na única metalurgia do País, situada em Itapeva, São Paulo, pertencente à Laminação Nacional de Metais, do Grupo Pignatari.

Estudos realizados pelo CONSIDER-Conselho de Não-Ferrosos e de Siderurgia, estabeleceram uma taxa de crescimento do consumo de 14% a.a., para o cobre, numa projeção da demanda deste metal para o período 1974-1983. Estes estudos resultaram, principalmente, da projeção de séries históricas, das regressões com agregados macroeconômicos e da correlação com o consumo nacional de aço.

Tabela LII - Projeção da demanda nacional do cobre.

1974		1975		1976		1977		1978	
10^3t	Valor*	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*
163	236	186	269	212	306	242	349	276	398

1979		1980		1981		1982		1983	
10^3t	Valor*	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*	10^3t	Valor*
314	454	358	517	408	589	465	672	531	766

* - Em US$ 10^6.

Fonte: CONSIDER

Preços internacionais do mes de setembro de 1974.

Taxa de conversão: Cr$/US$ = 7,067

Semelhantes projeções, aliadas à carência de reservas brasileiras de cobre e à dependência ao fornecimento de minério estrangeiro, fazem crescer a importância estratégica dos depósitos cupríferos do vale do Curaçá. Os trabalhos desenvolvidos pela CPRM nesta região, através do Projeto Cobre - Curaçá, não só ampliaram as reservas anteriormente conhecidas, como também, desenvolveram uma tecnologia altamente especializada no campo da exploração mineral do cobre, com a determinação dos parâmetros geoquímicos e geofísicos, mapeamentos geológicos de detalhe e sondagem, que permitiram a identificação de novos depósitos e a avaliação correta de suas reservas.

O vale do rio Curaçá abrange parcialmente os municípios de Juazeiro, Curaçá e Jaguarari.

A partir dos dados fornecidos pela Divisão de Fomento do DNPM - 7º Distrito, um levantamento da situação legal das áreas requeridas é apresentado para estes municípios. Não estão computados, neste levantamento, os pedidos de pesquisa nos municípios vizinhos, de Uauá, Monte

Santo, Itiúba e Cansanção.

No vale do Curaçá, a Caraíba Metais S.A., cujo controle acionário foi transferido em novembro de 1974, do Grupo Pignatari para a FIBASE - Financiamentos de Insumos Básicos S.A., subsidiária do BNDE, é detentora de um manifesto de lavra de uma área no local denominado fazenda Caraíba. Existem ainda dois decretos de lavra, nos locais conhecidos por Surubim e Arapuá, cujos concessionários são, respectivamente, a Caraíba Metais S.A. e a Metanordeste Minerais e Minérios.

Tabela LIII - Número de pedidos de pesquisa para cobre.

MUNICÍPIO	1973	1974*	TOTAL
Juazeiro	4	4	8
Curaçá	42	17	59
Jaguarari	30	3	33

* Dados relativos ao período janeiro-setembro

Tabela LIV - Número de alvarás de pesquisa para cobre

MUNICÍPIO	1972	1973	1974*	TOTAL
Juazeiro	17	13	1	31
Curaçá	14	20	10	44
Jaguarari	1	21	7	29

* Dados relativos ao período janeiro-setembro.

Tabela LV - Número de alvarás de renovação para cobre.

MUNICÍPIO	1972	1973	1974*	TOTAL
Juazeiro	1	9	3	13
Curaçá	1	21	1	23
Jaguarari	32	24	3	59

* Dados relativos ao período janeiro-setembro.

Tabela LVI - Área*dos alvarás para cobre.

MUNICÍPIO	1972	1973	1974**	TOTAL
Juazeiro	9.456	17.446	4.089	30.991
Curaçá	7.371	22.468	7.995	37.834
Jaguarari	16.400	28.455	7.828	52.683

* - Em hectare.

** - Dados relativos ao período janeiro-setembro.

No período compreendido entre janeiro de 1972 e setembro de 1974, foram outorgados 199 alvarás de pesquisa, entre os quais 95 referentes à alvarás de renovação, perfazendo um total de área autorizada para pesquisa, nestes três municípios,de 121.508 hectares. Neste mesmo período, foram outorgados um total de 255 alvarás de pesquisa, incluindo 101 alvarás de renovação, com uma área autorizada de 169.516 hectares para pesquisa de cobre em todo o Estado da Bahia.

Tabela LVII - Titulares dos alvarás para cobre.

	1972	1973	1974*	TOTAL
GRUPO PIGNATARI	54	64	2	120
PESSOAS FÍSICAS	12	25	14	51
CPRM	-	15	4	19
CVRD	-	4	5	9

* - Dados relativos ao período janeiro-setembro.

Entretanto, em que pese o tempo já comprometido e o número elevado de pedidos de pesquisa para cobre na região, este distrito cuprífero, comprovadamente o mais importante do país, ainda não contribuiu para o desenvolvimento nacional, embora a região já disponha de uma boa infra-estrutura, representada por:

1) Energia elétrica disponível da hidroelétrica de Paulo Afonso, com uma estação rebaixadora localizada no município de Curaçá (vila de Barro Vermelho);

2) Água abundante do rio São Francisco, distante cerca de 100 km, que poderá ser canalizada através de estações bombeadoras;

3) Acesso por estrada de ferro ligando Salvador a Juazeiro e por rodovias asfaltadas (BR-324, trecho Salvador--Capim Grosso, e BR-407, trecho Capim Grosso-Juazeiro), passando pelo povoado de Barrinha (BA-714, estrada não asfaltada porém de boa qualidade ligando Barrinha ao povoado de Caraíba); e

4) Proximidade a dois centros comerciais relativamente importantes, cidades de Juazeiro(Ba) e Petrolina(Pe).

Entre os fatores que contribuiram de uma forma ou de outra para o atraso da implantação do projeto mínero-metalúrgico, destacam-se:

1) O caráter especulativo e, mesmo, aventureiro dos pedidos de pesquisa realizados por muitos interessados com a finalidade de requerer áreas para posterior negociação;

2) A incapacidade financeira das pessoas físicas e das empresas interessadas, para realizarem as pesquisas, tendo em vista que a complexidade de uma exploração mineral nestes depósitos exige uma ampla aplicação de recursos financeiros e tecnologia especializada; e

3) Altos custos na implantação de um complexo mínero-metalúrgico, com investimentos aproximados necessários para a produção do metal, estimados pelo CONSIDER, em setembro de 1974, em US$ 4500/t/ano, numa escala razoável de produção.

9.4. Conclusões

Estudos realizados pelo CONSIDER, publicados no Diário Oficial em fevereiro de 1975, prevêem uma demanda, para o decênio 1974/1983, estimada em 3,2 milhões de toneladas de cobre metálico, com uma importação prevista de 1,3 milhões de toneladas, para suprir as necessidades brasileiras deste metal.

Tão grave perspectiva, considerando os gastos na importação de cobre, em 1974, estimados em US$ 340 milhões, o volume das nossas reservas atuais e a produção interna anual do metal, revela uma dependência extremamente perigosa do País ao fornecimento externo desta matéria-prima mineral. Em consequência, um gasto significativo de divisas deverá ser despendido pelo Brasil, em razão da valorização do cobre, como de resto, de todas as matérias-primas minerais, não só em consequência da exaustão progressiva destes recursos, como também, do crescimento acelerado da demanda mundial, com consequente fortalecimento da CIPEC e de outros cartéis internacionais, se desejar manter o atual rítmo de crescimento industrial.

É importante observar que o Brasil importou, via de regra, os metais não-ferrosos de que carece, de países que, em sua maioria, são intermediários e não produtores de minérios desses metais (o cobre, estanho e o zinco produzidos nos EUA não são exportados). Existem exceções, como para o cobre, com importações advindas do Chile, Zâmbia e Zaire.

A análise dos investimentos mundiais programados, para o período 1974-1978, na indústria de minerais metálicos, revela um crescimento substancial dos recursos aplicados em metalurgia nos países em desenvolvimento, vi

sando uma maior rentabilidade de suas indústrias minerais, buscando a valorização dos seus recursos.

Dentro deste panorama, o Brasil deverá suprir suas necessidades de cobre concorrendo num mercado internacional carente, competindo com os interesses vitais de nações desenvolvidas, mais fortemente preparadas tanto econômica como militarmente.

Visando atenuar esta dependência, o CONSIDER elaborou uma projeção de oferta incluindo iniciativas previstas, que compreendem expansões programadas das atuais unidades produtoras e instalação de novas unidades, segundo projetos cuja viabilidade vem sendo presentemente estudada, e projetos condicionais, propostos com o fim de, somados às iniciativas previstas acima mencionadas, conferir à oferta, até 1983, dimensões que permitam atender a demanda interna, estando vinculados à disponibilidade de matérias-primas nacionais e/ou importadas.

Este planejamento prevê para o cobre, entre as iniciativas previstas, a entrada em produção, em 1980, de uma usina de 100.000 t anuais, operando com concentrado importado. Inclui, também, a implantação de uma segunda usina (70.000 t anuais) a partir de 1982, tendo sido considerada a plena utilização, a partir de 1978, da atual capacidade instalada de 8.000 t/ano. A produção de cobre secundário foi estimada em 24% da demanda prevista.

Entre os projetos condicionais propostos, prevê a instalação de uma usina para atingir 100.000 t/ano de capacidade a partir de 1980, e de uma outra, para 130.000 t/ano a partir de 1983, para funcionarem com concentrados importados.

Tabela LVIII- Balanceamento de oferta e demanda, incluindo iniciativas previstas e projetos condicionais propostos para cobre.

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
DEMANDA	163,0	186,0	212,0	242,0	276,0	314,0	358,0	408,0	465,0	532,0
EXPORTAÇÃO	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
OFERTA	43,0	49,0	55,0	61,0	73,0	82,0	292,0	304,0	387,0	532,0
SALDO	-120,0	-137,0	-157,0	-181,0	-203,0	-232,0	- 66,0	-104,0	- 78,0	-

UNIDADE: 10^3t

Fonte: CONSIDER.

Tabela LIX - Projeção da oferta de cobre primário, por projetos.

		1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
PREVISTOS	Usinas existentes	5,0	5,0	5,0	5,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
	Novas usinas	-	-	-	-	-	-	100,0	100,0	170,0	170,0
CONDICIONAIS		-	-	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	230,0
TOTAL		5,0	5,0	5,0	5,0	8,0	8,0	208,0	208,0	278,0	408,0

UNIDADE: 10^3t

Fonte: CONSIDER.

Tabela LX - Investimentos necessários no período 1974-1983 - Projetos previstos e condicionais.

	Projetos	Capacidade*	Investimento**	Observações	US$ 10^6
PREVISTOS	1	70	315	MIN - MET	465
	2	100	150	METALURGIA	
CONDICIONAIS	1	100	150	METALURGIA	345
	2	130	195	METALURGIA	

* - Em 10^3t. ** - Em US$ 10^6

Fonte: CONSIDER.

O esgotamento das reservas mundiais de metais não-ferrosos, com a tendência de industrialização do metal no próprio país de origem e, consequente limitação estratégica nas exportações, por parte das nações fornecedoras tradicionais, ou mesmo, dificuldades de produção decorrentes de fatores políticos, ecológicos, trabalhistas, etc., nas nações produtoras, a exemplo do que já ocorre no Brasil, com o abastecimento de carvão mineral, poderão comprometer o desenvolvimento das metalurgias implantadas, por falta de matéria-prima a processar.

Neste campo, estudos de economia mineral que se projetem desvinculados da realidade mineral internacional, correrão o risco de se verem transformados em meras divagações estatísticas, comprometendo qualquer planejamento sério de desenvolvimento.

A realidade tem mostrado, conforme o Dr. Yvan Barreto de Carvalho, Presidente da CPRM, vem alertando constantemente, "que a pesquisa mineral é o começo de tudo nesse setor. É através dela que localizamos a jazida, origem da futura mina que poderá vir a ser um polo de desenvolvimento regional; que poderá dar lugar a indústrias de base e seus satélites; que poderá aliviar a balança comercial do país". Não é difícil entender que a descoberta de um grande depósito mineral, além do desenvolvimento interno que acarreta, atrai o capital estrangeiro interessado na implantação de complexos mínero-metalúrgicos, não mais exigindo o controle acionário, como anteriormente se verificava, mas interessado, principalmente, em assegurar novas fontes supridoras. O Brasil, pelas suas dimensões continentais e, sobretudo, pelas poucas pesquisas geológicas já realizadas, oferece amplas perspectivas de novas e significativas descobertas de reservas minerais. Tal fato é comprovado pelas recentes gran

des descobertas de ferro, alumínio, níquel, fosfatos, evaporitos (sais de potássio, magnésio e salgema), caolim, etc.

Entre as medidas que poderiam ser adotadas, visando reduzir nossa dependência ao fornecimento exterior, a médio e longo prazos, pode-se citar:

1) Um programa nacional de prospecção e avaliação para cobre, a altura das nossas necessidades, com investimentos proporcionais aos gastos anuais com sua importação;

2) Implantar, o mais rápido possível, o projeto mínero-metalúrgico de industrialização do cobre do vale do Curaçá. Para assegurar uma economia de escala na unidade de metalurgia, examinar a importação de parte do concentrado de cobre a ser processado, estudando a possibilidade de participação societária no projeto, do país fornecedor desta matéria-prima, para maior segurança do empreendimento;

3) Reexaminar a viabilidade de implantação de outros complexos metalúrgicos na dependência exclusiva da importação de concentrados, o que implicaria em provocar uma dependência excessiva ao fornecimento improvável da matéria-prima alienígena; e

4) Um programa de substituição do cobre por outros metais e materiais, em todas as aplicações em que se verificar uma viabilidade técnica e econômica.

10. CONSIDERAÇÕES SOBRE O APROVEITAMENTO DOS DEPÓSITOS DE COBRE

Não constituiu objetivo do Projeto Cobre, estudos de viabilidade econômica de aproveitamento do minério de cobre do vale do Curaçá. Portanto, as idéias expostas neste capítulo são empíricas e apoiam-se na sensibilidade dos autores.

A comparação estatística das dimensões dos corpos e campos mineralizados pertencentes ao vale do Curaçá com as de outros distritos cupríferos semelhantes, foi realizada com o intento de proporcionar um ideía sobre o que representa estes jazimentos no contexto geológico mundial.

10.1. Análise das dimensões em relação ao conjunto dos jazimentos do mundo

Pélissonier (1970) dividiu os corpos e campos cupríferos do mundo segundo seis dimensões diferentes. A repartição das tonelagens-metais inventariadas ao nível de campo e de corpo, evocou uma distribuição lognormal e desta forma a divisão adotada por Pélissonnier (op. cit.) escalona-se segundo uma progressão geométrica(Tab.LVI e LVII).

Limites das classes em tonelagem-metal	Classes	Numero de campos	Proporção (%) de cada classe no conjunto
0	Indícios	45	Não computado
1.000 t	Campos muito pequenos	95	20,6 %
10.000 t	Campos pequenos	184	40,0 %
100.000 t	Campos médios	144	26,3 %
1.000.000 t	Campos grandes	49	11,6 %
10.000.000 t	Campos muito grandes ("monstres")	5	1,6 %

Tabela LXI - Classes de dimensões médias dos campos mineralizados inventariados no mundo (Segundo Pélissonnier, 1970).

Limites das classes em tonelagem-metal	Classes	Número de corpos	Proporção (%) de cada classe no conjunto
0	Indícios	49	Não computado
500 t	Corpos muito pequenos	89	20,6 %
5.000 t	Corpos pequenos	173	40,0 %
50.000 t	Corpos médios	114	26,3 %
500.000 t	Corpos grandes	50	11,6 %
5.000.000 t	Corpos muito grandes ("monstres")	7	1,6 %

Tabela LXII - Classes de dimensões médias dos corpos mineralizados inventariados no mundo (Segundo Pélissonnier, 1970).

A classificação dos campos e corpos mineralizados do Distrito Cuprífero do Vale do Curaçá, segundo os procedimentos discutidos, é apresentada nas tabelas LVIII e LIX, com base no nível de conhecimento atual e sem levar en consideração a possibilidade de ampliação de reservas.

Campo Mineralizado	Tonelagem-Metal	Classe de Dimensão
Caraíba	723.302	Campo médio
Surubim	110.140	Campo médio
Santa Fé	90.000	Campo pequeno
Sertãozinho	32.578	Campo pequeno
Angico	42.766	Campo pequeno

Tabela LXIII - Classificação das dimensões dos campos mineralizados do Vale do Curaçá, ao nível de conhecimento atual.

Corpo Mineralizado	Tonelagem-Metal	Classe de Dimensão
Caraíba	604.071	Corpo grande
Baraúna-Imburana	119.231	Corpo médio
Surubim	110.140	Corpo médio
Santa Fé	90.000	Corpo médio
Pirulito	32.578	Corpo pequeno
Lagoa da Mina	27.316	Corpo pequeno
Cercado Velho	15.450	Corpo pequeno

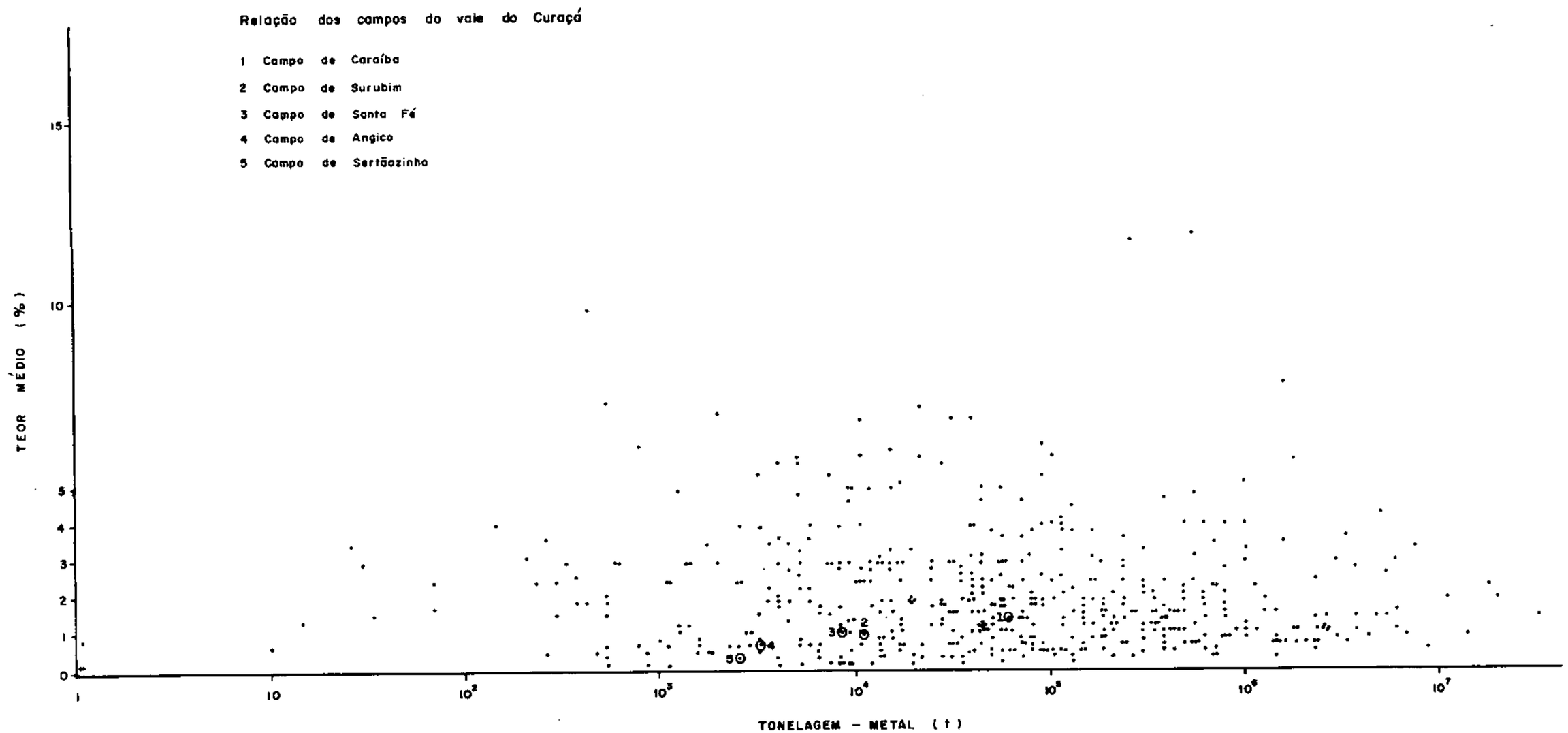
Tabela LXIV- Classificação das dimensões dos corpos mineralizados do Vale do Curaçá, ao nível de conhecimento atual.

Nas figuras 74 e 75, o conjunto dos campos e corpos cupríferos inventariados é representado por sua tonelagem-metal e seu teor, assinalando-se os campos e corpos do vale do Curaçá para fins de comparação.

Da análise de todos os dados contidos nas tabelas e gráficos ressalta-se a importância do campo de Caraíba como o depósito principal do distrito, em torno do qual os outros corpos de minério, possivelmente, constituirão "jazidas satélites".

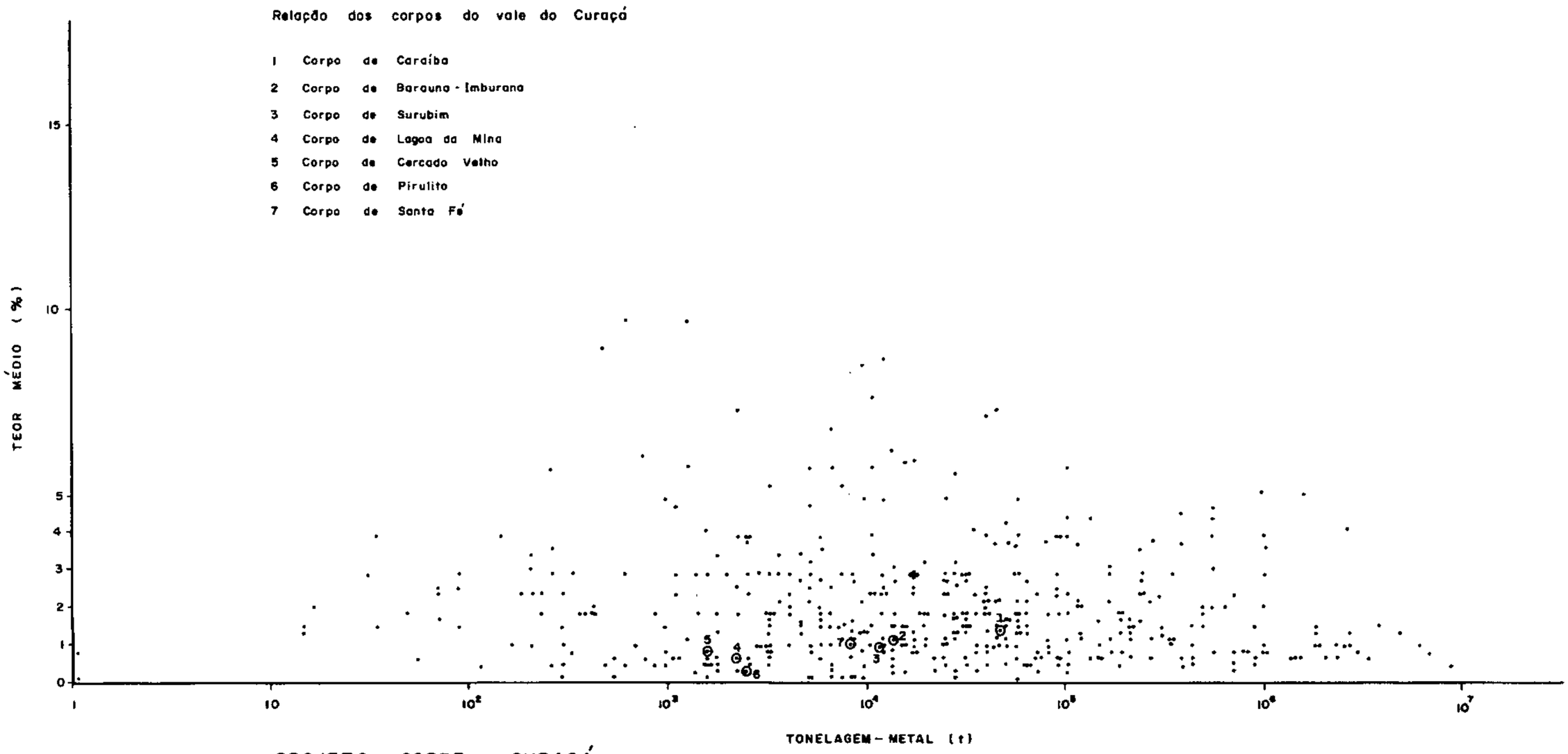
Em termos de tonelagem-metal o corpo de Caraíba (604.071 t) apresenta-se superior a média dos corpos cupríferos inventariados no mundo (457.861 t). Ao nível de campo também ressalta-se a importância do campo homônimo (723.302 t) em relação a média mundial (643.490 t).

Em termos de teor médio de cobre (percentagem em peso), o do corpo de Caraíba (1,33% Cu) supera a média mundial (1,07% Cu). Ao nível de campo, o teor



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 74 - Situação dos campos cupríferos do vale do Curaçá, representados por sua tonelagem - metal e seu teor, em relação ao conjunto dos campos cupríferos inventariados por Pélissonnier (1970)



PROJETO COBRE - CURAÇÁ

Figura 75 - Situação dos corpos cupríferos do vale do Curaçá, representados por sua tonelagem-metal e seu teor, em relação ao conjunto dos corpos cupríferos inventariados por Pélissonnier (1970)

médio do jazimento de Caraíba (1,28% Cu) é aproximadamente igual a média encontrada para o conjunto dos campos(1,18%Cu).

Estes dados estatísticos demonstram que pelo menos para o depósito cuprífero de Caraíba o aproveitamento econômico do metal contido é incontestável, diante da média dos jazimentos de cobre aproveitados no mundo.

10.2. Análise das dimensões em relação ao tipo de jazimento

Os jazimentos do Distrito Cuprífero do Vale do Curaçá, do ponto de vista químico, mineralógico e petrológico se enquadram perfeitamente como no tipo descrito por Pélissonnier (op. cit.) como "Tipo 8: Depósitos cupríferos com ferro oxidado e associados a rochas intrusivas básicas" (7.3.2.4.).

Do ponto de vista geotectônico, entretanto, os jazimentos do "Tipo 8" são tardi ou pós-orogênicos,enquanto os depósitos do vale do Curaçá são provavelmente pré-orogênicos. Este fato possibilitaria aos jazimentos do Curaçá uma analogia com o "Tipo 1" de Pélissonnier (op cit.), onde a mineralização de cobre associa-se a vulcanitos ácidos e básicos na fase de vulcanismo inicial (ofiolítico) da evolução de uma geossinclinal.

A repartição das tonelagens-metais destes dois tipos "1 e 8" são sensivelmente iguais: média de 182.881 toneladas para o "Tipo 1" contra 207.636 toneladas para o "Tipo 8", o que não contraria a comparação das dimensões de qualquer desses jazimentos com as do vale do Curaçá.

Segundo Pélissonnier (op. cit.) o total de cobre metal contido nos conjuntos dos jazimentos "Tipo 8" é de 9.352.477 toneladas, ou seja 2,38% do total geral. A média geométrica em tonelagem-metal, ao nível de cam

po é de 182.881 toneladas e portanto quatro vezes inferior ao campo de Caraíba (723.302 t). Note-se que esta comparação de tonelagem-metal é realizada para teores médios absolutamente iguais (1,28 % Cu para o campo de Caraíba, contra 1,28% Cu para o conjunto dos jazimentos do "Tipo 8").

Este fato vem a caracterizar a importância do depósito de Caraíba no contexto geológico, comparativamente a outros depósitos semelhantes que vêm sendo aproveitados, economicamente, em outras partes do mundo.

Outro aspecto significativo é que os outros campos mineralizados do vale do Curaçá, cujas reservas potenciais chegam normalmente à casa das 100.000 toneladas de cobre metálico, próximo portanto da média do conjunto dos jazimentos desse tipo, provavelmente serão também aproveitados no processo produtivo, a depender do teor médio da mineralização desses jazimentos, e naturalmente, dos estudos de viabilidade econômica.

10.3. Considerações finais

Pela análise dimensional do jazimento de Caraíba em relação aqueles existentes no mundo e pela dependância do mercado nacional de cobre, conclui-se que os estudos de viabilidade a serem empreendidos visam basicamente a análise mais econômica do projeto mínero-metalúrgico e não o estudo de viabilidade econômica da implantação desse projeto.

Pelo fato de 70% das reservas de cobre metálico conhecidas no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá se encontrarem no jazimento de Caraíba (corpos ou depósitos de Caraíba e Baraúna-Imburana), onde o teor médio de cobre é ainda o mais elevado da região, deduz-se que a implantação

do projeto mínero-metalúrgico independe, até certo ponto, do conhecimento atual detalhado dos pequenos depósitos espalhados no distrito. Neste sentido, a concentração de esforços em um programa visando basicamente o jazimento de Caraíba, seria, "a priori", a maneira mais objetiva e tecnicamente viável de acelerar a implantação do projeto mínero - metalúrgico no menor prazo de tempo possível, sem prejuízo da economia de escala.

Considerando-se a necessidade indiscutível da importação de concentrado de cobre, tendo em vista a implantação de uma usina metalúrgica, com parte da matéria prima fornecida pelo concentrado proveniente dos depósitos do vale do Curaçá, as seguintes considerações parecem lógicas:

1) A metalurgia deverá ser implantada próximo a zona litorânea, portuária e portanto no Centro Industrial de Aratu (a zona mais próxima do vale do Curaçá que dispõe das condições de infra-estrutura adequadas) devido a importação de parte do concentrado de cobre a ser processado; e

2) O beneficiamento (concentração) central do minério de cobre do vale do Curaçá deverá ser implantado na área do jazimento de Caraíba que retém a maioria das reservas de minério de cobre sulfetado (70%) e de minério de cobre oxidado (80%) da região.

11. PLANO INTEGRADO DE PESQUISA PARA O VALE DO CURAÇÁ

Analisando-se a história da pesquisa do vale do Curaçá, sente-se que a falta de um programa integrado que visasse não somente a fase prospectiva da pesquisa mas todo o complexo de estudos orientados para a exploração dos depósitos, os ensaios de beneficiamento e metalúrgicos, a análise econômica global, foi grandemente responsável pelo atraso da implantação do projeto mínero-metalúrgico de aproveitamento do cobre contido nos jazimentos da região.

De um lado a política do governo orientada para o fortalecimento da iniciativa privada, deixando ao seu critério e sem o devido acompanhamento todos os estudos da análise técnica e econômica do projeto, de outra parte a despreparação técnica e financeira do grupo líder das empresas de mineração de cobre e as especulações criadas por um sem número de concessionários de pesquisa, são os aspectos que contribuiram, de uma forma ou de outra, para a indefinição do projeto de mais alto sentido estratégico e relevância para o interesse nacional.

Enquanto o Projeto Cobre-Curaçá, de interesse do DNPM, não pode desenvolver-se da forma desejada e tecnicamente viável, face a compatibilização dos aspectos legais das áreas, a pesquisa liderada pela Caraíba Metais S.A falhava pela falta de sistematização e integração dos métodos de prospecção (geológicos, geoquímicos e geofísicos), imprescindíveis à prospecção de áreas pré-cambrianas de elevada complexidade geológica.

Outro aspecto que se deve atentar é a falta de <u>regionalização dos estudos de pesquisa</u> desenvolvidos sobre o distrito mineralizado do Curaçá, por parte dos concessionários dos Alvarás.

Este fato é decorrente da limitação

das áreas de alvarás e do cumprimento dos prazos fatais de início e encerramento da pesquisa, contribuindo para restringir o campo de ação dos geólogos responsáveis pela pesquisa, impedindo-os de se familiarizarem com os problemas geológicos regionais do distrito mineralizado.

Por outro lado, a concessão de áreas de pesquisa a diversos concessionários, que no bom sentido constitui um fomento a livre concorrência, no caso do vale do Curaçá tem-se constituído em entrave ao desenvolvimento normal da pesquisa, além de dar margem às especulações aventureiras.

Atualmente, com o controle das empresas de mineração de cobre do País, através da FIBASE (BNDE), torna-se exequível o planejamento de um programa integrado de pesquisa para o vale do Curaçá, a ser executado sob uma coordenação central, para atingir-se o pleno conhecimento da potencialidade da área global prospectiva e para a implantação, a curto prazo, do projeto mínero-metalúrgico de aproveitamento do cobre da Bahia.

Esse plano global, apoiado nos conhecimentos geológicos auferidos com o desenvolvimento do Projeto Cobre e nos cálculos de reservas efetuados pela Caraíba Metais S.A para os corpos de Caraíba, Baraúna-Imburana e Surubim, objetiva:

1) A implantação, a curto prazo, do projeto mínero-metalúrgico;

2) O conhecimento detalhado, a médio ou curto prazo, das reservas de cobre das áreas selecionadas para pesquisa e dos corpos mineralizados de reservas ainda incertas, incluindo os estudos de viabilidade econômica de aproveitamento dos pequenos depósitos da região; e

3) O conhecimento, a mais longo prazo, da potencialidade das outras áreas prospectivas, selecionadas ao nível dos conhecimentos atuais, com base nos controles regionais, determinantes e locais da mineralização do cobre do vale do Curaçá.

Tal plano consta de três programas:

Programa I - Apoiado na localização geográfica dos complexos de beneficiamento e de metalurgia (10.3) e na preponderância do jazimento de Caraíba, sobre os outros campos mineralizados do vale do Curaçá, supõe-se que o desenvolvimento desse programa possa ser realizado, a curto prazo, independentemente dos estudos de viabilidade econômica dos pequenos e médios corpos de minério. Neste programa os estudos de viabilidade mais econômica do projeto mínero-metalúrgico abrangerá assuntos diversos, abordados a seguir, de forma sumária e generalizada:

1) Pesquisa Complementar do Campo (jazimento) de Caraíba

- revisão dos estudos anteriores e planejamento do programa de sondagem para os corpos de Caraíba e Baraúna - Imburana;

- execução dos serviços de sondagens, onde prevê-se a necessidade de aproximadamente 8.000 m de perfuração com furos variando de (200 a 700) m de comprimento;

- medida dos desvios dos furos para correção da posição dos corpos de minério interpretados, nas seções geológicas, nos programas anteriores de sondagem onde os desvios não foram calculados;

- análise dos testemunhos de sondagem, incluindo: análises químicas para cobre e eventualmente, ouro, prata e platina; estudos calcográficos e ensaios de beneficiamento

preliminares;

- elaboração das seções geológicas e interpretação dos corpos de minério; e
- avaliação do cálculo final das reservas.

2) Mineração

- coleta dos dados quantitativos relativos à pesquisa realizada, aos ensaios de beneficiamento e metalúrgicos(escala de produção);
- revisão dos planos de lavra anteriores;
- adequação desses planos de lavra a realidade do jazimento de Caraíba, tendo em vista a ligação dos corpos de Caraíba e Baraúna-Imburana e a produção desejada;
- métodos e dimensionamentos da lavra e dos equipamentos de mineração; e
- análise econômica.

3) Beneficiamento

- revisão dos estudos anteriores;
- extensão de pesquisa subterrânea, se necessário, e amostragem do minério sulfetado e oxidado para novos testes de laboratório;
- ensaios de beneficiamento e análises dos diversos processos;
- capacidade das instalações de beneficiamento,fluxograma das instalações e planta de localização nos arredores do jazimento de Caraíba;
- análise econômica do aproveitamento do minério oxidado tendo em vista as reservas existentes; e
- análise econômica.

4) Metalurgia

- revisão dos estudos anteriores;
- negociação de concentrados importados (características dos concentrados, amostras para ensaios);

- testes de laboratório com os concentrados;
- análises dos processos metalúrgicos;
- estudos de recuperação dos subprodutos (ouro, prata, platina, etc);
- capacidade das instalações (escala e produção);
- fluxograma das instalações;
- dimensionamento do pátio e dos equipamentos; e
- análise econômica.

5) Infra-estrutura

- revisão dos estudos anteriores;
- planejamento do fornecimento de energia elétrica para cada unidade de operação, em especial o estudo de consumo direto da energia elétrica da CHESF trazida da Rebaixadora de Barro Vermelho até o jazimento de Caraíba, com possibilidades de beneficiar vilas como Poço de Fora e Pinhões e contar com apoio do governo estadual;
- planejamento do abastecimento d'água, de forma mais econômica, para as unidades de mineração,beneficiamento e metalurgia; especialmente para os serviços de Caraíba é provável, devido ao alto consumo d'água, que somente a instalação de um aqueduto para conduzir água do rio São Francisco seja viável; é totalmente irreal a possibilidade de água suficiente derivada de poços subterrâneos e pouco provável que a implantação de barragens venha a dar segurança ao empreendimento, tendo em vista as condições climáticas da região;
- comunicações;
- planejamento das construções civis e vilas operárias;
- assistência social;
- análises dos meios de transporte: do minério ao complexo de beneficiamento; do concentrado até a usina metalúrgica; do concentrado importado; do cobre para os centros

de consumo; e

- análises econômicas.

6) Mercado

- revisão de estudos anteriores;
- análise do consumo de cobre por tipos; e
- estimativa de preços dos produtos.

Programa II - Este programa, que pode ser desenvolvido simultâneamente ao Programa I, compreende os estudos de avaliação de reservas das outras áreas mineralizadas do Distrito Cuprífero do Rio Curaçá e os estudos de viabilidade econômica de aproveitamento do cobre contido nestes pequenos e médios corpos mineralizados. As áreas sugeridas para pesquisa nesta fase, estão relacionados a seguir:

- campo de Surubim;
- campo de Santa Fé;
- campo de Sertãozinho;
- campo de Angico;
- alvos S-7, S-29, S-41, L-3 e L-5.

Com exceção do campo de Surubim, as outras áreas selecionadas para este programa foram objeto de pesquisas pelo Projeto Cobre. No campo de Angico, devido ao nível de pesquisa já alcançado, talvez as informações técnicas sejam suficientes para os estudos pretendidos de viabilidade econômica.

O Programa II poderia ser dividido em duas fases:

1) Na primeira fase seriam executados serviços de pesquisa mineral das áreas consignadas a um nível de detalhamento suficiente para a elaboração dos estudos de viabilidade, objeto da fase seguinte;

2) Na segunda fase seriam efetuados os estudos de

viabilidade econômica de aproveitamento dos pequenos e médios depósitos cupríferos espalhados pelo Distrito Cuprífero do Vale do Curaçá. Nesta fase seriam aproveitados todos os elementos oriundos dos estudos efetuados no Programa I, de forma a reduzir os custos dessa etapa. Entende-se que estes estudos deveriam ser orientados para os seguintes aspectos:

- estudos econômicos relativos ao plano de lavra de cada depósito; capacidade de produção e dimensionamento do equipamento;

- estudos econômicos de beneficiamento do minério extraído de cada depósito: através de uma instalação central; de uma instalação móvel que atendesse a lavra de cada depósito e fosse gradativamente sendo deslocada dentro de um planejamento geral; de uma instalação pequena de concentração em cada frente de trabalho; etc.

- estudos econômicos da utilização do processo de lixiviação em pilhas ("dump leaching") para a lavra dos pequenos depósitos;

- estudos econômicos dos meios de transporte do concentrado obtido na lavra dos pequenos e médios depósitos para a estação central de beneficiamento de Caraíba.

Com a conclusão desse Programa II, seriam definidos os parâmetros intrínsecos dos depósitos economicamente viáveis, tais como: reservas mínimas de cobre metálico, teor limite, etc, elementos estes a serem utilizados de maneira a objetivar o Programa III.

Programa III - Este programa seria realizado após a conclusão do Programa II, uma vez definido a viabilidade econômica da procura de novos corpos mineralizados e as suas dimensões economicamente viáveis.

Seria um programa a ser desenvolvido a mais longo prazo visando a ampliação de reservas do distrito, para garantir uma vida mais longa do projeto de mineração.

Deveria ser dirigido para as zonas prospectivas definidas em função dos controles regionais, determinantes e locais da mineralização de cobre, ao nível de conhecimento atual do distrito e com base na concepção geológica dos autores deste relatório.

A reformulação das zonas prospectáveis, com o tempo, constitui uma consequência normal da evolução dos conhecimentos geológicos da área.

Modelo de pesquisa - Para atender, especialmente aos programas de pesquisa geológica II e III, apresenta-se na figura 76 o modelo teórico de pesquisa com base nos estudos realizados pelo Projeto Cobre, detalhadamente descritos no volume IV deste relatório.

No Programa II, a pesquisa teria caráter de detalhe, visto que o objetivo, em algumas áreas, é de ampliação e consolidação de reservas, enquanto em outras é de confirmação e avaliação de indícios. Contudo, no Programa III seria empregado toda a sistemática de pesquisa prevista na figura 76, com as modificações introduzidas em função do problema geológico particular de cada Alvo.

Recentemente, a CPRM testou os métodos eletromagnéticos indutivos (VLF e SLINGRAM) obtendo resultados positivos, principalmente com o SLINGRAM, sobre os corpos mineralizados em cobre do vale do Curaçá. O objetivo deste trabalho foi a substituição parcial do método de IP, na fase de semi-detalhe, visando a redução dos custos da pesqui

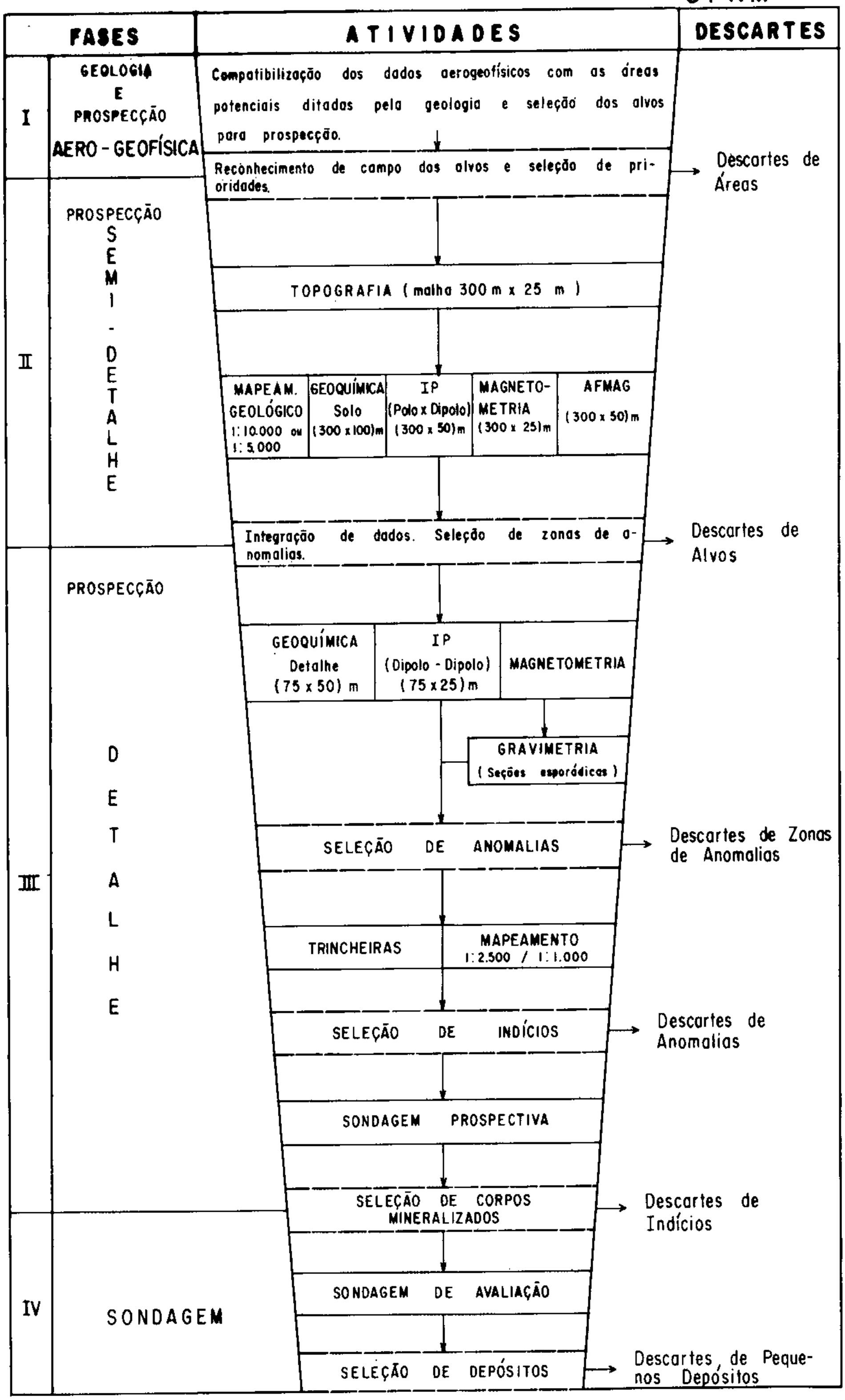


Figura 76 – Modelo teórico proposto para prospecção de cobre no Distrito Cuprífero do Rio Curaçá

sa. Há perspectivas, com base nesses resultados, de que a utilização de métodos eletromagnéticos aéreos possam contribuir no estudo das áreas mineralizadas, na descoberta de novas zonas prospectivas e no descarte das atualmente selecionadas.

12. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

1) O mapeamento geológico do Distrito Cuprífero do Rio Curaçá evidenciou dois grupamentos rochosos de características litológicas-estruturais-tectônicas próprias e de idades diferentes: Grupos Caraíba e Canudos.

O Grupo Caraíba (Pré-Cambriano Inferior ?), foi subdividido em três sequências lito-estratigráficas distintas (do topo para a base):

- Rochas granitóides, metassomatitos e diaftoritos associados;
- Sequência Tanque Novo; e
- Sequência Rio Curaçá.

A Sequência Rio Curaçá compreende um conjunto de rochas metamorfisadas dominantemente no fácies do granulito. A vigência de metamorfismo regressivo posterior, proporcionou transições para o fácies do anfibolito e, muito localmente, até o fácies do xisto verde. Entre suas rochas constitutivas, destacam-se: gnaisses charnockíticos, piroxênio-granulitos, piroxênio-anfibólio granulitos, biotita-piroxênio granulitos, granulitos migmatizados, biotita-hornblenda gnaisses migmatíticos, biotita-gnaisses migmatíticos, biotita gnaisses parcialmente migmatizados, migmatitos anfibolíticos e corpos máficos-ultramáficos.

A Sequência Tanque Novo representa uma original sequência sedimentar, negativa, oscilatória, transformada por metamorfismo regional crescente que atingiu generalizadamente o fácies do anfibolito e, em parte, o fácies do granulito. É constituída de diversos tipos de paragnaisses parcialmente migmatizados, kinzigitos,quartzitos em camadas espessas ou delgadas, níveis estreitos de rochas calco-silicatadas, quartzitos ferríferos, e corpos máficos-ultramáficos. A presença notável de rochas calco-silicatadas e quartzitos ferríferos, na base, e de quartzo-feldspato gnais

ses e quartzitos, no topo, constitui um dos aspectos marcantes da Sequência Tanque Novo.

O outro conjunto rochoso, mais novo pela formação das rochas, é representado pelo sienito gnáissico intrusivo Poço de Fora-Itiúba, pelos gnaisses porfiroblásticos metassomáticos a ele associados e por granitos de anatexia, destacando-se entre estes últimos, os granitos e adamelitos róseos e cinzas.

A estrutura geral das rochas do Grupo Caraíba, na área, é de um braquianticlinório que se denominou de Anticlinório Rio Curaçá, onde a Sequência Rio Curaçá ocupa a parte central, axial, da estrutura principal e as rochas da Sequência Tanque Novo distribuem-se,regionalmente, nas partes periféricas ou estruturam núcleos de sinclinais secundárias no domínio das rochas da Sequência Rio Curaçá.

O sistema de falhas mais antigo, reconhecido atualmente, está representado por falhas de rasgamento de direção N-S e WNW-ESE. Mais recentes são os sistemas de falhas de tensão, normais, de pequenos rejeitos horizontais aparentes, de direções: NE-SW, ENE-WSW, E-W, WNW-ESE e NW-SE.

Intrometidos nos falhamentos NE-SW e menos frequentemente ENE-WSW e E-W, ocorrem numerosos diques básicos constituídos de diabásio e/ou gabro ofítico grosseiro.

Na porção norte da área mapeada, discordantemente ao Grupo Caraíba, repousam os metassedimentos fracamente metamórficos (fácies do xisto verde) do Grupo Canudos. Este representa um primitivo ciclo contínuo de sedimentação, com calcários sempre na base, que gradam rapidamente para calcoxistos e daí para micaxistos, no topo da sequência. Foi dividido em duas unidades lito-estratigráficas (da

base para o topo): a Unidade Vermelhos (predominantemente calcários metamórficos listrados) e a Unidade Veneza (essencialmente micaxistos). Estruturam, na área, uma suave bacia sinclinal.

Os falhamentos que interceptam o Grupo Canudos são invariavelmente falhas de gravidade. Alguns dos falhamentos são comuns ao Grupo Caraíba e, provavelmente, representam antigas falhas e fraturas reativadas.

2) Os corpos máficos-ultramáficos, aos quais associam-se as mineralizações de cobre do vale do Curaçá, apresentam-se encaixados, concordantemente, nas rochas das Sequências Rio Curaçá e Tanque Novo.

Apresentam, em geral, uma forma lenticular alongada ou tabular, com dimensões muito diversificadas (extensão máxima de 5 quilômetros e largura máxima de 300m), e estrutura do tipo "pinch and swell".

Os corpos apresentam constituição litológica complexa, principalmente os da Sequência Rio Curaçá, refletida na sucessão de faixas litológicas de composições mineralógicas diversas, repetidas aleatoriamente e resultantes da granitização das rochas constitutivas, representadas por anfibolitos, dioritos, gabros, noritos, piroxenitos, serpentinitos e peridotitos.

Em função da predominância da natureza litológica, foram subdivididos e agrupados em quatro tipos diferentes:

- corpos anfibolíticos;
- corpos serpentiníticos;
- corpos norítico-piroxeníticos; e
- corpos gábrico-dioríticos.

Os corpos essencialmente anfibolíti

cos, pertencentes a Sequência Tanque Novo, são de origem metassedimentar e a fraca mineralização de sulfetos disseminados nestas rochas é de origem singenética. Nas rochas calco-silicatadas, às vezes, ocorre fraca disseminação de sulfetos associados a grafite, que indubitavelmente é de origem, também, singenética sedimentar.

Os corpos serpentiníticos e piroxenítico-serpentiníticos que ocorrem nas Sequências Rio Curaçá e Tanque Novo, especialmente nesta última, não são mineralizados em cobre. A aparente incompatibilidade do grau de metamorfismo destes corpos em relação as rochas encaixantes da Sequência Tanque Novo, constatada em alguns sítios, e os elevados teores de cromo e níquel compatíveis com a natureza ultrabásica destas rochas, sugerem uma possível origem magmática primária para os corpos consignados.

Os corpos norítico-piroxeníticos e gábrico-dioríticos são de origem duvidosa, embora apresentem características petrográficas e, notadamente, químicas mais compatíveis, também, com uma origem vulcânica básica.

As concentrações de sulfetos de cobre que constituem os atuais depósitos conhecidos na região são encontradas, unicamente, nos corpos de natureza norítica-piroxenítica, constituindo, este fato geológico, um controle determinante das mineralizações de cobre, econômicas. Onde a granitização (migmatização e metassomatismo) atuou intensamente, as rochas norítica-piroxeníticas adquiriram uma composição dominantemente gabróide (norítica-diorítica), como por exemplo, no corpo de Lagoa da Mina.

Os corpos gábrico-dioríticos mostram, eventualmente, fraca disseminação de sulfetos sem, no entanto, formarem corpos de minério passíveis de uma exploração econômica.

3) A mineralização de sulfetos é composta dos seguintes minerais, listados em ordem decrescente de abundância nos corpos de minério: calcopirita, pirita, bornita, pirrotita e calcocita; sendo este último observado apenas no corpo de Surubim constituindo um sulfeto de origem supergênica. Apresenta-se, normalmente, disseminada, sendo comum a ocorrência de microlentes e vênulas de sulfetos preenchendo juntas, fissuras e acompanhando os planos de foliação das rochas hospedeiras. Sob forma maciça, pode ocorrer na rocha piroxenítica (hiperstenito) ou nas zonas fraturadas e alteradas hidrotermalmente.

Esta mineralização compõe corpos de minério, que em seções verticais e horizontais, apresentam formas tabular e/ou lenticular. Em certos depósitos podem mostrar formas mais irregulares ("amas") resultantes da remobilização dos sulfetos. A variação dos teores de cobre, dentro dos corpos de minério, é sempre notável, resultando também das remobilizações da mineralização.

A interpretação das seções dos corpos de minério deve ser feita com base nos controles locais da mineralização de cobre que são: a natureza da rocha máfica-ultramáfica (maior concentração nos hiperstenitos e melanoritos, disseminação regular nos noritos e disseminação subordinada nos dioritos); a estrutura metamórfica das rochas hospedeiras (maior concentração nas rochas isótropas do que nos seus equivalentes foliados); a granitização(concentração de sulfetos na periferia das partes mais granitizadas ou nas segregações máficas-ultramáficas e dispersão dos sulfetos,notadamente pirita, nas partes intensamente granitizadas);dobramento (concentração de mineralização nos eixos de dobras isoclinais apertadas e nas terminações periclinais crenuladas); hidrotermalismo e metassomatismo (concentrações de sul

fetos em zonas alteradas hidrotermalmente e metassomaticamente, como nas rochas biotitíticas, e concentrações de sulfetos em zonas fraturadas, associadas a mobilizados hidrotermais).

4) Os corpos norítico-piroxeníticos mineralizados, que constituem os depósitos cupríferos atualmente conhecidos no vale do Curaçá, se distribuem, espacialmente, pelo distrito, guardando uma distância aproximadamente regular das rochas calco-silicatadas e quartzitos ferríferos da base da Sequência Tanque Novo.

Este controle regional, denominado de subestratigráfico, é caracterizado por dois alinhamentos principais de corpos mineralizados, um que balisa, aproximadamente, o canal principal do rio Curaçá e outro que bordeja o cordão de serras Poço de Fora-Itiúba, situados, respectivamente, em duas abas opostas do Anticlinório Rio Curaçá, em posição estratigráfica correspondente ao topo da Sequência Rio Curaçá.

Com base nesse controle regional da mineralização de cobre sugeriu-se uma série de áreas potencialmente prospectáveis para cobre (ANEXO - XI).

5) Na primeira fase da pesquisa do distrito, dirigida para a prospecção geoquímica dos corpos máficos-ultramáficos ("manchas") identificados nas aerofotos, foram estudadas diversas ocorrências cupríferas já conhecidas ou reveladas em trabalhos de prospecção geoquímica.

A maioria dessas ocorrências cupríferas apresentou reserva insignificante, inferior a 1.000 t de cobre metálico. Resultaram da oxidação de pequenos corpos de minério sulfetados formados pela remobilização de uma mineralização de cobre de baixo teor, preexistente nas rochas

máficas-ultramáficas, e reconcentração em zonas de falha ou de intensas transformações hidrotermais metassomáticas. Abaixo do nível de oxidação, inferior a 20m de profundidade nas zonas de falha, comprovaram-se nas ocorrências de Arapuá e Senhor de Lisboa, mineralizações epigenéticas de sulfetos, preenchendo fraturas e fissuras das rochas hospedeiras e associando-se a mobilizados pegmatóides e hidrotermais. Frequentemente, esta remobilização e concentração de cobre verifica-se no próprio domínio dos corpos máficos-ultramáficos podendo, contudo, atingir as rochas ácidas, ao longo de zonas brechificadas, cisalhadas, fraturadas e alteradas hidrotermalmente.

As falhas longitudinais, por serem mais antigas que os falhamentos de tensão, foram afetadas pelo metassomatismo alcali-potássico, constatando-se frequentemente, associada a estas estruturas mineralizadas, intensa feldspatização potássica.

6) Através de estudos orientativos comprovou-se a eficácia da geoquímica de sedimentos de corrente na prospecção de cobre na região e este método constituiu o apoio básico para a seleção dos alvos para trabalhos de semi-detalhe e detalhe, na 2ª fase de pesquisa realizada no Distrito Cuprífero do Vale do Curaçá, simultâneo ao mapeamento geológico na escala 1:25.000.

A caracterização de anomalias geoquímicas relacionadas a áreas com mineralizações já conhecidas, como o jazimento de Caraíba, os corpos de Lagoa da Mina e Cercado Velho e as ocorrências de Arapuá e Bom Despacho, comprovou a eficiência do método e a validade dos parâmetros estabelecidos nos estudos orientativos.

Foram selecionadas, aproximadamente,

30 zonas anômalas, denominadas de Alvos S das quais 18 foram investigadas em níveis de semi-detalhe e detalhe. Os resultados destas pesquisas conduziram à identificação de um novo depósito de cobre (depósito de Santa Fé) encravado no Alvo S-12; à configuração de anomalias geofísicas e/ou geoquímicas, ainda não investigadas detalhadamente, nos Alvos S-7, S-29, S-40 e S-41; à comprovação por sondagem de uma fraca mineralização de sulfetos relacionada aos metassedimentos da Unidade Bom Despacho, no Alvo S-1, destituída de significado econômico; e ao descarte dos Alvos S-2, S-8, S-9, S-10, S-15, S-18, S-26, S-30, S-31, S-35 e S-36, por não apresentarem indícios de mineralizações.

7) Com a conclusão do mapeamento geológico e com base nos estudos de detalhe já realizados, foram definidos os controles geológicos das mineralizações de cobre do vale do Curaçá e, em função desses elementos, selecionados quatro Alvos que foram denominados de Alvos L-1, L-2, L-3 e L-5, para estudos de semi-detalhe e detalhe. Os resultados desta pesquisa conduziram à identificação de um novo depósito de cobre (depósito de Pirulito); à caracterização de anomalias geoquímicas altamente significativas em diversos outros corpos máficos-ultramáficos geologicamente semelhantes ao de Pirulito, reunidos no campo mineralizado de Sertãozinho; à comprovação de uma fraca mineralização de sulfetos, sem importância econômica, na ocorrência cuprífera do Cupim, pertencente ao Alvo L-1; e à confirmação de fracas anomalias geoquímicas, ainda não investigadas, nos Alvos L-3 e L-5.

8) A pesquisa realizada pelo Projeto Cobre nos depósitos de cobre de Lagoa da Mina, Cercado Velho, Pirulito e Santa Fé, conduziu ao cálculo de uma reserva de cobre que

adicionada às reservas calculadas pela Caraíba Metais S.A. para os depósitos de Caraíba, Baraúna-Imburana e Surubim perfaz um total de 998.786 toneladas de cobre metálico, para um teor médio, no minério sulfetado, de 1,05% e um teor de corte de aproximadamente 0,2% Cu.

Deste total, o jazimento de Caraíba (formado pelos corpos de Caraíba e Baraúna-Imburana) participa, atualmente, com 70% das reservas de minério de cobre sulfetado.

Com relação ao minério de cobre oxidado, a reserva estimada para os corpos mineralizados e as ocorrências cupríferas é de apenas 60.000 toneladas de cobre metálico, das quais, o jazimento de Caraíba participa com quase 80% do total.

Estes dados demonstram que, no momento atual, a implantação do projeto de mineração de cobre, na região, depende ainda, basicamente, dos estudos de pesquisa do campo de Caraíba e havendo interesse na implantação desse projeto industrial, dentro de um curto espaço de tempo, seria recomendável a concentração de esforços na pesquisa deste jazimento visando a obtenção dos dados técnicos para a preparação ou adequação do plano de lavra já existente e demais elementos necessários aos estudos de viabilidade mais econômica.

9) No minério de cobre sulfetado dos depósitos de Lagoa da Mina e Cercado Velho constatou-se uma associação de ouro com cobre e uma correlação perfeita entre estes dois metais, sendo possível, em função desse dado, que o ouro participe da estrutura da calcopirita o que vem a facilitar economicamente, o seu aproveitamento como subproduto.

Constatou-se também que o ouro só co

meça a ser detectado, pelo método de absorção atômica (limite inferior de detectação de 0,05 ppm), quando o teor de cobre é de, no mínimo, 0,40% Cu.

Com base na reta de correlação dos teores de ouro e cobre e considerando a reserva do minério sulfetado dos depósitos com teor de corte de 0,40% Cu, estimou-se uma reserva total de ouro de aproximadamente 26.500 kg.

Além de ouro, foi detectada, pelo método espectrográfico semi-quantitativo, pequena quantidade de prata (valor máximo de 3 ppm) associada ao minério de cobre. Tratando-se de análise semi-quantitativa não foram elaboradas estimativas sobre as reservas deste metal, recomendando-se a comprovação dos teores com análises quantitativas.

Apesar de não se terem realizado análises para o grupo da platina, existe probabilidade da ocorrência desse metal pelo que se deduz das associações paragenéticas de natureza mineralógica (calcopirita, pirita, bornita, pirrotita, etc), química (associação de cobre, ouro e prata) e petrográfica (rochas básicas e ultrabásicas) do minério de cobre.

Não foi constatado, porém, possibilidade de aproveitamento de nenhum outro elemento, pelo que se deduziu dos teores médios e máximos registrados nas análises espectrográficas.

10) A reserva atual de minério sulfetado do campo de Caraíba monta a 723.302 toneladas de cobre. Estimando-se, para efeito de raciocínio, o aproveitamento de 82% desta reserva, com 18% de perdas nos processos de lavra e concentração, obter-se-ia uma reserva útil de aproximadamente 600.000 toneladas-metal capaz de garantir uma escala de produção de 40.000 t/ano durante 15 anos.

Com a participação do minério proveniente dos pequenos e médios depósitos e/ou resultante da ampliação de reservas no próprio jazimento de Caraíba, poder-se-ia estimar, com relativa segurança, uma capacidade total de produção de 50.000 t/ano, durante o mesmo período.

A análise desse dado vem a demonstrar que para a implantação de um complexo metalúrgico com razoável escala de produção, em torno de 100.000 t/ano, 50% do concentrado processado na usina seria importado, representando uma dependência acentuada da matéria-prima alienígena e a necessidade de um estudo especial dos acordos comerciais relativos ao fornecimento de concentrado por outros países, conforme as considerações postuladas no capítulo de economia mineral.

11) Com base nos elementos atualmente conhecidos, sugere-se um plano global, integrado, para a pesquisa do vale do Curaçá, a ser executado sob uma coordenação central. Este plano consta de três programas:

a) Programa I - pesquisa detalhada do jazimento de Caraíba visando a implantação, a curto prazo, do projeto mínero-metalúrgico de aproveitamento do cobre. Inclui a pesquisa complementar, por sondagem, do jazimento de Caraíba e os estudos de viabilidade mais econômica das fases do projeto industrial, compreendendo, entre outras, a mineração, o beneficiamento, a metalurgia, etc.

b) Programa II - pesquisa detalhada, a médio ou curto prazo, dos pequenos e médios corpos mineralizados e das áreas-alvos selecionadas por métodos indiretos de prospecção que mostram indícios de mineralização. Inclui a execução de trabalhos de sondagem visando o

conhecimentos das reservas de cobre, até a fase recomendada para estudos de viabilidade econômica do aproveitamento desses depósitos. As áreas sugeridas para este programa são as relacionadas a seguir: Campo de Surubim, Campo de Santa Fé, Campo de Sertãozinho, Campo de Angico, Alvos S-7, S-29, S-41, L-3 e L-5.

c) Programa III - pesquisa das áreas ainda potencialmente mineralizadas, definidas em função dos controles da mineralização (ANEXO - XI) ou selecionadas por métodos indiretos de prospecção. Esta pesquisa seria realizada a mais longo prazo, depois de definida, pelos estudos de viabilidade desenvolvidos no Programa II, a dimensão mínima econômica dos depósitos procurados.

12) Em que pese os trabalhos de pesquisa já realizados desde a descoberta do corpo de Caraíba, acredita-se na potencialidade ainda inexplorada do Distrito Cuprífero do Vale do Curaçá cujas reservas latentes continuam sendo estimadas em 150 milhões de toneladas de minério de cobre a 1% Cu (Delgado et alii, 1972).

O jazimento de Caraíba situa-se próximo à zona axial e à terminação periclinal sul do dobramento principal do Anticlinório Rio Curaçá. Ao longo desta zona axial, provavelmente concentraram-se, em épocas remotas, os corpos mais ricamente mineralizados da região, hoje, em sua grande parte, erodidos. Por analogia, a maior probabilidade de descoberta de um jazimento médio que se aproxime do de Caraíba, em relação a este controle regional, encontra-se na porção norte da área, na zona de terminação periclinal norte do Anticlinório Rio Curaçá, onde os elementos geológicos fo

ram melhor preservados da ação erosiva.

A notável remobilização da mineralização de cobre do corpo de Caraíba, face ao estilo de dobramento da área e a grande concentração de granitos róseos, contribuiu, de forma significativa, para a construção desse importante jazimento.

A análise desses aspectos demonstra a importância do detalhamento geológico na pesquisa do Distrito Cuprífero do Rio Curaçá, face a complexidade dos eventos geológicos e metalogênicos que contribuiram para a construção dos jazimentos cupríferos da região. Além do mais, a experiência tem mostrado que os métodos indiretos de prospecção (geoquímicos e geofísicos) têm limitações acentuadas e necessitam de integração entre si e com os dados geológicos, sem o que a pesquisa geológica pode conduzir ao descarte prematuro de uma área potencial ou a um excessivo dispêndio de recursos para a sua avaliação.

13. BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, Fernando F.M. de - Origem e Evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 1967. 36 p.

_____ - Geochronological Division of the Precambrian of South America. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia; 1 (1): 13-21, dez. 1971.

ANDREWS - JONES, D.A. - The application of Geochemical techniques to mineral exploration. Mineral Industries Bull., 2 (6): 5-31, 1968.

ARGENTIÈRE, Rômulo - Relatório Sumário sobre Ocorrência de Cobre na Região de Arapuã, Terra Nova e Despacho, Bahia. Eng. Min. Met., Rio de Janeiro, 47 (277): 26-28, jan.1968.

BARBOSA, O. et alii - Geologia Econômica de Parte da Região do Médio São Francisco, Nordeste do Brasil. PROSPEC / Rec. Naturais, 1964. 70 p. il. fot. Inédito.

BARBOSA, O. - Origem e Idade do Depósito de Cobre de Caraíba, Bahia. Rio de Janeiro, SBG, 1966. (Publ. 1).

BRUNI, E.C. & BRUNI, M.A.L. - Nota explicativa;esboço geológico do Estado da Bahia 1:1.000.000.|Salvador|, DNPM / Sec. Geol. Mineralogia, 1973. 92 p.

CARVALHO, Yvan Barreto de - A Política Mineral Brasileira em Face dos Novos Rumos da Mineração Mundial. (Conferência proferida no XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, out. 1974).

CARVALHO, Yvan Barreto de - Metais Ferrosos e não Ferrosos no Brasil; situação atual e perspectivas. (Conferência proferida na Escola de Comando e Estado Maior do Exército, Rio de Janeiro, 8.04.75).

CEBRACO - Centro Brasileiro de Informações do Cobre - M.I.C/S.T.I - Indústria de não ferrosos; panorama atual e previsões. Panorama do cobre. S.l.p., 1973. (Sic nº 209).

_____ - O Mercado do Cobre; perspectivas 1974-1982. Estudo da Société General de Mineraux da Bélgica. S.l.p., 1974. (Sic, 210).

_____ - Mercado Internacional do Cobre; tendências. S.l.p., 1974. (Sic nº 212).

_____ - Boas e outras notícias do mundo do cobre, n. 152, junho 1974.

_____ - Boas e outras notícias do mundo do cobre, n. 152, julho 1974.

_____ - Boas e outras notícias do mundo do cobre, n. 155, dezembro 1974.

_____ - South Africa's copper grows up. S.l.p. 1975 (Sic nº 213).

COX, Dennis et alii - Copper. In: BROBST, Donald A. & PRATT, Walden, eds. - United States Mineral Resources. Washington, Dep. Interior, 1973. (U.S.Geological Survey Professional Paper, 820). p. 163-190.

DELGADO, I.M.; SILVA FILHO, M.A.; SOUZA, J.D. - Projeto Cobre, Relatório Parcial, Salvador, CPRM, 1972. p. il. (Convênio DNPM/CPRM). Inédito.

GRIMES, D.J. & MARRANZINO, A.P. - Direct-current Arc and Alternating-current Spark Emission Spectrographic Field Methods for the Semiquantitative Analysis of Geologic Materials. Washington, Geol. Survey, 1968. 6 p. (USGS - Circular, 591).

GIRARDI, V.A.V. - Os Anfibolitos da Região Morretes - Antonina, PR. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia; 1 (1): 43-65, dez. 1971.

HALES, Frederick W. & CHAMON, Nagib - A viabilidade do Método Geofísico da Polarização Induzida nas Áreas do Projeto Cobre - Bahia. S.l.p. CPRM, 1972. 22 p. il. Anexos.

HANSULD, John A. - Eh and pH in Geochemical Exploration. The Canad. Mining and Metall. Bull., 59 (647): 315-322, Mar. 1966.

HAWKES, H.E. & WEBB, J.S. - Geochemistry in Mineral Exploration. New York, Harper & Row, 1962. 415 p. il.

HUMPHREY, Fred L. & ALLARD, Gilles O. - Geologia da Área do Domo de Itabaiana (Sergipe) e sua Relação com a Geologia do Geossinclinal de Propriá; um elemento tectônico récem-conhecido no escudo brasileiro. Rio, Petrobrás/Cempes,1969. 160 p.il. map. tab.

JORDAN, H. - The Late Precambrian Synclinorium of Curaçá(Bra

sil). Geol. Jb., Hannover, 88:617-628, Fev. 1971. il.

KING, L.C. - A geomorfologia do Brasil Oriental. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 18 (2): 1-119, 1956.

KRAUSKOPF, K.B. - Introduction to Geochemistry. New York, Mc Graw-Hill, 1967. 721 p. il.

KRUMBEIN, W.C. & GRAYBILL, F.A. - An Introduction to Statistical Models in Geology. New York, McGraw-Hill, 1965. 475p.

LADEIRA, E.A. & BROCKES JR., H. - Geologia da Quadrículas de Poço de Fora, Esfomeado, Tanque Novo e Lajes, Distrito Cuprífero do Rio Curaçá, Bahia, Relatório Parcial Projeto Cobre. S.l.p., Geologia e Sondagens, 1969. 2 v. il. Inédito. (Trabalho realizado para o DNPM - 4º Distrito-Nordeste).

LADEIRA, E.A.; BROCKES JR. H.; DUTRA, A.A. - Prospecção do Minério de Cobre no Distrito Cuprífero do Vale do Rio Curaçá, Ba. Relatório Parcial Projeto Cobre. S.l.p. Geologia e Sondagens, 1969. 3 v. il. Inédito. (Trabalho realizado para o DNPM - 4º Distrito-Nordeste).

LEINZ, V. - Gênese da Jazida de Cobre de Caraíba, Bahia. Mineração e Metalurgia, Rio de Janeiro, 12 (72): 277-279, mar/abr 1948.

LEPELTIER, Claude - A Simplified Statistical Treatment of Geochemical Date by Graphical Representation. Economic Geology, 64: 538-580, 1969.

LEWIS JR., R.W. & SANTOS, A.M. - Relatório Preliminar sobre

a Geoquímica do Depósito de Cobre de Caraíba, Bahia. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 1966. 27 p. (Notas Preliminares e Estudo, 127).

LEWIS JR., R.; MATTOSO, S.Q.; BRIM, R. - Reconhecimento Geoquímico da Bacia do Rio Curaçá, Bahia. Rio de Janeiro, DNPM, 1970. 31 p. il. Bol. nº 141. (Convênio DNPM/UFBA/USAID).

|MASCARENHAS, Juracy de F. et alii| - Projeto Bahia; relatório da 1ª fase. Salvador, CPRM, |1971|. 7 v. (Convênio DNPM/CPRM).

MASCARENHAS, Juracy de F. - A Geologia do Centro-Leste do Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, Aracaju, 1973. Anais do ... Salvador, SBG. (no prelo).

MELO JR, José Lino et alii - Relatório sobre a Jazida de Cobre da Bahia. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM. 1962. 137 p. il. (Bol. 117).

MOTTA, Antonio Carlos - A aplicação da Magnetometria e Gravimetria na Região do Curaçá, Estado da Bahia. (Dissert. Dont. Esc. Minas, Leoben, Austria, 1974). Salvador, S.ed., 1975. 40 p. Original em alemão.

PÉLISSONNIER, H. - Les dimensions des gisements de cuivre du monde. Paris, B.R.G.M., |1970|. 405. p. il. (Mémoire du B.R.G.M., 57).

PEREL'MAN, Aleksandr I. - Geochemistry of Epigenesis. New York, Plenum, 1967. 266 p. il. (Monographis in Geoscien cia).

PROGRAMA nacional de desenvolvimento da indústria dos metais não ferrosos. República Federativa do Brasil. Diário Oficial, 3 fev. 1975. p. 1478-1490. Sec.I. part. I.

UM PROGRAMA para os não ferrosos. Plan. & Desenv., Rio de Janeiro, mar. 1975. p. 6-15.

SCHNEIDER, A. - Rejuvenescimento Hidrotermal dos Minérios Cuproniquelíferos Secundários de Caraíba, Bahia. Engenharia, Mineração e Metalurgia, Rio de Janeiro, 25(149): 251 - 254, maio 1957.

_____ - Piroxenitos Cupríferos de Caraíba, Bahia. Mineração e Metalurgia, Rio de Janeiro, 15(90): 271-276,mar/abr. 1951.

SIMPSON, William A.B. - Copper; Demand Drops, prices plunge, reflecting world economic blues. Engeneering and Mining Journal, march 1975. p. 90-92.

STEINER, L - Resultados Preliminares de um Mapeamento Geológico no Embasamento Cristalino da Folha de Uauá no Estado da Bahia - Brasil. Recife, SUDENE, 32 p. 1968. (Missão Geológica Alemã no Brasil. Relatório nº 1).

SUSZCZYNSKI, E.F. - A Origem Sedimentar-Metamórfica Estratiforme do Minério Cuprífero do Distrito do Norte da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, Pará, 1972. Anais do ... Pará, Sociedade Brasileira de Geologia, 1972.

TENNANT, C.B. & WHITE, M.L. - Study of distribution for some Geochemical data. Economic Geology, 54:1281-1290, 1959.

CPRM

TURNER, Francis J. - Metamorphic Petrology;mineralogical and field aspects. New York, McGraw-Hill, 1968. 403 p. il. (International Series in the Garth and Planetary Sciences).