MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL
CONVÊNIO DNPM – CPRM

PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

LEVANTAMENTO ORIENTATIVO E REGIONAL

RELATÓRIO FINAL

TEXTO E ILUSTRAÇÕES

VOLUME I

José João Correia de Oliveira
José Heleno Ribeiro
Hélio Antonio de Sousa

I-96

SUREMI
SEDOTE
CPRM
ARQUIVO TECNICO
Relatório n.º 927
N.º de Volumes: 3 V.: 1-5
OSTENSIVO

PHL
013087
2007

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
DIRETORIA DA ÁREA DE PESQUISAS
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

1979

PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO
LEVANTAMENTO ORIENTATIVO E REGIONAL

Chefe do Projeto : José João Correia de Oliveira

Equipe Executora : José Heleno Ribeiro
Helio Antonio de Sousa
Seiji Oki
José Ronaldo Rosa Barros

Dedicação Parcial : Cleber Paulo Ferrari
José Miguel da T. G. Galvão
Mario Mitio Sugahara
Omar Xisto Rosa
Jader Donizete da Silva
Wanda Alexandre Xavier

Supervisão : Gustavo Noronha Diniz Gonçalves
Jayme Álvaro de Lima Cabral
Carlos Alberto Heineck

PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO
LEVANTAMENTO ORIENTATIVO E REGIONAL
ÍNDICE DOS VOLUMES

VOL. I – TEXTOS E ILUSTRAÇÕES

Resumo
Abstract
Introdução
Descrição da Área
Técnicas de Amostragem
Preparação das Amostras e Técnicas Analíticas
Avaliação e Interpretação dos Dados
Discussão das Anomalias
Conclusões
Recomendações
Referências Bibliográficas
Documentação Fotográfica

VOL. II – ANEXOS

Mapas de Amostragem Geoquímica
Mapas Geoquímicos

CPRM

APRESENTAÇÃO

O trabalho em apreço contém a interpretação e a presentação dos resultados das etapas de prospecções geo químicas orientativa e regional, executadas em áreas cons tituídas por rochas metassedimentares e metavulcânicas dos Super-Grupos Rio das Velhas e Minas, conforme proposição original do Projeto Geoquímica do Quadrilátero Ferrífero.

Este volume encerra a sistemática adotada nos levantamentos geoquímicos, além do comportamento e dos re sultados anômalos obtidos para os diversos elementos em se dimentos de corrente e concentrados de bateia. Apresenta ainda tabelas de variância, sumários das estatísticas, ma trizes de correlação, acrescidos dos perfis de solo, rocha e de sedimentos do córrego Morro do Bule. Engloba, outros sim, a discussão das anomalias comportando considerações sobre a ambiência geoquímico-geológica das áreas mais favo ráveis quanto à presença de mineralizações. Ao final do vo lume, são apresentadas as conclusões e recomendações, es tas últimas já de caráter mais objetivo e visando traba lhos futuros.

O volume II engloba 10 (dez) mapas de amostragem geoquímica, na escala 1:50.000, acompanhados do esboço geo lógico das unidades estratigráficas, sempre que possível, a nível de Formação. Comporta, ainda 7 (sete) mapas geoquí micos (símbolos) nas escala 1:100.000, para cada elemento, com os histogramas correspondentes a cada unidade geológi ca a nível de Grupo, para sedimentos de corrente, além de 2 (dois) mapas, também na escala 1:100.000, relativos a as sociações de elementos considerados para interpretação dos dados em concentrados de minerais pesados.

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

CPRM

SUMÁRIO

VOLUME I

RESUMO x.

ABSTRACT xi

1 - INTRODUÇÃO 1

1.1 - Histórico 1

1.2 - Objetivo do trabalho 3

1.3 - Localização e acesso 3

1.4 - Trabalhos anteriores 5

2 - DESCRIÇÃO DA ÁREA 7

2.1 - Clima, Vegetação e Hidrografia 7

2.1.1 - Clima 7

2.1.2 - Vegetação 7

2.1.3 - Hidrografia 8

2.2 - Geomorfologia 9

2.3 - Solos 12

2.4 - Geologia 13

2.4.1 - Generalidades 13

2.4.2 - Complexo Basal 13

2.4.3 - Rochas básicas e ultrabásicas 15

2.4.4 - Sequência de xistos-verdes de idade incerta 16

2.4.5 - Super-Grupo Rio das Velhas 16

2.4.5.1 - Grupo Nova Lima 16

2.4.5.2 - Grupo Maquiné 17

2.4.6 - Super-Grupo Minas 17

2.4.6.1 - Grupo Tamanduá 18

2.4.6.2 - Grupo Caraça 19

2.4.6.3 - Grupo Itabira 19

2.4.6.4 - Grupo Piracicaba 20

Mod. 002

NE 7530.0810.0343

2.4.7 - Grupo Itacolomi 22
2.4.8 - Terciário/Quaternário 22
2.4.8.1 - Formação Fonseca 22
2.4.8.2 - Coberturas superficiais detrito-lateríticas 23
2.4.8.3 - Sedimentos aluvionares recentes 24
2.5 - Metamorfismo 24
2.6 - Geologia estrutural 25
2.7 - Mineralizações 27
2.7.1 - Ferro 27
2.7.2 - Manganês 28
2.7.3 - Ouro 29
2.7.4 - Alumínio 30
2.7.5 - Bário 31
2.7.6 - Mercúrio 31
2.7.7 - Antimônio 32
2.7.8 - Arsênio 33
2.7.9 - Cobre, chumbo e zinco 34
2.7.10 - Outras mineralizações 36
3 - TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM 37
3.1 - Generalidades 37
3.2 - Sedimentos de corrente 37
3.3 - Concentrados de minerais pesados 38
3.4 - Seixos 39
3.5 - Rochas 39
3.6 - Solos 40
4 - PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS E TÉCNICAS ANALÍTICAS .. 42
4.1 - Secagem e Peneiramento 42
4.2 - Métodos analíticos 43

Mod. 002
NE 7530.0210.0343

4.2.1 - Espectrofotometria de absorção atômica 43
4.2.2 - Colorimetria 43
4.3 - Laboratório e pessoal responsável 44
5 - AVALIAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS 45
5.1 - Generalidades 45
5.2 - Critérios de interpretação 46
5.3 - Avaliação estatística dos dados 49
5.3.1 - Análise de variância 49
5.3.2 - Sumários das estatísticas 51
5.3.3 - Matrizes de correlação 52
5.3.4 - Histogramas 53
5.3.5 - Gráficos de probabilidade 54
5.4 - Testes granulométricos 55
5.5 - Distribuição geoquímica dos elementos 56
5.5.1 - Sedimentos de corrente 56
5.5.1.1 - Cobre, chumbo e zinco... 56
5.5.1.2 - Antimônio e arsênio 62
5.5.1.3 - Ferro e manganês 64
5.5.2 - Concentrados de minerais pesados . 67
5.5.2.1 - Cobre, chumbo e zinco .. 67
5.5.2.2 - Ouro, antimônio e arsênio 69
5.5.3 - Rochas 71
5.5.3.1 - Cobre, chumbo e zinco .. 71
5.5.3.2 - Antinômio e arsênio..... 73
5.5.3.3 - Ferro e manganês 74
5.5.4 - Solos 75
5.5.4.1 - Cobre, chumbo e zinco .. 75
5.5.4.2 - Antimônio e arsênio 78
5.5.4.3 - Ferro e manganês 80

Mod. 002
NE 7530.0210.0343

5.5.5 - Seixos 81
5.5.5.1 - Cobre, chumbo e zinco.. 81
5.5.5.2 - Antimônio e arsênio ... 82
6 - DISCUSSÃO DAS ANOMALIAS 84
6.1 - Sedimentos de corrente 84
6.1.1 - Anomalias de cobre, chumbo e zinco 84
6.1.2 - Anomalias de antimônio e arsênio 103
6.2 - Concentrados de minerais pesados 113
6.2.1 - Anomalias de cobre, chumbo e zinco 113
6.2.2 - Anomalias de ouro, antimônio e arsênio 117
7 - CONCLUSÕES 122
8 - RECOMENDAÇÕES 126
9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 129
10 - DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA 134

VOLUME II

ANEXOS - PARTE I
MAPAS DE AMOSTRAGEM GEOQUÍMICA - Escala 1:50.000
1 - Belo Horizonte
2 - Caeté
3 - Santa Bárbara
4 - Brumadinho
5 - Rio Acima
6 - Acuruí
7 - Catas Altas
8 - Itabirito
9 - Ouro Preto
10 - Mariana

Mod. 002
NE 7530.0210.0343

MAPAS GEOQUÍMICOS (SÍMBOLOS) - Escala 1:100.000

1 - Mapa de Cu em sedimentos de corrente

2 - Mapa de Pb em sedimentos de corrente

3 - Mapa de Zn em sedimentos de corrente

4 - Mapa de Sb em sedimentos de corrente

5 - Mapa de As em sedimentos de corrente

6 - Mapa de Fe em sedimentos de corrente

7 - Mapa de Mn em sedimentos de corrente

8 - Mapas de Cu-Pb-Zn em concentrados de minerais pesados

9 - Mapas de Au-Sb-As em concentrados de minerais pesados

Mod. 002

NE 7830.0210.0343

CPRM

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

(No texto)

TABELAS

1 - Aspecto geomorfológicos do Quadrilátero Ferrífero.

2 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.

3 - Variância entre localidades, de amostragem e analítica em sedimentos de corrente - Levantamento Regional.

4 - Variância entre unidades, drenagens, amostras e entre análises em sedimentos de corrente - Levantamento Orientativo.

5 - Sumário das Estatísticas - Seixos.

6 - Sumário das Estatísticas - Concentrados de minerais pesados.

7 - Sumário das Estatísticas - Rochas.

8 - Sumário das Estatísticas - Solos.

9 - Sumário das Estatísticas - Sedimentos de corrente.

10 - Matriz de Correlação - Sedimento de corrente - Complexo Basal.

11 - Matriz de Correlação - Sedimento de corrente - Super-Grupo Rio das Velhas.

12 - Matriz de Correlação - Sedimento de corrente - Grupo Caraça.

13 - Matriz de Correlação - Sedimento de corrente - Grupo Itabira.

14 - Matriz de Correlação - Sedimento de corrente - Grupo Piracicaba.

15 - Matriz de Correlação - Sedimento de corrente - Grupo Itacolomi.

16 - Matriz de Correlação - Concentrado de minerais pesados - fração não magnética.

Mod. 002

NE 7830.0210.0343

17 - Matriz de Correlação - Seixos.

18 - Matriz de Correlação - Solos.

19 - Matriz de Correlação - Rochas.

20 - Valores anômalos em sedimentos de corrente.

21 - Valores anômalos em concentrados de minerais pesados.

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

CPRM

PERFIS

- Perfil córrego Morro do Bule para Cu-Pb-Zn - Sedimento (+40 mesh).
- Perfil córrego Morro do Bule para Sb-As-pH - Sedimento (+40 mesh).
- Perfil córrego Morro do Bule para Fe-Mn - Sedimento (+40 mesh).
- Perfil córrego Morro do Bule para Cu-Pb-Zn - Sedimento (-40 mesh).
- Perfil córrego Morro do Bule para Sb-As-pH - Sedimento (-40 mesh).
- Perfil córrego Morro do Bule para Fe-Mn - Sedimento (-40 mesh).
- Perfil A-B: Hargreaves para Cu-Pb-Zn - Solo - prof. 0,30-0,50 m (-80 mesh).
- Perfil A-B: Hargreaves para Sb-As - Solo - prof. 0,30-0,50 m (-80 mesh).
- Perfil A-B: Hargreaves para Fe-Mn-pH - Solo - prof. 0,30-0,50 m (-80 mesh).
- Perfil A-B: Hargreaves para Cu-Pb-Zn - Rocha
- Perfil A-B: Hargreaves para Sb-As - Rocha
- Perfil A-B: Hargreaves para Fe-Mn - Rocha
- Perfil C-D: Morro do Bule para Cu-Pb-Zn - Solo - prof. 0,30-0,50 m (-80+120 mesh).
- Perfil C-D: Morro do Bule para Sb-As - Solo - prof. 0,30-0,50 m (-80+120 mesh).
- Perfil C-D: Morro do Bule para Fe-Mn-pH - Solo - prof. 0,30-0,50 m (-80+120 mesh).
- Perfil C-D: Morro do Bule para Cu-Pb-Zn - Rocha
- Perfil C-D: Morro do Bule para Sb-As - Rocha
- Perfil C-D: Morro do Bule Fe-Mn - Rocha

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

CPRM

ABSTRACT

Geochemical prospecting, applied to the Quadrilátero Ferrífero region, was chiefly designed to identify anomalous secondary dispersion patterns of chalcophile elements (Cu, Pb, Zn, Sb, As) and Au, over areas of the medium and upper stratigraphic horizons of the Minas Super-Group.

Significant sampling parameters, and concepts related to the geochemical distribution of elements, have been evaluated by geochemical prospecting investigations carried out over areas surrounding the sulphide mineralization of Morro do Bule, which associated to regional geochemical samples, resulted in the collecting of 857 stream sediment samples, 122 heavy mineral concentrates, 87 round pebbles, 123 rocks and 200 soil samples.

One of the main factors controlling the abundance of elements in the secondary environment is the co-precipitation of trace metals with hydrous Fe and Mn oxides, largely present in the drainage area with crystalline oxides.

The major elements and geochemically anomalous zones considered to meet the requirements for a reasonable mineral potentiality are situated over the regions of Serra Três Irmãos (Sb), Itabirito and Dom Bosco-Ouro Preto (Sb, Au, Cu and Zn), Mariana (As and Au), Barão de Cocais (As, Au, Cu and Zn), and serra da Piedade (Zn).

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

CPRM

RESUMO

A prospecção geoquímica aplicada à região do Quadrilátero Ferrífero objetivou mormente a identificação de halos anômalos de elementos calcófilos (Cu, Pb, Zn, Sb e As) e Au no domínio dos horizontes estratigráficos médios e superiores do Super-Grupo Minas.

Importantes parâmetros de amostragem e conceitos de distribuição geoquímica dos elementos foram estimados através de serviços orientativos desenvolvidos na circunvizinhança da mineralização sulfetada (Sb e Zn) do morro do Bule, e que somados às amostras da geoquímica regional, resultaram na coleta de 857 sedimentos de corrente, 122 concentrados de minerais pesados, 87 seixos (rolados), 123 rochas e 200 solos.

Dentre os fatores que regem a abundância dos elementos no ambiente secundário, destaca-se o fenômeno da coprecipitação dos metais-traço com óxidos secundários e hidróxidos de Fe e Mn, presentes com uma frequência incomum na drenagem da área, ao lado de óxidos cristalinos.

Os principais elementos e zonas geoquimicamente anômalas alinhados com as exigências de um razoável potencial mineral, situam-se nas regiões da serra Três Irmãos (Sb), Itabirito e Dom Bosco-Ouro Preto (Sb, Au, Cu e Zn), Mariana (As e Au), Barão de Cocais (As, Au, Cu e Zn) e serra da Piedade (Zn).

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

CPRM

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Histórico

A execução de um levantamento geoquímico regional, confiado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, integra um programa de prospecção no domínio de áreas favoráveis a mineralizações de antimônio, cobre, chumbo, zinco, ouro e prata, na região denominada "Quadrilátero Ferrífero". Esse levantamento deu-se em continuidade aos trabalhos da fase orientativa, desenvolvidos na região do morro do Bule, no município de Ouro Preto.

A área objeto do desenvolvimento das fases orientativa e regional da prospecção geoquímica, por parte da Superintendência Regional de Belo Horizonte, foi selecionada com base nos seguintes critérios:

a) presença de inúmeras ocorrências minerais cadastradas, como a de antimônio e zinco no morro do Bule; a mina de antimônio no local denominado Olhos d'Água (Belo Horizonte); a antiga mina Pau Branco (serra da Moeda), onde registrou-se a presença de antimônio; constatação de antimônio em Três Cruzes, próximo à Estação Tripuí, a oeste de Ouro Preto; em Miguel Burnier, na mina de manganês da Usina Wigg, foi detectada a existência de um piroantimonato (atopita); outras ocorrências de antimônio foram igualmente constatadas na mina de Passagem e morro da Glória; arsenopirita relacionada à mineralização auro-cupro-antimonífera de Bico de Pedra, município de Ouro Preto; ocorrência de cobre no córrego do Eixo, município de Belo Horizonte; presença de mais de uma centena de mineralizações auríferas, etc.

Mod. 002 NE 7530.0310.0343

b) presença de unidades metassedimentares, filitos grafitosos e/ou que apresentem interfácies com passagens de rochas arenosas para uma sequência pelítica, ou desta para uma outra de natureza dolomítica, além de formações metavulcânicas em meio ao espesso pacote litológico existente, com possibilidades de conter depósitos sulfetados; dentro desse contexto, cabe destacar as regiões ao sul e a oeste do Complexo de Bação;

c) a configuração estrutural da região gerada pelo desenvolvimento de sistemas de dobramentos e falhamentos, nas rochas das unidades Minas e Rio das Velhas, propiciando a canalização de soluções mineralizantes, sendo que as inúmeras ocorrências minerais expostas pela erosão, encontram-se associadas, principalmente, aos horizontes carbonáticos do Super-Grupo Minas;

d) existência de inúmeros trabalhos geológicos, em escalas variadas, sobre as ocorrências e jazidas minerais existentes na região, bem como bases cartográficas, aerofotográficas disponíveis, ocasionando uma economia apreciável de tempo e recursos financeiros;

e) resultados do levantamento geológico e cartográfico levados a efeito pelo projeto do Departamento Nacional da Produção Mineral em convênio com o United States Geological Survey (na escala 1:25.000), no Quadrilátero Ferrífero, visando principalmente ao ferro e ao manganês. Deste trabalho resultou o conhecimento da estratigrafia e estrutura, ampliando os dados geológicos desta importante área e credenciando os métodos indiretos, tal como a geoquímica, para a ampliação do conhecimento dos recursos minerais da mesma;

f) o levantamento aerogeofísico e geoquímico

Mod. 002 NE 7830.0210.0343

executado por equipes do Convênio Geofísica Brasil-Alemanha, que revelou significativos traços estruturais na região.

A coleta de amostras foi efetuada por três equipes, no período de março a novembro de 1978, percorrendo em torno de 41.220 km de carro e 683 km a pé. O levantamento constou, basicamente, da tomada de cerca de 1550 amostras geoquímicas, correspondentes a sedimentos de corrente, concentrados de minerais pesados, solos, seixos e rochas, e cobriu uma região de aproximadamente 1500 km^2 dentro da área de todo o projeto.

1.2 - Objetivo do trabalho

O levantamento geoquímico regional na região do Quadrilátero Ferrífero, teve como principal finalidade a identificação das áreas com um maior potencial em termos de mineralizações de cobre, chumbo, zinco, ouro, antimônio, arsênio e prata. Visou, ainda, um maior aprimoramento da metodologia aplicada, no sentido de obter destacada segurança na interpretação geoquímica das populações amostradas. Teve como base a coleta sistemática de amostras de sedimentos de corrente, complementadas por concentrados de bateia, seixos, solos e rochas.

1.3 - Localização e acesso

A região trabalhada localiza-se na porção centro-sul do Estado de Minas Gerais, situando-se a cidade de Belo Horizonte no noroeste da mesma.

A situação da área, composta por 10 (dez) folhas topográficas na escala 1:50.000, encontra-se ilustrada na planta em anexo, tendo os vértices da mesma as seguintes coordenadas:

Mod. 002 NE 7830.0210.0343

A - 43°22'30" W e 19°45'00" S
B - 44°07'30" W e 19°45'00" S
C - 44°07'30" W e 20°30'00" S
D - 43°22'30" W e 20°30'00" S

A área escolhida para a execução do levantamento geoquímico orientativo corresponde àquela da quadrícula Dom Bosco (escala 1:25.000, do Convênio DNPM/USGS). O acesso é feito partindo-se do distrito de Cachoeira do Campo (MG-356), município de Ouro Preto, seguindo pela ramificação que margeia o rio Maracujá, até atingir a localidade denominada Dom Bosco, no nordeste da área. Estradas em condições de utilização permanente e outras parcialmente utilizáveis, possibilitam o acesso a toda a área-piloto.

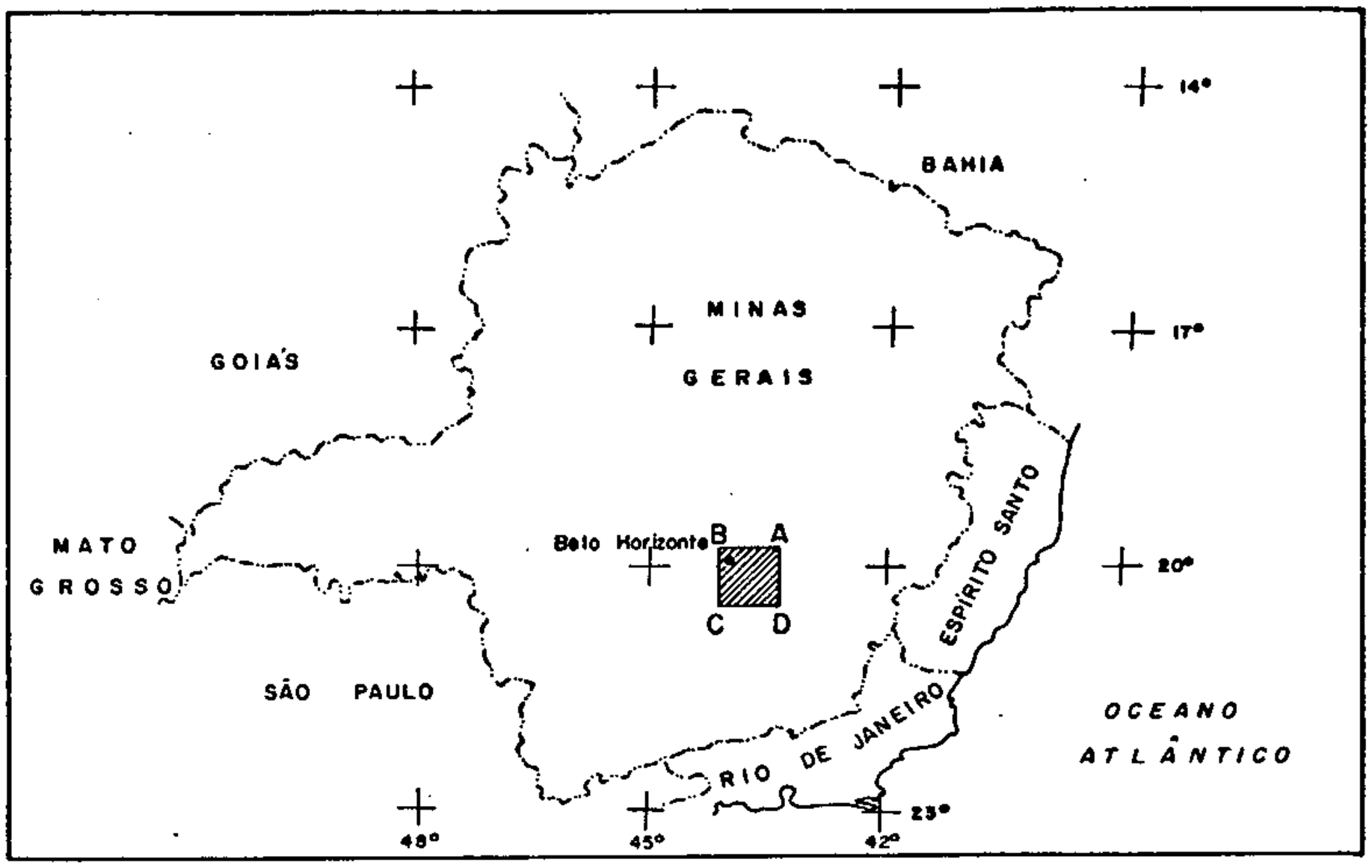
O acesso rodoviário ao restante da área no plano regional, dá-se pela BR-040, a partir de Belo Horizonte, no sentido sul. Seguindo pela MG-356, atinge-se sucessivamente as cidades de Itabirito, o distrito de Cachoeira do Campo, além de Ouro Preto e Mariana, em pista pavimentada. As áreas de Nova Lima e Rio Acima são atingidas pela MG-6, também pavimentada. As regiões norte e nordeste da área são alcançadas através da BR-262, asfaltada, atingindo-se a cidade de Caeté por uma pequena ramificação. Próximo a Antônio dos Santos, pela MG-436, chega-se às cidades de Barão de Cocais e Santa Bárbara.

Diversas outras estradas estaduais, municipais e algumas particulares de empresas mineradoras, com boas condições de utilização, permitem, em especial durante a estação mais seca, o acesso aos mais diferentes pontos da área, a partir das rodovias e cidades citadas.

Mod. 002 NE 7830.0210.0343

PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

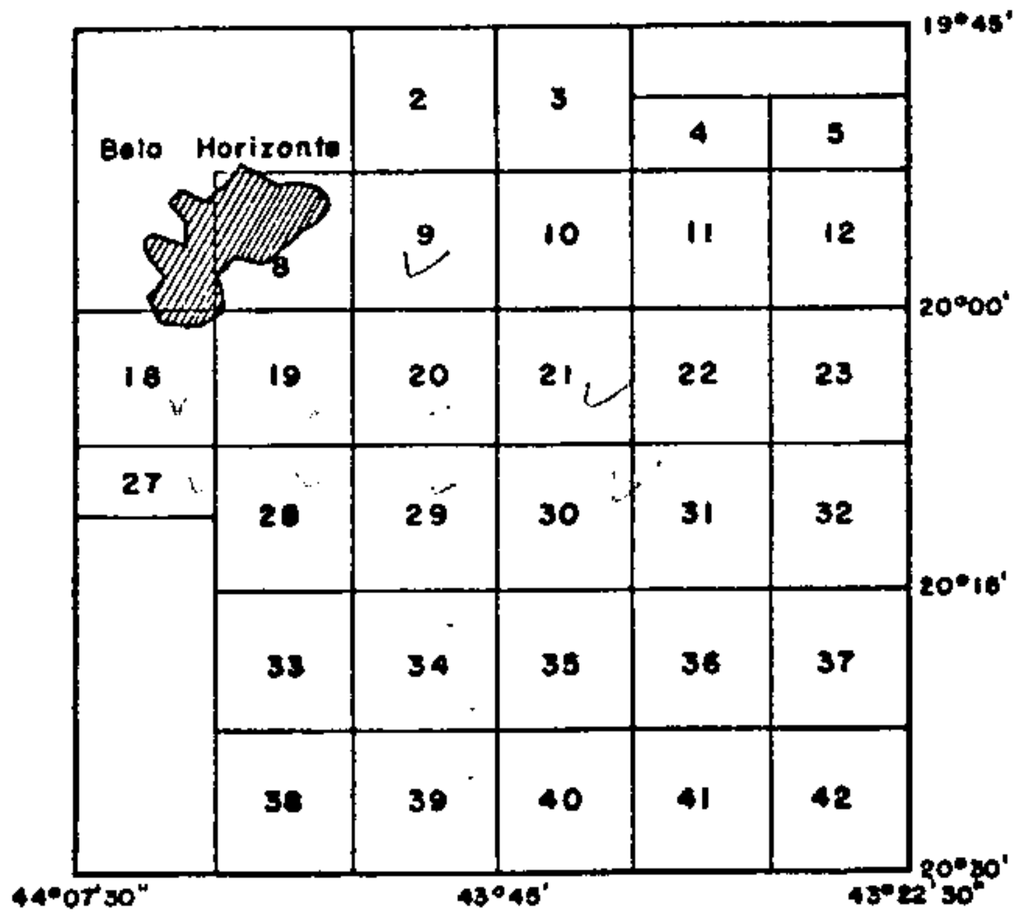
PLANTA DE LOCALIZAÇÃO



A - 43°22'30"W — 19°45'00" S
B - 44°07'30" W — 19°45'00" S
C - 44°07'30" W — 20°30'00" S
D - 43°22'30" W — 20°30'00" S

ESQUEMA DO LEVANTAMENTO GEOLÓGICO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

(DNPM/USGS - ESCALA 1:25.000)



2 — SANTA LUZIA
3 — SERRA DA PIEDADE
4 — ANTONIO DOS SANTOS
5 — COCAIS
8 — BELO HORIZONTE
9 — NOVA LIMA
10 — CAETÉ
11 — CONGO SOCO
12 — SANTA BÁRBARA
18 — IBIRITÉ
19 — MACACOS
20 — RIO ACIMA
21 — GANDARELA
22 — CONCEIÇÃO DO RIO ACIMA
23 — CATAS ALTAS
27 — PIEDADE DO PARAOPEBA
28 — LAGOA GRANDE
29 — ITABIRITO
30 — RIO DE PEDRAS
31 — CAPANEMA
32 — SANTA RITA DURÃO
33 — MARINHO DA SERRA
34 — BAÇÃO
35 — CACHOEIRA DO CAMPO
36 — SÃO BARTOLOMEU
37 — ANTONIO PEREIRA
38 — CASA DE PEDRA
39 — SÃO JULIÃO
40 — DOM BOSCO
41 — OURO PRÊTO
42 — MARIANA

1.4 - Trabalhos anteriores

A denominação de "Quadrilátero Ferrífero" foi dada por L.F. GONZAGA DE CAMPOS (1943), aos vastos depósitos de minério de ferro que ocorrem em uma área de aproximadamente 7.000 km^2, limitada pelas linhas que ligam Itabira, Rio Piracicaba, Mariana, Congonhas do Campo, Casa Branca e Itaúna.

O maior e mais completo trabalho geológico sobre o Quadrilátero Ferrífero foi realizado pelo convênio DNPM/USGS (1957-1969), com a participação de numerosa equipe de técnicos, que logrou executar o mapeamento geológico na escala 1:25.000.

J.V.N. DORR II (1961) propôs uma coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero, homogeneizando os diversos conceitos emitidos em outros estudos realizados na área, coluna esta adotada no presente trabalho.

J.P. CASSEDANNE e colaboradores (1974), através de uma prospecção sistemática com bateia na região de Dom Bosco-morro do Bule, detectou as ocorrências de esfalerita, topázio e rutilo, já conhecidas, além de novas mineralizações (cinábrio, romeita e wulfenita) e associações mineralógicas.

A DOCEGEO - Rio Doce Geologia e Mineração Ltda, realizou um levantamento geoquímico na zona de domínio do Grupo Nova Lima (Super-Grupo Rio das Velhas), com a coleta de sedimentos de corrente e determinações analíticas para os seguintes elementos: Pb, Zn, Cu, Ni e As.

O CGBA - Convênio Geofísica Brasil-Alemanha executou um levantamento geofísico e geoquímico na região de Nova Lima, em 1974. A fase de geoquímica abrangeu apenas

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

amostras de solo coletadas segundo perfis e analisadas para os elementos Ni, Co, Cu, Pb, Zn e Li.

O Convênio DNPM/USGS publicou, em 1978, um trabalho de N. HERZ relativo à geologia regional do Quadrilátero Ferrífero. Nesta publicação é apresentado um estudo dos eventos tectônicos e metamórficos que afetaram as rochas ígneas e metassedimentares do escudo brasileiro.

Existem ainda vários outros trabalhos de caráter específico e executados principalmente por empresas de mineração.

2 - DESCRIÇÃO DA ÁREA

2.1 - Clima, vegetação e hidrografia

2.1.1 - Clima

De acordo com a classificação de Köppen, a região do Quadrilátero Ferrífero enquadra-se no tipo climático mesotérmico de altitude (Cwb) de verões brandos e com a estação chuvosa incidente nessa mesma época do ano. Esta característica climática está intimamente relacionada à dinâmica das massas de ar nos diferentes períodos do ano, bem como às paisagens fisiográficas e às áreas de vegetação.

A temperatura média anual é de aproximadamente 20°C e a mais quente, inferior a 30°C, com um índice de umidade relativa em torno de 75%. As precipitações pluviométricas variam entre 1.500 e 1.700 mm anuais, observando-se os máximos nos meses de dezembro e janeiro.

2.1.2 - Vegetação

Devido à constância do tipo climático (mesotérmico), a natureza do solo e o relevo são os principais fatores influentes na vegetação. Portanto, do ponto de vista fitogeográfico, verifica-se a existência das seguintes formações vegetais: floresta subcaducifólia tropical, cerrado e campo.

A primeira aparece no rebordo das altas superfícies, sendo constituída de uma formação intermediária entre formações florestais perenes da encosta e as formações não florestais do interior, apresentando árvores com até 25 metros de altura.

O cerrado (formação complexa) ocupa grande parte

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

da área, sendo às vezes interrompido por florestas galerias, manchas de subcaducifólia tropical, e nas superfícies mais elevadas por campos limpos. Nas regiões de ocorrência dos itabiritos e xistos há desenvolvimento de fitoformação arbustiva, com espécimes dotadas de troncos finos e bastante esgalhados. Por outro lado, nas zonas de domínio de rochas carbonáticas, os solos dão lugar ao desenvolvimento de florestas abertas associadas com gramíneas.

O campo acha-se intimamente ligado às zonas elevadas ("campos de altitude" - IBGE,1977), sendo, portanto, a formação predominante nas serras de natureza quartzítica, as quais apresentam solos rasos, drenagem incipiente e um clima mais ameno. Os campos são caracterizados por uma cobertura herbácea, muitas vezes contínua, em meio à qual podem aparecer arbustos isolados ou em tufos.

Nas últimas décadas, os desmatamentos para a produção de carvão vegetal destruiram grande parte das exuberantes florestas, notando-se já alguns reflorestamentos com o plantio de eucaliptos.

2.1.3 - Hidrografia

Os principais rios controladores do regime hidrográfico são o rio das Velhas, na parte central, e o rio Paraopeba na porção oeste da área do projeto, sendo ambos tributários da bacia do São Francisco. O rio Piracicaba drena a parte nordeste da região, enquanto os rios Gualaxo e Carmo, o sudeste, desembocando todos no rio Doce.

Os tributários menores desses rios principais, geralmente estão bem ajustados à estrutura das rochas, buscando as formações mais frágeis, como os filitos. Nas formações mais resistentes e uniformes, acompanham os siste

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

mas de falhas e diáclases, além da estratificação.

Os sistemas de drenagem variam em função dos tipos litológicos, sendo mais pobres em zonas carbonáticas e mais densos nas sequências pelíticas.

A maioria dos drenos possui uma quantidade normal de água no período de estiagem, enquanto na estação chuvosa os córregos adquirem características torrenciais.

2.2 - Geomorfologia

A região do Quadrilátero Ferrífero insere-se no Planalto Oriental, o qual, segundo A.N. Ab'Sáber (1968), é o mais complexo e acidentado dos setores de relevo do Planalto Brasileiro.

A província morfoestrutural do Planalto Oriental é constituída pela cadeia do Espinhaço que compreende várias serras correspondentes às cristas de rochas resistentes em zonas rejuvenescidas, às escarpas de falha ou de linha de falha, aos planaltos em bloco transformados em maciços acidentados, assim como aos divisores d'agua melhor definidos e adotados de marcante maturidade em suas formas de relevo.

As feições morfológicas do Quadrilátero Ferrífero são condicionadas não apenas pela litologia e estrutura das rochas, mas, também, por uma complexa história de soerguimentos epirogênios. L.C.King (1956) relacionou vários níveis de erosão preservados na região leste do Brasil; e na Tabela 1 resume a sucessão de eventos e feições da área estudada:

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

ALTITUDE (m)	ÁREA DE DESENVOLVIMENTO	IDADE	CICLO DE EROSÃO
2000-2100	Serra do Caraça	?	-
1750-1850	Serra da Piedade-Pico do Itacolomi	?	-
1500-1650	Conta História- serra da Moeda	Jurássico	Gondwana
1250-1400	Serra Três Irmãos-Sinclinal da Moeda	Cretáceo inferior	Pós-Gondwana
1100-1200	Flanco da serra do Curral	-	-
1000-1100	Lagoa Seca-centro do Sinclinal de Gandarela	-	-
850-950	Vale do rio das Velhas e chapadas de Canga	Cretáceo superior a Terciário médio	Sul-Americano
700-750	Vale do rio das Velhas	Plio-Pleistoceno	Velhas

TABELA 1 - Aspectos geomorfológicos decorrentes das pediplanações mesozóicas a cenozóicas.

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

As superfícies antigas mais conservadas encontram-se todas cobertas de canga, que é o material mais resistente e niveladamente espalhado pela região. O remanescente de erosão que apresenta maior cota é o topo relativamente aplainado da serra do Caraça (2.000 metros). Outros picos e superfícies elevadas, como as que circundam o pico do Itacolomi, serra do Batatal, serra da Piedade e serra do Caraça, podem indicar a presença de um segundo nível de erosão, entre 1700 e 1800 metros, mas sua idade é igualmente desconhecida.

A superfície Gondwana identifica-se com as áreas elevadas de relevo suavizado ou com linhas de cordilheiras geralmente concordantes, com aquelas.

De acordo com L. C. King (op.cit.), o ciclo pós Gondwana foi incompleto e poucas superfícies de grande extensão foram formadas, destacando-se entre os melhores exemplos, a serra Três Irmãos (1350-1450 m) e parte da serra do Curral.

A superfície de erosão denominada Sul-Americana, ligada a um ciclo que atuou até o Terciário médio, teve um bom desenvolvimento no Quadrilátero Ferrífero, com uma elevação de aproximadamente 930m, próximo a Itabirito, e 850m ao sul de Belo Horizonte. O remanescente maior é provavelmente a chapada de Canga, nas quadrículas de Catas Altas e Santa Rita Durão.

Ainda segundo L.C.King (op.cit.), duas importantes superfícies desenvolveram-se entre as superfícies pós Gondwana e Sul-Americana, não se conhecendo, entretanto, nenhum elemento que permita datá-las.

O ciclo erosional mais jovem (Velhas) é assina

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

lado por um canhão profundo, de meandros entrincheirados do rio das Velhas e outros, salientando-se que alguns desses canhões estão a mais de 200m abaixo dos vastos terraços que assinalam o ciclo Sul-Americano.

2.3 - Solos

No Quadrilátero Ferrífero, apresentam-se com aspecto ferruginoso e, de maneira bastante generalizada, são pobremente desenvolvidos.

Com relação ao relevo, os solos podem ser classificados como latossolos, bem drenados, de coloração vermelho - amarelo a vermelho - escuro, em áreas planas quando frente ao relevo movimentado das encostas íngremes e das áreas dissecadas, com entalhamento de vales. Os vales amplos e de fraco declive, bastante mais úmidos, propiciam a formação de solos orgânicos de maior espessura.

No domínio de rochas filíticas, os solos apresentam-se mais espessos e ricos em matéria orgânica, refletindo-se, ainda, no tipo de vegetação, que tem, então, um aspecto de floresta aberta; no domínio das rochas de composição carbonática, os solos apresentam-se também mais espessos, de textura argilo-síltica, de coloração marrom-avermelhado, ricos em sais minerais.

Nas regiões abrangidas por litologias de natureza quartzítica, os solos (litossolos) apresentam-se arenosos e pouco espessos, enquanto que as zonas de xistos e gnaisses favorecem a formação de solos mais profundos, os chamados solos podzólicos vermelho - amarelos. Adicione-se, ainda, que nas regiões de formações ferríferas os solos apresentam-se arenosos e bastante avermelhados, devido à grande quantidade de ferro hidromórfico existente em toda

Mod. 002 NE 7550.0210.0343

a extensão do perfil.

2.4 - Geologia

2.4.1 - Generalidades

A área do Quadrilátero Ferrífero é constituída, basicamente, por rochas Pré-Cambrianas indiferenciadas, pertinentes ao embasamento, por sequências metassedimentares e metavulcânicas, e coberturas de sedimentos e depósitos superficiais do Terciário/Quaternário.

O conjunto de rochas metassedimentares e metavulcânicas foi diferenciado por J.V.N. Dorr II (1969) em três "Séries" correspondentes, respectivamente, da mais antiga para a mais nova, à Rio das Velhas, Minas e Itacolomi (ver coluna estratigráfica em anexo - Tabela 2).

No presente trabalho serão adotados os termos "Super-Grupo" em lugar de "Séries", em conformidade com o código de Nomenclatura Estratigráfica e trabalhos mais recentes sobre essa área.

2.4.2 - Complexo Basal

As rochas graníticas aflorantes na área do Quadrilátero Ferrífero foram datadas com quatro diferentes idades, e estas, por sua vez, foram divididas em grupos distintos de acordo com as idades absolutas das intrusões, sendo classificadas através de estudos petrográficos, espectroquímicos e com base em dados de campo.

O granodiorito de Engenheiro Correia, com datação entre 2440 e 2520 m.a., ocupa aparentemente a parte mais central do denominado Complexo Bação. Apresenta cor cinza-escuro,granulação fina e média, com fraca alternância de faixas ricas em minerais félsicos,foliação incipiente,

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

TABELA 2 - COLUNA ESTRATIGRÁFICA SEGUNDO J.V.N. DORR ET ALii (1969)

IDADE	SÉRIE	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	AMBIENTE SEDIMENTAÇÃO	ESPESSURA MAX. APROX. (m)
CRETÁCIO? TERCIÁRIO? RECENTE ?			(INDIVISO)	CANGA, AREIA, ARGILA, CASCALHO, ALUVIÃO E COLUVIÃO.	CONTINENTAL	100
TERCIÁRIO			FONSECA	LAGOS E SEDIMENTOS DE CORRENTES.	CONTINENTAL	100
				DISCORDÂNCIA ANGULAR E POR EROSÃO		
	ITACOLOMI	(INDIVISO)		ÁREA TIPO: ORTOQUARTZITOS, PROTOQUARTZITOS, CONGLOMERADOS. FACIES STO. ANTÔNIO: PROTOQUARTZITOS, FILITOS, QUARTZITOS FILITOSOS E CONGLOMERADOS.	PARÁLICO MOLÁSSICO?	2 000 ? 1 000?
				DISCORDÂNCIA ANGULAR E POR EROSÃO		
PRÉ - CAMBRIANO	MINAS	PIRACICABA	SABARÁ	CLORITA XISTOS E FILITOS, METATUFOS, GRAUVACAS, FILITOS, CONGLOMERADOS, QUARTZITOS.	FLISCH	3000?
				DISCORDÂNCIA LOCAL POR EROSÃO		
			BARREIRO	FILITOS E FILITOS GRAFITOSOS	PLATAFORMA ESTÁVEL	150
			TABOÕES	ORTOQUARTZITOS	PLATAFORMA ESTÁVEL	125
			FECHO DO FUNIL	FILITOS QUARTZOSOS FILITOS DOLOMÍTICOS DOLOMITOS SILICOSOS	PLATAFORMA ESTÁVEL	410
			CERCADINHO	QUARTZITO FERRUGINOSO, QUARTZITOS, FILITOS, FILITOS FERRUGINOSOS.	PLATAFORMA ESTÁVEL	600
				DISCORDÂNCIA LOCAL POR EROSÃO		
		ITABIRA	GANDARELA	DOLOMITOS, ITABIRITOS DOLOMÍTICOS, ITABIRITO, FILITOS DOLOMÍTICOS.	PLATAFORMA ESTÁVEL	1000
			CAUÊ	ITABIRITO (FORMAÇÃO FERRÍFERA, FÁCIE - OXIDADA), ITABIRITO DOLOMÍTICO.	PLATAFORMA ESTÁVEL	350
		CARAÇA	BATATAL	FILITOS, FILITO PRATEADO, FILITO GRAFITOSO.	PLATAFORMA ESTÁVEL	250
			MOEDA	FÁCIES PARÁLICO: ORTOQUARTZITO, CONGLOMERADO, FILITO. LENTES : QUARTZITO SERICÍTICO, FILITO QUARTZOSO, PROTOQUARTZITO.	PLATAFORMA ESTÁVEL	1000 150,
				DISCORDÂNCIA LOCAL POR EROSÃO		
		TAMANDUÁ	SEM DENOMINAÇÃO	FILITO DOLOMÍTICO, FORMAÇÃO FERRÍFERA (FÁCIES OXIDADO) FILITO QUARTZOSO.	PLATAFORMA ESTÁVEL	300
			CAMBOTAS	ORTOQUARTZITOS, CONGLOMERADOS, QUARTZITOS CONGLOMERÁTICOS.	PARÁLICO	1000
				DISCORDÂNCIA ANGULAR POR EROSÃO		
	RIO DAS VELHAS	MAQUINÉ	CASA FORTE	PROTOQUARTZITO, CONGLOMERADOS, FILITOS, SUB-GRAUVACAS.	EUGEOSSINCLINAL FASE MOLÁSSICA	400
			PALMITAL	FILITOS, FILITOS QUATZOSOS, PROTOQUARTZITOS, GRAUVACAS, CONGLOMERADO NA BASE.	EUGEOSSINCLINAL FASE MOLÁSSICA	1400
				DISCORDÂNCIA POR EROSÃO E POSSIVELMENTE ANGULAR		
		NOVA LIMA	(INDIVISO)	FILITO, GRAUVACA, FÁCIES CARBONÁTICOS, METAVULCÂNICAS, FILITOS, CONGLOMERADOS.	EUGEOSSINCLINAL (FLISCH)	4000
	COMPLEXO BASAL			ROCHAS GRANÍTICAS		

e, em geral, acha-se cortado por veios pegmatíticos, associados à juntas, com contatos bem definidos.

N.Herz e C.Dutra (1958) verificaram nesta rocha, através de análises químicas, baixa percentagem de La e Nb e apreciável concentração de Sr, refletindo um estágio inicial de diferenciação magmática de alta temperatura. Em estudos espèctroquímicos das partes máficas de outras amostras, esses autores verificaram ainda a presença de elementos-traço (Co, Cu, Ni, Se e Cr) com teores acima da média e típicos de rochas básicas.

Os granitos de Itabirito e Belo Horizonte (N da serra do Curral) com aproximadamente 1330 m.a.,apresentam-se, segundo D.Guimarães (1951), com granulação média a grosseira, bem foliados e listrados, com camadas félsicas e biotíticas alternadas, cortadas por veios pegmatíticos e aplíticos pequenos, com a presença de turmalina.

Aflorante na porção leste do Complexo Bação, o granodiorito de Cachoeira do Campo encontra-se na faixa de 720 a 760 m.a. e apresenta-se com granulação média a grosseira, foliado e com bandas félsicas alternadas com outras ricas em biotita. A série de elementos-traço encontrada nesta rocha, sugere a mesma remobilização de parte do granodiorito de Engenheiro Correia, N. Herz e C.Dutra (op.cit.).

As rochas graníticas mais recentes, tais como o granito de Itabira e outros, atingem uma faixa de idade que vai de 475 a 560 m.a. Estas rochas ocorrem ao sul de Casa Branca, próximo a Barão de Cocais e Santa Bárbara, e ao norte de Ouro Branco. No domínio das rochas metassedimentares do Quadrilátero Ferrífero, os granitos recentes aparecem em alguns locais em substituição a certas camadas do

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

Super-Grupo Minas, que aparentemente foram submetidas à granitização. Geralmente são camadas do Grupo Piracicaba, que continham originalmente arcósios e quartzitos arcosianos. Tais ocorrências podem ser observadas nas proximidades de General Carneiro, bem como ao norte de Ouro Branco, ao sul de Engenheiro Correia e na estrada que liga São Gonçalo a João Monlevade.

Existem pelo menos dois fácies principais de granitos mais recentes, sendo um gnáissico e outro quartzo-monzonito granítico. Alguns veios de pegmatito cortam estes granitos e, no granito de Itabira, além do quartzo, do feldspato e da muscovita, ocorrem também calcita e calcopirita.

Granitos de idade desconhecida, situados entre o rio Paraopeba e serra da Moeda, foram estudados por P.W. Guild (1957). São rochas de coloração clara, granulação média e com foliação gnáissica bem desenvolvida. Outros corpos de rochas granodioríticas de idade possivelmente pós-Minas, segundo D.Guimarães (1971) e P.W. Guild (op.cit.), ocorrem em batólitos, "stocks" e diques ao sul de Congonhas e a leste de Caeté.

2.4.3 - Rochas básicas e ultrabásicas

As rochas básicas e ultrabásicas são representadas predominantemente por serpentinitos e metagabro associado, talco-xistos, anfibolitos e metadiabásios, encontrando-se frequentemente meteorizadas em solo laterítico e saprólito.

A grande maioria dos serpentinitos origina-se de dunitos intrusivos nos xistos e filitos do Grupo Nova Lima, sendo aqueles de idade provavelmente pré-Minas. Os corpos

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

de metadiabásios ocorrem nos Super-Grupos Minas e Rio das Vèlhas e, também, em meio às rochas graníticas, geralmente acompanhando falhas e juntas.

2.4.4 - Sequência de xistos-verdes de idade incerta

Bordejando a serra do Caraça, na sua parte leste e se estendendo para norte, em direção a Santa Bárbara, esta sequência de idade duvidosa apresenta-se em associação com clorita-xistos e rochas máficas a ultramáficas intrusivas e extrusivas, além de intercalações locais de formação ferrífera, filitos, quartzitos e talco-xistos, constituindo uma unidade à parte dos conjuntos de rochas dos Super-Grupos Rio das Velhas e Minas e do Grupo Itacolomi.

2.4.5 - Super-Grupo Rio das Velhas

Esta sequência de rochas foi inicialmente situada como integrante da unidade Minas, por O.A. Derby, em 1906. Porém, uma marcante inconformidade reconhecida por G.A. Rynearson, J.B. Pomerene e J.V.N. Dorr (1954), tornou-se o principal fator de separação entre os Super-Grupos Rio das Velhas e Minas. Novos subsídios e conhecimentos mais acurados, foram introduzidos por trabalhos posteriores, permitindo a conceituação de unidades litoestratigráficas inferiores (Grupos). Assim é que a denominação Rio das Velhas foi proposta por J.V.N. Dorr et alii (1957), englobando as rochas metasedimentares e metavulcânicas mais antigas do Quadrilátero Ferrífero, divididas em dois Grupos: Nova Lima e Maquiné.

2.4.5.1 - Grupo Nova Lima

Considerado como sendo a base do Super-Grupo Rio das Velhas, é predominantemente constituído por filitos e

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

micaxistos, e em menor quantidade por intercalações de outras rochas metamórficas, como grauvacas, quartzitos, metaconglomerados, formações ferríferas, rochas metavulcânicas, xistos e filitos grafitosos, quartzo-anqueritos e dolomitos. Possui grande destaque econômico por encerrar importantes jazidas de ouro, como as de Raposos e Nova Lima (mina Morro Velho).

2.4.5.2 - Grupo Maquiné

Separado do Grupo Nova Lima por uma discordância angular, este grupo corresponde à parte superior do Super-Grupo Rio das Velhas. Foi dividido por J.V.N. Dorr II (1969) em duas Formações: Palmital e Casa Forte.

A Formação Palmital engloba filitos e quartzo-sericita-xistos, com intercalações de grauvaca, quartzito sericítico e metaconglomerado.

A Formação Casa Forte é composta de quartzitos, frequentes metaconglomerados, lentes de filito e zona de xistos e sub-grauvacas.

2.4.6 - Super-Grupo Minas

As rochas desta unidade formam uma sequência bastante espessa de metassedimentos, constituída de quartzitos, filitos, itabiritos, dolomitos, grauvacas e metavulcânicas.

A primeira definição do termo "Minas" para estas rochas é atribuída a O.A. Derby (1906) e somente em 1915, E.C. Harder e R.T. Chamberlin estabeleceram sua estratigrafia, quando definiram cinco formações distintas: O quartzito Caraça, o xisto Batatal, a formação ferrífera Itabira, a formação Piracicaba e o quartzito Itacolomi.

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

Posteriormente, J.V.N. Dorr II (1969) apresentou uma coluna estratigráfica onde definiu quatro Grupos distintos, baseando-se nos sedimentos clásticos e químicos: Tamanduá, Caraça, Itabira e Piracicaba.

A idade deste Super-Grupo, de acordo com J.V.N. Dorr II (op.cit.), situa-se no intervalo de 1000 a 1350 m.a., a partir de datações geocronológicas obtidas pelo método K/Ar.

Em alguns mapas geológicos apresentados neste trabalho (escala 1:50.000), os Grupos Itabira, Caraça e Piracicaba, principalmente o último aparecem parcialmente indiferenciados, ou seja, de acordo com o mapeamento realizado pelo programa USGS/DNPM, não foi possível estabelecer as devidas divisões estratigráficas, a nível de formações concernentes a cada grupo. Em parte, isto se deve à complexidade de como se apresentam as diversas litologias, em função do metamorfismo e do intenso tectonismo que afetaram certas regiões do Quadrilátero.

2.4.6.1 - Grupo Tamanduá

Seu posicionamento estratigráfico é muito controvertido, tendo sido considerado pós-Minas por E.G. Harder e R.T. Chamberlin (1915), O. Barbosa (1949) e D.Guimarães (1951). Posteriormente, surgiram novas idéias a respeito desta estratigrafia, quando P.W Guild (1957) colocou este grupo na base do Super-Grupo Minas. Finalmente, quando J.V.N. Dorr II (1969) estabeleceu uma coluna estratigráfica para todo o conjunto de rochas do Super-Grupo Minas, incluiu também o Grupo Tamanduá em sua base, definição esta que será adotada no presente estudo.

É constituído, segundo G.C Simmons e C.H Maxwell (1961), pela Formação Cambotas e mais outras três sem deno

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

minação própria. A Formação Cambotas compreende, em geral, quartzitos com intercalações de xistos e metaconglomerados, ocorrendo principalmente nas serras das Cambotas e do Caraça.

SIM As formações superiores a esta são predominantemente compostas por xistos quartzosos e argilosos, formações ferríferas e filitos dolomíticos.

SIM As rochas deste Grupo não apresentam idade conhecida, sabendo-se apenas que foram afetadas por intrusões graníticas de 500 m.a.

× 2.4.6.2 - Grupo Caraça

É constituído por rochas em geral clásticas e foi assim denominado devido à grande extensão dos quartzitos da serra do Caraça, que inicialmente foram incluídos neste Grupo por E.C. Harder e R.T. Chamberlin (1915). Em 1958, C.H. Maxwell e R.M. Wallace dividiram-no em duas formações: Moeda e Batatal.

SIM A Formação Moeda é composta essencialmente de quartzitos, metaconglomerados e quartzo-filitos, e responsável pelas partes escarpadas das serras recobertas pelas formações ferríferas, como é o caso da serra da Moeda, e da Rola-Moça, ~~etc.~~ entre outras.

SIM Os raros afloramentos da Formação Batatal exibem, em sua quase totalidade, filitos sericíticos, contendo filitos quartzosos localmente, às vezes grafitosos, com camadas lenticulares de formação ferrífera.

× 2.4.6.3 - Grupo Itabira.

SIM Representado por rochas predominantemente químicas, destaca-se no quadro geral do Quadrilátero Ferrífero

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

por conter formações ferríferas de relevante valor econômico.

Segundo J.V.N. Dorr (1958), o Grupo Itabira se divide em duas formações bem distintas, a saber: Cauê e Gandarela.

A Formação Cauê sobrepõe-se à Formação Batatal, em contato transicional, constituída predominantemente pela formação ferrífera de fácies óxido metamorfisado, composto pela alternância de lâminas de quartzo e hematita. Localmente ocorrem intercalações de itabirito dolomítico e de dolomitos puros. Quando não estão sobrepostos à Formação Batatal, as relações estruturais com as unidades mais antigas são marcadas por eventos tectônicos.

A Formação Gandarela compõe-se essencialmente de dolomitos e formação ferrífera subordinada, dolomítica ou silicosa, e filitos, deixando bem evidenciada a continuidade de deposição química que se iniciou na Formação Cauê. As rochas carbonáticas desta formação são principalmente dolomitos ou calcários dolomíticos, podendo também ocorrer calcários puros, mas em corpos menores. Sua distribuição areal se concentra preferencialmente na quadrícula de Gandarela e na região de Ouro Preto, além da serra do Curral e vale do rio Socorro.

2.4.6.4 - Grupo Piracicaba

Este Grupo compreende rochas que se sobrepõem discordantemente às do Grupo Itabira, predominando metassedimentos de natureza clástica, como quartzitos, filitos e grauvacas, e metavulcânicas. O nome Piracicaba foi adotado por J.V.N. Dorr et alii (1957) por incluir a maior parte da denominada Formação Piracicaba de E.C. Harder e R.T.

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

Chamberlin (1915).

As definições das formações correspondentes ao Grupo Piracicaba (Cercadinho, Fecho do Funil, Taboões, Barreiro e Sabará) são de J. B. Pomerene, J.E. Gair e G.C. Simmons (1958) e incluem algumas discordâncias erosionais locais.

SIM A Formação Cercadinho, estratigraficamente localizada na base do Grupo, constitui em geral de quartzito ferruginoso e filitos. A composição do quartzito ferruginoso é de quartzo e hematita, sendo que na parte inferior da camada, é localmente conglomerático.

A Formação Fecho do Funil compreende filitos, filitos dolomíticos, dolomitos e pouco quartzito. Por serem rochas facilmente desintegráveis pelo intemperismo, resulta uma maior raridade de exposições naturais e feições topográficas normalmente suaves. M.A. Dardenne e M.C. Campos Neto (1975) identificaram ocorrências de estromatólitos colunares nos dolomitos intercalados nos filitos dolomíticos desta formação.

SIM As rochas quartzíticas componentes da Formação Taboões apresentam duas características distintas, segundo o grau de decomposição: quando frescas, possuem granulação muito fina e são resistentes à erosão; quando decompostas, são friáveis e raramente afloram.

SIM O contato com a Formação Barreiro, sobreposta aos quartzitos Taboões, é concordante e geralmente de transição brusca. Aquela formação, composta quase que essencialmente de filitos grafitosos, assume, em determinados locais, a forma lenticular, sendo que o contato com a formação superior (Sabará) dá-se através de uma profunda discordância angular (J.E. Gair, 1958).

Mod. 002

NE 7830.0210.0343

Constituindo o topo do Grupo Piracicaba, a Formação Sabará compõe-se de filitos, xistos, grauvacas e, localmente, tufos metamorfisados, "chert" e formação ferrífera. Na área-tipo e nos locais com pronunciada variação do grau de metamorfismo, ocorrem quartzo-clorita-sericita-xisto, biotita-xisto e estaurolita-granada-xisto. O topo da formação nesta área, não é conhecido por estar em contato com rochas graníticas intrusivas. Este contato é geralmente paralelo ao "trend" da Formação, e o metamorfismo termal resultante da intrusão produziu a zona de estaurolita-granada-xisto na parte superior.

SIM

2.4.7 - Grupo Itacolomi

Recobre as rochas pertencentes ao Super-Grupo Minas em marcada discordância angular. Trata-se de uma sequência de quartzitos, metaconglomerados, filitos e raramente formação ferrífera.

SIM

Segundo levantamento realizado pela EFMOP, em 1973, provavelmente a deposição do Grupo seja de origem deltaica e geotectonicamente molássica, associada ao fechamento do geossinclinal. (EFMOP, 1973)

J.V.N. Dorr et alii (1957) discutiram a validade da teoria sobre o grande hiato deposicional entre o Super-Grupo Minas e o Grupo Itacolomi, explicando assim, a grande discordância entre ambos, denunciada pela presença de seixos e blocos de formação ferrífera oriundos do Super-Grupo Minas.

2.4.8 - Terciário/Quaternário

2.4.8.1 - Formação Fonseca

A bacia de Fonseca, de idade Terciária, está lo

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

calizada nas proximidades de Santa Rita Durão, na borda leste do Quadrilátero Ferrífero. Foi definida por C.H. Maxwell (1965) (In: Rel. Prel. Proj. Jequitinhonha-CPRM-1975) e engloba conglomerados polimíticos, siltito, argilito e linhito intercalado. Encontra-se encravada em terrenos gnáissicos, cobrindo uma área de aproximadamente 35 km^2.

2.4.~~8.~~2 - Coberturas superficiais detrito-lateríticas

Essencialmente compostos de solos lateríticos, canga e cascalhos fluviais em terraços, os depósitos superficiais distribuem-se de forma aleatória no Quadrilátero Ferrífero, sem evidenciarem controles estratigráficos e estruturais.

A canga, muito comum em áreas de rochas ferríferas, forma extensas coberturas com espessuras variáveis de poucos centímetros até mais de 10 metros. É altamente resistente à erosão e relativamente impermeável, chegando a apresentar de 50 a 60% de Fe, e compõe-se de fragmentos detríticos de hematita compacta e itabirito, além de outros fragmentos de rocha, consolidados por um cimento limonítico.

Os solos lateríticos apresentam-se como solos residuais ferruginosos, aluminosos e manganesíferos, ocorrendo "in situ" em vários locais do Quadrilátero. Resultam do intemperismo subtropical de rochas ígneas, dolomíticas e pelíticas, processo no qual a laterização dá-se pela quebra dos minerais argilosos, com lixiviação da sílica e a formação de sesquióxidos de alumínio e ferro.

Med. 002 NE 7530.0210.0343

2.4.8.3 - Sedimentos aluvionares recentes

Compreendem predominantemente depósitos aluvionares correspondentes a sedimentos areno-argilosos e cascalhos inconsolidados. Ocorrem sob a forma de faixas estreitas de extensão limitada, geralmente envolvendo as drenagens de maior expressão, como os rios das Velhas, Sòcorro, Piracicaba, etc.

2.5 - Metamorfismo

Supõe-se que tenham ocorrido pelo menos cinco eventos termais principais que afetaram diretamente as rochas do Quadrilátero Ferrífero. Todos os metamorfismos regionais enquadram-se no tipo "Barrowiano" de baixo grau, fácies xisto-verde. Por outro lado, nas proximidades das intrusões graníticas, com condições favoráveis à formação de fácies de alto grau, surgem as zonas de almandina-anfibolito e da estaurolita. O último evento termal, datado em cerca de 500 m.a., foi acompanhado pela formação de pegmatitos e provável retrometamorfismo de muitos minerais.

No domínio das rochas itabiríticas puras, o aumento do grau metamórfico provoca um aumento no tamanho dos grãos de quartzo e de hematita, e inclusive a passagem desta última para especularita. Já no itabirito dolomítico, além do aumento dos grãos da magnetita, hematita-especularita e do quartzo, ocorre o desaparecimento da dolomita, com a formação de tremolita-actinolita e diopsídio nas rochas de médio grau, e de piroxênio, andradita e cummingtonita-grünerita em rochas de alto grau.

As rochas carbonatadas não apresentam modificações sensíveis em sua paragênese mineralógica, diante de

um aumento do metamorfismo, embora se encontrem com granulação mais grosseira.

Os anfibolitos são encontrados em áreas onde o metamorfismo excedeu o fácies xisto-verde, sendo que a grande maioria parece ter se originado de rochas ígneas máficas metamorfisadas, embora possam ser também formados de rochas carbonáticas impuras alteradas. A associação mineralógica típica nestas rochas inclui hornblenda, almandina , quartzo e raramente biotita e actinolita.

No Super-Grupo Rio das Velhas, o Grupo Nova Lima é constituído por uma paragênese mineral que caracteriza um fácies de baixo grau metamórfico (xisto-verde). Não foi encontrada qualquer estrutura sedimentar primária, tendo em vista as obstruções pelo metamorfismo e por minerais recristalizados. Já o Grupo Maquiné, possivelmente foi submetido a um metamorfismo mais alto, pois a sua unidade superior é representada quase que exclusivamente por xisto granatífero.

2.6 - Geologia estrutural

A complexidade estrutural verificada no Quadrilátero Ferrífero, está bem evidenciada pelos diversos dobramentos (anticlinais e sinclinais) e por falhamentos normais e de empurrão. O diastrofismo responsável pelas principais estruturas a que foram submetidas as rochas do Super-Grupo Minas teve lugar logo após a deposição das litologias do Grupo Itacolomi, cujas camadas apresentam evidências tetônicas do mesmo estilo das rochas mais antigas.

A orientação das estruturas é bastante variável e em constante relação com o domo granítico de Itabirito, que parece ter surgido entre as sedimentações dos

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

Super-Grupos Rio das Velhas e Minas, quando ocorreu um intervalo diastrófico. Há evidências de terem ocorrido pelo menos duas a quatro orogenias, segundo J.V.N. Dorr II (1969). Em que pese a ciência do fato de que o Complexo de Bação (cerca de 2500 m.a) possa representar uma fase orogênica, ainda são carentes subsídios mais sólidos para explicar tal evento tectônico.

A discordância angular entre os Grupos Maquiné e Nova Lima denuncia a primeira fase de dobramentos no Quadrilátero. Por outro lado, constatou-se também que a discordância estrutural entre as rochas do Super-Grupo Minas e as mais antigas, é mais acentuada na parte ocidental do que nas partes oriental e central da área.

Após a deposição do Grupo Itacolomi, as rochas foram submetidas a intensos dobramentos e ações metamórficas e cortadas por um granito datado em 550 a.m. Esta rocha é provavelmente síncrona com o último estágio de dobramentos e falhamentos. O esforço extremo imposto sobre as rochas do Super-Grupo Minas e do pré-Minas durante esta orogenia, resultou na origem de expressivo lineamento, observado através da orientação dos minerais alongados, dos seixos de metaconglomerados, da formação de estruturas tabulares nas rochas estratificadas, da presença de estrutura de "boudinage" e do paralelismo dos eixos das dobras nas rochas.

A xistosidade está presente tanto nas rochas do Super-Grupo Minas quanto nas do Grupo Itacolomi e pré-Minas. No Super-Grupo Rio das Velhas, tem-se, porém, evidências de duas xistosidades, responsáveis pela destruição, em muitos locais, das estruturas primárias das rochas.

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

A clivagem e a xistosidade constituem as estruturas marcantes no Super-Grupo Minas, embora o acamadamento seja proeminente. Grande número de falhas normais afetaram parcialmente estas rochas, geralmente preenchidas por rochas básicas, as quais têm sido atribuídas aos estágios finais do metamorfismo.

Não foi observada nenhuma perturbação estrutural posterior ao fim do Mesozóico e início do Terciário na área do Quadrilátero. Acredita-se que ocorreu apenas um levantamento epirogênico, que teria provocado a formação de terraços e depósitos de cascalhos em altitudes elevadas.

2.7 - Mineralizações

2.7.1 - Ferro

O minério de ferro é o principal produto mineral da região, ocorrendo em grande escala, tanto em espessura quanto em extensão. É encontrado principalmente sob a forma de hematita compacta, hematita pulverulenta, especularita e itabiritos associados às formações ferríferas, destacando-se aquelas da Formação Cauê e mais escassamente as da Formação Gandarela, ambas pertencentes ao Grupo Itabira.

A origem das ocorrências de hematita de alto teor por substituição do quartzo do itabirito (J.V.N. Dorr, P.W. Guild e A.L. Barbosa, 1952; P.W. Guild, 1953) é metassomática e nem sempre completa, denunciada pela existência de pequenas quantidades remanescentes de quartzo, em algumas partes das massas de minério com alto conteúdo de hematita.

Dentre as principais jazidas de minério de ferro conhecidas no Quadrilátero Ferrífero, destacam-se as

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

jazidas pertencentes à MBR, CVRD, COSIM, FERTECO e SAMITRI.

Além dos jazimentos de ferro relacionados às formações ferríferas do Grupo Itabira, este elemento chega a possuir teores de 50 a 60% nas cangas constituídas essencialmente de fragmentos de itabirito, quartzo, hematita e diversas outras rochas, cimentados por limonita.

2.7.2 - Manganês

Atualmente em fase de exaustão, as jazidas de manganês ocorrem em quase toda a borda do Quadrilátero Ferrífero, geralmente relacionadas às formações ferríferas e aos calcários e/ou dolomitos.

Os minerais manganesíferos mais comumente encontrados no Quadrilátero são a criptomelana, polianita, psilomelana, pirolusita e manganita. J.V.N. Dorr et alii (1958), acreditam na origem secundária destes minerais e supõem que sejam derivados de rochas dolomíticas ricas em Mn. Geneticamente o manganês é sempre trazido em solução associado ao ferro, sendo precipitados seletivamente de acordo com a diferença de solubilidade de ambos.

Na formação Gandarela, o minério de manganês ocorre em saprólito de dolomitos, consistindo de óxido de manganês maciço com incrustações de hematita, cristais de quartzo e limonita. Este minério ocorre também sob a forma de nódulos, em zonas de cizalhamento nas camadas de dolomito.

Muitos depósitos pequenos de minério de manganês ocorrem em rochas clásticas, principalmente naquelas pertencentes ao Grupo Piracicaba, e a origem é atribuída

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

à infiltração do Mn em solução, numa rocha não originalmente manganesífera, ou à concentração supergênica do Mn contido em tufos e argilas.

2.7.3 - Ouro

Ocorre no Quadrilátero Ferrífero relacionado principalmente às litologias dos Super-Grupos Rio das Velhas e Minas, sob a forma de ouro livre, geralmente acompanhando sulfetos e sulfoarsenietos, ou na forma de "electrum", ocupando os vazios das redes cristalinas, além dos depósitos em tabuleiros e aluviões.

As principais áreas auríferas do Quadrilátero Ferrífero são as seguintes, sem ordem de importância: Gongo Soco - Gandarela; Caeté - Morro Vermelho; Nova Lima-Sabará; Santa Bárbara - Barão de Cocais; Congonhas - Ouro Branco; Ouro Preto - Passagem - Mariana - Antônio Pereira; Catas Altas - Santa Rita Durão.

Em Morro Velho, o ouro (prata e arsênio são subprodutos) está associado a sulfetos e é encontrado em camadas de quartzo-anquerita-dolomito do Grupo Nova Lima. Os corpos de minério apresentam-se extremamente irregulares, com zonas ricas em sulfetos e em geral associadas com dobramentos ou outras descontinuidades geológicas.

Na mina de Raposos, o ouro e sulfetos estão localizados numa "formação ferrífera" com siderita, e a mineralização associa-se a processos de substituição hidrotermal acompanhados da geração de veios de quartzo e carbonato. Esta mineralização pode estar relacionada com a intrusão pós-Minas de rochas graníticas.

Segundo E.Suszczynski (1977), os últimos estudos permitem admitir, entretanto, que o grande potencial

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

aurífero do Quadrilátero reside no Super-Grupo Minas, constituiria o "embasamento" por onde transgrediram e lixiviaram os mares que depositaram a unidade Minas.

De acordo com as características ambientais, podem ser individualizadas diferentes tipos de ocorrências auríferas: nas sequências quartzíticas e metaconglomeráticas regressivas (ambiente oxidante) tem-se ouro nativo; nas massas de quartzo hialino recristalizado, tem-se ouro livre; nas sequências transgressivas, de ambiente redutor, ocorre fixação nos fácies argilosos (ouro coloidal) e na base das sequências carbonáticas (ouro solúvel).

O ambiente propício para a pesquisa de ouro inclui, ainda, estruturas deltáicas de caráter regressivo, conglomeráticas, tratando-se, portanto, de um ambiente que reune condições especiais de concentração de ouro e pirita.

2.7.4 - Alumínio

Grandes reservas de lateritas aluminosas (bauxita) ocorrem ao longo de quase toda a borda do Quadrilátero Ferrífero, originárias da laterização que provocou a quebra dos minerais argilosos, com lixiviação da sílica e posterior enriquecimento em alumínio na superfície do terreno, ou próximo a esta.

O estudo geomorfológico da área evidencia a associação dos depósitos de bauxita com pediplanos meso-cenozóicos, e há também uma maior relação com o Grupo Itabira. Às rochas matrizes dos depósitos é conferida normalmente uma natureza básica a ultrabásica.

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

2.7.5 - Bário

A barita foi encontrada, embora escassamente, nos arredores de Ouro Preto, relacionada às rochas carbonáticas pertencentes ao Grupo Itabira (Super-Grupo Minas), ocorrendo geralmente em lente ou vênulas interestratificadas no calcário. Foi também encontrada na região de Antônio Pereira, onde chegou a ser lavrada em épocas remotas.

2.7.6 - Mercúrio

Inúmeros trabalhos foram editados sobre a ocorrência de cinábrio em Minas Gerais e, pelo que se pode constatar, as únicas referências importantes deste mineral dizem respeito a Dom Bosco, onde o cinábrio foi encontrado através de trabalhos de desmonte do minério de ferro. O mercúrio foi precipitado através de ação hidrotermal, trazido que foi pelas águas de origem profunda até a superfície, ou próximo a esta; sua precipitação deu-se em vazios e fendas mais reduzidas.

Os estudos realizados induzem a incidência de processos vulcânicos na formação desta ocorrência. Porém, próximo a Dom Bosco não se tem evidência de vulcanismo, apenas conhecendo-se a ocorrência de sulfetos em rochas calcárias do morro do Bule.

Há também referências sobre a ocorrência de cinábrio em Três Cruzes, aparecendo em veios de quatzo que cortam filitos.

A comparação da ocorrência de Dom Bosco com as demais conhecidas no mundo, estabelece uma diferença no que diz respeito às rochas nas quais o cinábrio é encon

trado, visto que todas as outras jazidas deste mineral encontram-se em formações mais recentes, do Siluriano ao Terciário.

2.7.7 - Antimônio

As principais ocorrências de antimônio encontram-se no morro do Bule próximo a Dom Bosco, onde ainda existem resquícios de antigos trabalhos mineradores, e na antiga mina de Pau Branco, situada na serra da Moeda nas proximidades da Lagoa Grande, em meio às rochas do Grupo Itabira. A presença de antimônio (serra da Moeda) foi registrada preenchendo fraturas irregulares e fendas, no itabirito friável e no filito. Ocorre também em massas amorfas capeando fragmentos e blocos de itabirito e hematita compacta, apresentando-se sob a forma de estibiconita.

O antimônio é ainda encontrado sob a forma de minerais oxidados encaixados em rochas itabiríticas e filíticas do Grupo Itabira, na região de Três Cruzes, próximo à estação de Tripuí, onde está presente a associação mineralógica cinábrio, lewisita, tripuíta e derbylita.

No morro do Bule, aparece a seguinte paragênese mineralógica: esfalerita, galena, pirita, arsenopirita, tetraedrita, jamesonita e estibinita. Além destes minerais primários, estão presentes alguns secundários, entre os quais, valentinita, estibiconita, lewisita, bindheimita etc. A mineralização está encaixada em dolomitos e filitos.

Em Miguel Burnier, na mina de manganês da Usina Wigg, foi encontrada ocorrência de atopita tendo como encaixante calcários dolomíticos, conforme E. Hussak (1905 e 1907) e H. Rose (1919).

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

Em Belo Horizonte, próximo à BR-040, no local denominado Olhos d'Água, está sendo lavrada importante jazida de antimônio encaixada em itabirito e dolomito da Formação Gandarela. Foi registrada a presença de minerais como estibiconita e valentinita junto a quartzo, limonita e argilo-minerais; ocorrem sob a forma de seixos e matações, ou mesmo em material eluvionar mais fino.

As mineralizações de antimônio geralmente atingem dois estágios: a - mineralização sulfetada em juntas e fraturas do dolomito; b - oxidação e concentração residual.

Outros jazimentos foram também constatados na Usina de Passagem, no morro da Glória e nas localidades denominadas Galo, Juca Vieira e Bico de Pedra.

Na mina de Passagem, morro da Glória e Galo, as mineralizações estão concordantes com dolomitos e itabiritos, enquanto nas demais as mineralizações se acham encravadas em cloritaxistos com ankerita.

A grande importância da presença do antimônio no campo da geoquímica, é seu funcionamento tanto como farejador do ouro, quanto indicador de mineralizações antimoníferas, além de sua associação com outros elementos metálicos.

2.7.8 - Arsênio

Sabe-se que as maiores ocorrências de arsênio no Quadrilátero Ferrífero estão ligadas às mineralizações de ouro, embora estejam também relacionadas com outros importantes elementos como Cu, Pb e Zn, a exemplo do que acontece no morro do Bule, bem como

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

nos depósitos de Passagem de Mariana. Em geral, o teor de arsênio nos depósitos como o de Passagem e semelhantes, varia amplamente. A arsenopirita e pirita arsenífera são os minerais de arsênio mais abundantes, estando suas ocorrências intimamente ligadas aos demais sulfetos, arsenietos e sulfoarsenietos, quase sempre com ouro. A arsenopirita foi também encontrada em Bico de Pedra, município de Ouro Preto, onde se relaciona com minério auro-curpo-antimonífero.

2.7.9 - Cobre, chumbo e zinco

De há muito tempo vêm sendo assinaladas ocorrências desses metais no Quadrilátero Ferrífero, sem, contudo, apresentarem qualquer expressão econômica.

O cobre assume um papel muito restrito no quadro mineralógico da área, por ser encontrado em quantidade reduzida, não sendo portanto economicamente explorável.

Algumas pequenas mineralizações de cobre são conhecidas na área, entre as quais a de Bico de Pedra, ocorrendo no minério auro-cupro-antimonífero (D. Guimarães, 1944), em meio a filitos sericíticos e clorita-xistos do Grupo Nova Lima. O mineral apresenta cor negra e é constituído de enxofre, antimônio, cobre e maganês, também ocorrendo no filito encaixante sob a forma de pontuações negras.

A paragênese mineral de Bico de Pedra engloba calcopirita, calcosina, tenantita, blenda, galena, covelita, pirrotita, molibdenita, pirita, arsenopirita, ouro "electrum", além de outros minerais. A faixa mineralizada apresenta uma espessura variável de 1 a 10 metros, sendo o teor de cobre variável, em torno de 0,05%, raramente ultrapassando 1%.

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

Outra ocorrência, sem grande interesse econômico encontra-se próximo à BR-040, no córrego do Eixo, no município de Itabirito, em delgados veios de quartzo com calcosita, em parte transformada em cuprita, malaquita, azurita e calcopirita, cortando dolomitos da Formação Fecho do Funil.

G.A. Rynearson, em 1958, estudando esta mineralização verificou a presença de pequenas lentes de mármore dentro de espessas camadas de filito dolomítico da Formação Fecho do Funil, onde também ocorre tetraedrita, estimando o teor de cobre como sendo maior que 1%.

No morro do Bule (Ouro Preto) tem-se ainda cobre sob a forma de um veieiro delgado em minérios complexos.

Há também referências da presença de cobre na mina de Morro Velho, em Nova Lima, sob a forma de cubanita. Este mineral, contudo, é relativamente raro e ocorre em drusas, juntamente ou incluso em carbonatos e quartzo.

O zinco está igualmente presente no depósito do morro do Bule, e pode ser observado principalmente sob a forma de blenda com outros sulfetos associados, preenchendo diáclases em dolomito de cor cinza. A estrutura da ocorrência já é conhecida desde 1930, quando F.P. Boanova fez estudos minuciosos da mesma e, através do exame dos minérais-minério, concluiu ser a blenda de uma geração posterior à estibinita. Ela forma veios reticulares na massa de minério de antimônio, constituído de estibinita, tenantita alterada, quartzo e dolomita. Houve, ainda segundo F.P. Boanova (op.cit.) uma superposição de mineralização na região do morro do Bule.

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

O dolomito foi recristalizado no contato, juntamente com os produtos de alteração, quando houve a formação de aragonita, fenômeno este precedido da deformação das rochas encaixantes, determinando fraturas e diaclasamentos.

Uma outra ocorrência de zinco foi também registrada em Bico de Pedra, ao sul de Rodrigo Silva, em veios contendo este metal em teores inferiores a 1%.

O chumbo ocorre tanto no morro do Bule, juntamente com o cobre e o zinco, como em Bico de Pedra, mas sempre em percentagens mínimas e sob a forma de tenantita, meneghimita e bindhemita, todos eles de antimônio e chumbo.

2.7.10 - Outras mineralizações

Além das mineralizações acima descritas, outras mais são encontradas em toda a área do Quadrilátero Ferrífero, porém, em virtude da sua desvinculação em relação aos elementos prospectados no presente trabalho, não são tecidas maiores considerações a seu respeito. Desta forma, existem jazidas e ocorrências de cianita, talco, agalmatolito, urânio, diversos garimpos de topázio etc, todas elas de real importância para a economia da região.

3 - TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM

3.1 - Generalidades

A metodologia adotada no levantamento regional, obedeceu a critérios pré-estabelecidos através dos testes realizados durante a geoquímica orientativa, com o objetivo de fixar a representatividade das amostras de sedimentos e solos, o entrelaçamento dos ambientes geoquímicos e dos elementos definidores e metais-traço, bem como estabelecer a presença de zonas significativamente anômalas. Os critérios na seleção dos pontos de amostragem incluiram também a obtenção de informações para a estimativa dos valores de "background" e limiares dos elementos analisados para as unidades litológicas distinguidas pela sua relevância dentro de um contexto metalogenético.

3.2 - Sedimentos de corrente

Na geoquímica piloto, desenvolvida numa área de 169 km^2, as amostras foram tomadas em 134 pontos de amostragem, com áreas de captação variáveis entre 0,02 e 43 km^2, totalizando 164 amostras coletadas, incluindo-se neste total 10 amostras duplicatas de campo e 20 réplicas de laboratório, para verificação dos erros de amostragem e analíticos, respectivamente. Assim, a densidade final foi de uma amostra para 1,03 km^2.

Parte das amostras foram coletadas na bacia do córrego Morro do Bule sob influência direta da mineralização do morro do Bule. Ao longo do córrego foram coletadas 15 amostras, ainda que em espaços não uniformes, de modo a permitir a identificação do comportamento e distribuição geoquímica dos elementos na bacia. A menor densidade de a

mostragem deu-se em drenagens relacionadas a tipos litológicos desprovidos de qualquer ocorrência mineral.

Na fase regional, a grande maioria das áreas de captação variaram de 0,5 a 30 km^2, numa área trabalhada de 1533 km^2, com um total de 876 amostras em 747 pontos (densidade igual a uma amostra para 1,75 km^2). Neste total encontram-se incluídas 43 duplicatas de campo e 86 réplicas de laboratório, para os estudos de análise de variância.

A amostragem realizada foi do tipo composta, onde cada amostra correspondeu à coleta de três a cinco porções de sedimento ativo, tomadas ao longo da calha das drenagens numa extensão de aproximadamente 20 metros. A coleta junto às margens foi sempre evitada, pois a presença de barrancos desmoronados poderia prejudicar os resultados normais, no sentido de mascará-los.

Em cada ponto amostrado foi coletado cerca de um litro de material, preferencialmente as frações granulométricas mais finas.

3.3 - Concentrados de minerais pesados

Tanto na fase orientativa, quanto na geoquímica regional, as áreas de captação para as amostras de bateia variaram, em sua maioria, de 5 a 30 km^2. Foram coletadas 25 amostras na geoquímica piloto e 97 na regional, resultando em uma densidade final de uma amostra para 12,5 km^2.

A programação da amostragem deste tipo de material previa, inicialmente, a coleta de 10 litros de material, segundo critérios já fixados para a geoquímica piloto, volume este reduzido para 5 litros, na fase regional,

Mod. 002

NE 7630.0210.0343

por ter sido constatada uma suficiência de minerais pesados.

O material foi retirado a cerca de 20 cm de profundidade, e, à semelhança do sedimento de corrente, de uma maneira composta, na calha da drenagem, em locais com a maior concentração possível de minerais pesados.

A amostragem incidiu mormente nas drenagens maiores (3ª e 4ª ordens), pois este procedimento apresenta boas possibilidades de complementar as informações obtidas pelos sedimentos.

3.4 - Seixos

As amostras de seixos (rolados) foram tomadas nas drenagens menores, em coincidência aos pontos rotineiramente programados para sedimentos de corrente.

Foram coletadas 87 amostras ao todo, sendo 16 da prospecção orientativa e 71 da regional.

Em cada ponto de amostragem foram selecionados, em média, 5 a 8 fragmentos, especialmente aqueles que apresentavam manchas de alterações, minerais de ferro, veios e/ou recristalizações de calcita, veios de quartzo, pirita, etc. Quanto à natureza dos materiais amostrados, tem-se , mais especificamente, uma predominância de seixos de filito e quartzito.

3.5 - Rochas

O total de 123 amostras de rocha corresponde a 50 da geoquímica piloto (inclusive as dos perfis) e 73 da fase regional.

Dentro do escopo do projeto, a amostragem de rocha foi esquematizada visando obter informações inerentes

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

às mineralizações e demais características litológicas, como ainda para um melhor controle dos dados de sedimentos de corrente e solos. Assim, a distribuição dos pontos de amostragem de rocha foi planejada de modo a que pudessem ser estabelecidas também as relações geoquímicas entre os meios amostrados.

Durante a geoquímica orientativa foram executados dois perfis de rocha, em pontos coincidentes com os de solo, nas regiões de Hargreaves (perfil A-B) e do morro do Bule (perfil C-D). Estes perfis foram realizados com a finalidade precípua de verificar a variação normal da abundância dos elementos nas diversas unidades litológicas, bem como estudar a mineralização de zinco e antimônio.

A amostragem foi também do tipo composta, para se obter uma maior representatividade, sendo os fragmentos de rocha colhidos sempre no sentido perpendicular à estratificação, de modo a diminuir a variação vertical de fácies.

3.6 - Solos

Foram coletadas 200 amostras de solo, sendo 125 no trabalho orientativo e 75 na geoquímica regional.

Na geoquímica orientativa foram executados dois perfis de solo, referidos anteriormente no item de rocha. O perfil C-D (morro do Bule) está relacionado à mineralização, com o intuito de acrescentar dados sobre a dispersão geoquímica dos elementos nas zonas mineralizadas; neste perfil, a amostragem deu-se em três profundidades, a saber : 0,00 a 0,20m, 0,30 a 0,50 m e 0,60 a 0,80m.

Diante das características do trabalho, a amostragem de solo (tal como a de rocha) constitui mais propriamente um subsídio para a interpretação dos dados relativos aos sedimentos, sem a pretensão de definir zonas geoquímicamente anômalas. A profundidade de 0,30 a 0,50m foi adotada na geoquímica regional por ser a mais adequada e bastante representativa da distribuição dos elementos no solo, conforme discutido no capítulo 5.5.4.

A amostragem, do tipo composta, foi executada colhendo-se o material em dois ou três pontos do horizonte B, correspondendo principalmente a elúvios.

4 - PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS E TÉCNICAS ANALÍTICAS

4.1 - Secagem e peneiramento

As amostras de sedimentos de corrente e solos foram secas em laboratório, utilizando-se estufas a uma temperatura em torno de 80°C; o tempo necessário para a secagem do material variou de poucas horas a alguns dias, dependendo do grau de umidade do material. Após esta primeira fase de preparação, seguiram-se os trabalhos de desagregação e peneiramento para se obter, através de sucessivos quarteamentos, alíquotas com cerca de 100 gramas.

Na geoquímica piloto, 30 amostras de sedimentos e 81 de solos foram utilizadas para testes de fração, a saber: +40; -40+80; -80+120 e -120 mesh. Após a realização dos testes granulométricos, referidos detalhadamente mais adiante, foram selecionadas as frações menor que 40 mesh dos sedimentos, e menor que 80 mesh dos solos; todos os materiais foram então pulverizados a 150 mesh, para aumentar os ataques químicos. Cabe salientar que estágios iniciais de preparação, inclusive a moagem, foram executados no laboratório da Superintendência Regional da CPRM em Belo Horizonte, visando assim, facilitar a execução das análises pelo Laboratório de Análises Minerais (LAMIN) da CPRM, no Rio de Janeiro.

No caso dos concentrados de bateia foi utilizado o bromofórmio para a separação da fração pesada, analisada de uma maneira integral na geoquímica piloto, enquanto que durante a fase regional foram utilizadas as frações não magnética e magnética.

4.2 - Métodos analíticos

4.2.1 - Espectrofotometria de absorção atômica

Foram realizadas análises para Cu, Pb, Zn, Ag, Sb, Fe e Mn por este método, sendo que com exceção do Au e do Sb, os demais elementos foram dosados após digestão de 1 g das amostras com ácido nítrico concentrado a quente, por duas horas; em seguida deu-se a diluição com água deionizada para um volume de 10 ml, homogeneização, centrifugação e análise num espectrofotômetro de absorção atômica PERKIN-ELMER 306, calibrado com padrões preparados em ácido nítrico 8 M.

A análise de ouro foi feita a partir de 10 g de amostra, calcinada a 700°C e digerida em solução de bromo a 0,5% em ácido bromídrico concentrado à quente, sendo o ouro extraído com metil-isobutil-cetona (MIBK). Após várias lavagens da camada orgânica com ácido bromídrico diluído e equilibrado com MIBK, o ouro foi dosado na solução utilizando-se espectrofotômetro calibrado com padrões de Au em mibk.

Para a análise do antimônio, utilizou-se uma fusão com piro-sulfato de potássio e sua extração deu-se em meio ácido, com metil-isobutil-cetona (MIBK) contendo óxido de tri-octil-fosfina (TOPO). A leitura foi feita num espectrofotômetro de absorção atômica PERKIN-ELMER 103 com chama de ar-acetileno calibrado com padrões adequados.

4.2.2 - Colorimetria

Somente foi utilizada para o As, tendo as amostras sofrido fusão com piro-sulfato de potássio, e a determinação foi realizada pelo método de Gutzeit com verifi

cação visual da cor amarela comparada aos padrões de arsênio em ppm.

Para a determinação do pH, as amostras de solos e sedimentos de corrente foram umidecidas com água até formar uma lama para a introdução dos eletrodos e leitura dos resultados.

4.3 - Laboratório e pessoal responsável

As amostras de sedimentos de corrente e solos foram preparadas no laboratório da CPRM em Belo Horizonte e posteriormente enviadas ao laboratório de Análises Minerais (LAMIN) no Rio de Janeiro.

As análises por absorção atômica e colorimetria estiveram a cargo das químicas CECILE STARK MAYER, CÉLIA MARIA TINOCO ARIDE, IVONETE PEDROSO ARRAES e MARISA DAMASCENO RAPOSO.

As determinações do pH foram realizadas pelo bioquímico JOSÉ MARIA DE GODOY e técnicas TEREZINHA MARIA DE JESUS, MARA ELIZABETH OLIVEIRA MUNHOZ, NADIA GOMES DE OLIVEIRA, LEILA APARECIDA SANTIAGO e SUELY MARÇAL PIRES, da Superintendência da CPRM em Belo Horizonte.

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

5 - AVALIAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

5.1 - Generalidades

Devido à maior rapidez, sensibilidade e reprodutibilidade dos métdos, as amostras coletadas durante as duas etapas de prospecção geoquímica (piloto e regional) foram analisadas por espectrofotometria de absorção atômica para os elementos Cu, Pb, Zn, Sb, Fe e Mn, por colorimetria para As e por eletrodo para pH. Exceção feita aos sedimentos de corrente, para os demais materiais ocorreram ainda determinações adicionais de Ag e Au por absorção atômica, diante das perspectivas de um razoável grau de detecção destes elementos. A medição potenciométrica do grau de acidez dos sedimentos, ao invés do pH da água, foi preferida face a eliminação de dificuldades operacionais.

Os resultados analíticos dos diversos elementos investigados foram fornecidos em partes por milhão (ppm), exclusive o Fe, cujos valores encontram-se expressos em percentagem. De um modo geral, o grau de detecção alcançado foi bom, só não possibilitando o aproveitamento sistemático das determinações para o elemento prata; com algumas restrições, o ouro pôde ser estudado através da fração não magnética dos concentrados de minerais pesados. Pelas boas informações que encerram sobre diversos aspectos geológico-geoquímicos, todos os demais elementos foram considerados para efeito de uma interpretação sistemática.

Todos os elementos apresentam distribuições censuradas e mesmo truncadas (arsênio e manganês), e os valores que não puderam ser definidos encontram-se acompanha

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

dos de qualificadores com o seguinte significado: L (teor abaixo do limite inferior de sensibilidade), N (não detectado), G (valor acima do limite superior de sensibilidade), H (resultado com interferência de ordem analítica) e I (quantidade insuficiente de material).

Como esses valores qualificados compunham por vezes, parcelas bastante significativas da massa de dados pertinentes a um ou mais elementos, foi realizada uma transformação dos referidos valores antes do tratamento estatístico; assim, quando precedidos das letras N, L e G, os resultados foram multiplicados por 0,25, 0,5 e 1,5, respectivamente.

A partir daí, foram abordados os diversos aspectos integrantes de um estudo normal de avaliação e interpretação de dados geoquímicos, a iniciar pela representatividade das amostras, qual seja, uma análise de variância pautada nas duplicatas de campo e réplicas de laboratório. Para a descrição das populações amostradas, foram aplicadas diversas técnicas estatísticas, o que permitiu, em decorrência, tratamentos mais apropriados das influências exercidas pelos diferentes ambientes geológicos e geoquímicos.

5.2 - Critérios de interpretação

No presente trabalho, as populações alvo são correspondentes às unidades geológicas, ao passo que os diversos tipos de materiais coletados (sedimento de corrente, concentrado de bateia, solo, rocha e seixo) representam as populações amostradas dentro daquelas. Desta forma, a tentativa de homogeneização das informações teve por base estes conceitos fundamentais, com a aplicação de

várias técnicas estatísticas na interpretação dos diferentes materiais.

As mudanças litológicas, tão frequentes na área do Quadrilátero Ferrífero, impuseram limites acentuadamente restritivos no alcance do tratamento estatístico e da interpretação geoquímica, levando à fixação das unidades geológicas (cerca de uma dúzia) como o principal fator para uma distinção mais adequada da proveniência dos sedimentos de corrente. Em função das citadas variações faciológicas, todavia, não raro os dados obtidos para os sedimentos constituem complexas misturas de grande parte das populações objetivadas, aspecto igualmente válido, com maior intensidade, para os concentrados de minerais pesados, pois que estes foram coletados em drenagens com bacias de captação mais amplas.

Nos mapas de amostragem geoquímica (escala 1:50.000) foi lançado um esboço geológico bastante razoável da área estudada, considerando as inúmeras particularidades litológico-estruturais do Quadrilátero Ferrífero. Nestes mesmos mapas encontram-se registrados todos os pontos de amostragem das duas etapas de desenvolvimento do projeto, com uma representação gráfica para cada tipo de material.

Com relação à estatística aplicada para avaliação dos dados relativos aos sedimentos de corrente, foram realizados testes de distribuição (Kolmogorov-Smirnov e Chi-Quadrado) bem como estimados os parâmetros descritivos da população amostrada de cada unidade geológica (população alvo). Contudo, parte destes parâmetros numéricos foi posteriormente preterida em favor de outros determina

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

dos graficamente, visto que a adoção de tal método permitia eliminar influências indesejáveis como as diluições provocadas pelo material quartzoso ("estéril"), ou melhorar as estimativas dos limiares geoquímicos dos diversos elementos, ao nível de 2.5% das respectivas distribuições, embora testes como de Kolmogorov-Smirnov indiquem, com notável assiduidade, haver uma tendência à log-normalidade no comportamento das variáveis analíticas.

À semelhança dos sedimentos de corrente, os parâmetros utilizados na classificação dos conteúdos obtidos em minerais pesados foram também calculados pelo método gráfico, ao passo que para os demais materiais (solo, rocha e seixos) não houve a necessidade de um estudo sistemático, obrigando apenas a uma avaliação empírica dos resultados.

Após essa fase inicial de avaliação dos dados, foi procedida a sua apresentação sob a forma de mapas de símbolos (escala 1:100.000) caracterizando os elementos químicos de acordo com as unidades geológicas (como Grupos e Formações) envolvidas, qual seja, do Complexo Basal ao Grupo Itacolomi, além de histogramas explanatórios das diversas distribuições. Já para os concentrados de bateia, foram preparados mapas de acordo com duas associações de elementos (Cu-Pb-Zn e Au-Sb-As), quando se esperava evidenciar maiores afinidades de comportamento. Cabe ressaltar que os histogramas constantes dos mapas de concentrados referem-se aos valores analíticos da fração magnética, se bem que alguns dos símbolos classificados nos mapas correspondem a determinações efetuadas na fração pesada total, pois em cerca de 25 amostras não houve processo de separação

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

magnética.

A interpretação da distribuição geoquímica dos elementos foi realizada no sentido de assegurar associações com comportamentos mais semelhantes, como os dos metais-traço Cu-Pb-Zn, abordados com maior ênfase devido às perspectivas de mineralizações sulfetadas. A associação constituída pelos elementos Sb e As tem conotação com a idéia de funcionarem como farejadores de depósitos sulfetados e auríferos, enquanto os elementos maiores Fe e Mn assumem uma grande importância apenas no trato do ambiente secundário.

Faz-se mister, ainda, o esclarecimento do sentido atribuído ao termo "anomalia", no presente estudo, que não existe num sentido estatístico, mas sim geoquímico e imbuído de aspectos objetivos (significantes) quando relacionado a mineralizações conhecidas, mas subjetivos no caso de descrever simples oscilações (intensidades) de valores situados numa faixa acima da de "background". Nos mapas geoquímicos (1:100.000) elaborados para os sedimentos e concentrados, as amostras definidas como anômalas foram numeradas e depois listadas em tabelas (20 e 21) contendo os teores de todos os elementos e o pH dos sedimentos;nestes mesmos mapas, foram conferidos símbolos para cada elemento, com tamanhos variáveis de acordo com a classificação segundo os parâmetros estatísticos.

5.3 - Avaliação estatística dos dados

5.3.1 - Análise de variância

A representatividade dos resultados da prospecção geoquímica foi estimada, em quase todos os seus níveis, através de um estudo de análise de variância, apli

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

cado com um modelo do tipo "one-way design", tanto no levantamento orientativo (piloto), quanto no regional, e prendeu-se apenas aos sedimentos de corrente, que levaram a uma maior cobertura da área proposta (ver tabelas 3 e 4).

No caso da geoquímica piloto, não foi possível estabelecer diferenças significantes entre as duas unidades geológicas testadas (Formação Gandarela e Grupo Piracicaba), situando-se nas drenagens a origem da maior parte da variabilidade. Para as duplicatas de campo e réplicas de laboratório foi verificada uma boa consistência dos dados, com uma marcante tendência dos erros analíticos conduzir ao esclarecimento também dos de amostragem. Atenção toda especial deve ser dispensada ao arsênio, cuja variabilidade analítica é bastante expressiva (41,6% do total), embora permita caracterizar diferenças significativas entre as drenagens amostradas; há que levar em consideração, ainda, o fato de que o limite inferior de detecção analítica deste elemento aproxima-se do valor médio encontrado em sedimentos. Assim, a variabilidade analítica do As afeta principalmente as amostras com valores mais baixos, em geral aqueles iguais ou inferiores a 40 ppm, e é responsável por grande parte da variabilidade total ou mesmo da existente entre as amostras duplicatas de campo.

Quanto ao estudo regional, a qualidade dos dados só ficou prejudicada no âmbito das Formações Gandarela e Cercadinho, e isto no tocante ao arsênio (pelos mesmos motivos acima expostos, quiçá de forma mais agravada) e ao pH, cuja análise fica diminuída pela pequena variabilidade total das determinações potenciométricas. Com rela

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

CPRM

TABELA 3

ANÁLISE DE VARIÂNCIA

SEDIMENTOS DE CORRENTE - LEVANTAMENTO REGIONAL

	ELEMENTOS	VARIÂNCIA TOTAL	VARIÂNCIA ENTRE LOCALIDADES	%	SIGN F.05	VARIÂNCIA DE AMOSTRAGEM	%	SIGN F.05	VARIÂNCIA ANALÍTICA	%	VARIÂNCIA AGRUPADA (SIGN)
LEVANTAMENTO REGIONAL (TOTAL)	Cu	0,1113986	0,0968680	87,0	SIM	0,0048011	4,3	SIM	0,0097295	8,7	
	Pb	0,1279983	0,1193400	93,2	SIM	0,0021865	1,7	SIM	0,0064718	5,1	
	Zn	0,0946393	0,0693830	73,3	SIM	0,0168220	17,8	SIM	0,0084343	8,9	
	Sb	0,2454953	0,2229400	90,8	SIM	0,0014583	0,6	NÃO	0,0210970	8,6	SIM
	As	0,0812219	0,0474130	58,4	SIM	0,0079029	9,7	SIM	0,0259060	31,9	
	Fe	0,0967597	0,0797380	82,4	SIM	0,0037057	3,8	SIM	0,0133160	13,8	
	Mn	0,3187601	0,2949700	92,5	SIM	0,0070651	2,2	SIM	0,0167250	5,3	
	pH	0,0014853	0,0008518	57,3	SIM	0,0003983	26,8	SIM	0,0002352	15,9	
GRUPO ITABIRA (FORMAÇÃO GANDARELA)	Cu	0,0301469	0,0262070	86,9	SIM	0,0005639	1,9	NÃO	0,0033760	11,2	SIM
	Pb	0,0260445	0,0196780	75,6	SIM	0,0011595	4,5	NÃO	0,0052070	19,9	SIM
	Zn	0,0425056	0,0373680	87,9	SIM	ZERO	0,0	NÃO	0,0051376	12,1	SIM
	Sb	0,1419040	0,1227100	86,5	SIM	ZERO	0,0	NÃO	0,0191940	13,5	SIM
	As	0,0362480	0,0135930	37,5	NÃO	0,0045310	12,5	NÃO	0,0181240	50,0	SIM
	Fe	0,0459649	0,0433810	94,4	SIM	0,0014100	3,1	SIM	0,0011739	2,5	
	Mn	0,1112525	0,1040300	93,5	SIM	ZERO	0,0	NÃO	0,0072225	6,5	SIM
	pH	0,0016305	0,0013677	83,9	SIM	0,0001493	9,2	SIM	0,0001135	6,9	
FORMAÇÃO CERCADINHO	Cu	0,1996820	0,1571500	83,7	SIM	0,0166540	8,3	SIM	0,0158780	8,0	
	Pb	0,1661719	0,1431300	86,1	SIM	0,0034269	2,1	NÃO	0,0196150	11,8	SIM
	Zn	0,1197470	0,0553160	46,2	SIM	0,0580370	48,5	SIM	0,0063940	5,3	
	Sb	0,2759677	0,2702000	97,9	SIM	0,0006255	0,2	NÃO	0,0051422	1,9	SIM
	As	0,0717400	ZERO	0,0	NÃO	0,0358700	50,0	SIM	0,0358700	50,0	
	Fe	0,0687537	0,0497110	72,3	SIM	0,0096851	14,1	SIM	0,0093576	13,6	
	Mn	0,3095149	0,2837100	91,7	SIM	0,0168340	5,4	SIM	0,0089709	2,9	
	pH	0,0022433	0,0006863	30,6	NÃO	0,0011830	52,7	SIM	0,0003740	16,7	
FORMAÇÃO FECHO DO FUNIL	Cu	0,1102050	0,1081100	98,1	SIM	0,0017822	1,6	SIM	0,0003128	0,3	
	Pb	0,2380096	0,2341000	98,4	SIM	0,0031963	1,3	SIM	0,0007133	0,3	
	Zn	0,0863582	0,0747680	86,6	SIM	0,0034792	4,0	NÃO	0,0081110	9,4	SIM
	Sb	0,2107050	0,1797400	85,3	SIM	0,0192710	9,1	SIM	0,0116940	5,6	
	As	0,1164190	0,0892340	76,6	SIM	ZERO	0,0	NÃO	0,0271850	23,4	SIM
	Fe	0,0646879	0,0623280	96,4	SIM	0,0013136	2,0	SIM	0,0010463	1,6	
	Mn	0,1457652	0,1406800	96,5	SIM	0,0042827	2,9	SIM	0,0008025	0,6	
	pH	0,0012896	0,0010967	85,0	SIM	0,0000434	3,4	NÃO	0,0001495	11,6	SIM
GRUPO PIRACICABA	Cu	0,1351530	0,1170200	86,6	SIM	0,0063190	4,7	SIM	0,0118140	8,7	
	Pb	0,1643490	0,1552400	94,5	SIM	0,0029899	1,8	SIM	0,0061191	3,7	
	Zn	0,1094782	0,0770630	70,4	SIM	0,0230710	21,1	SIM	0,0093442	8,5	
	Sb	0,2821164	0,2658900	94,2	SIM	0,0041329	1,5	NÃO	0,0120935	4,3	SIM
	As	0,0913966	0,0537530	58,8	SIM	0,0092036	10,1	SIM	0,028440	31,1	
	Fe	0,0842698	0,0622090	73,8	SIM	0,0045398	5,4	NÃO	0,017521	20,8	SIM
	Mn	0,2522903	0,2224600	88,2	SIM	0,0097613	3,9	SIM	0,0200690	7,9	
	pH	0,0013661	0,0006573	48,1	SIM	0,0004802	35,2	SIM	0,0002286	16,7	

TABELA 4

ANÁLISE DE VARIÂNCIA

SEDIMENTOS DE CORRENTE - LEVANTAMENTO ORIENTATIVO

ELEMENTOS	VARIÂNCIA TOTAL	ENTRE UNIDADES			ENTRE DRENAGENS			ENTRE AMOSTRAS			ENTRE ANÁLISES		VARIÂNCIA AGRUPADA (SIGN)
		VARIÂNCIA	%	SIGN	VARIÂNCIA	%	SIGN	VARIÂNCIA	%	SIGN	VARIÂNCIA	%	
Cu	0,1206784	0,0182720	15,1	NÃO	0,1002600	83,1	SIM	0,0015423	1,3	SIM	0,0006041	0,5	
Pb	0,0921165	ZERO	0,0	NÃO	0,0866980	94,1	SIM	0,0012882	1,4	NÃO	0,0041303	4,5	SIM
Zn	0,0864980	ZERO	0,0	NÃO	0,0834390	96,5	SIM	0,0017828	2,1	SIM	0,0012762	1,4	
Sb	0,1741544	ZERO	0,0	NÃO	0,1565100	89,9	SIM	0,0048584	2,8	NÃO	0,0127860	7,3	SIM
As	0,1597760	ZERO	0,0	NÃO	0,0933020	58,4	SIM	ZERO	0,0	NÃO	0,066474	41,6	SIM
Fe	0,0769200	0,0122490	15,9	NÃO	0,0635340	82,6	SIM	ZERO	0,0	NÃO	0,0011370	1,5	SIM
Mn	0,2385330	0,0947190	39,7	NÃO	0,1327700	55,7	SIM	ZERO	0,0	NÃO	0,0110440	4,6	SIM
pH	0,0010615	0,0010615	0,0	NÃO	0,0009478	89,3	SIM	0,0000468	4,4	SIM	0,0000670	6,3	

ção aos demais elementos, a representatividade ficou assegurada diante da evidência de que a variância é introduzida principalmente através de fatores naturais, qual seja, diferenças existentes entre os sítios de amostragem, justificando a confecção dos respectivos mapas geoquímicos. Os erros de amostragem e analíticos são particularmente diminutos e desprezíveis no caso dos elementos Cu, Pb Sb e Mn, chamando a atenção, por último, os erros de amostragem para o Zn e de análise para Fe, mais por simples comentário quanto a uma aparente escala nos resultados do que por constituirem alguma forma de problema para a interpretação.

5.3.2 - Sumários das estatísticas

Diversas tabelas (5 a 9) resumem os principais parâmetros estimados para as amostras de sedimentos de corrente, concentrados de minerais pesados, solos, rochas e seixos; esses parâmetros são resultantes do processamento eletrônico a que foram submetidos os dados do projeto, e cabe aqui esclarecer o significado conferido a cada uma das parcelas constituintes dos sumários:

a) intervalo de variação: especifica os valores mínimo e máximo atingidos por cada elemento analisado;

b) teste de distribuição: verifica a validade da hipótese de uma distribuição log-normal dos elementos, mediante a aplicação das estatísticas de Kolmogorov-Smirnov (K-S) e do Chi-Quadrado (X^2), a última das quais é mais rígida;

c) médias aritmética ($\bar{X}$) e geométrica (G): teor ou valor médio correspondente ao "background" e adotado como estimador de tendência central diante das suposi

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

CPRM

TABELA 5 - SUMÁRIO DAS ESTATÍSTICAS

SEIXOS

PARÂMETRO	ELEMENTO (ppm)	ÁREA TOTAL (N=87)	
TESTES DE DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL K - S 5% 1% | X^2 5% 1%	Cu - AA		
	Pb - AA		
	Zn - AA		
	Sb - AA		
	As - Col		
	Fe - AA%		
	Mn - AA		
VARIAÇÃO MIN - MAX	Cu - AA	L (3) - 290	
	Pb - AA	N (3) - 30	
	Zn - AA	L (3) - 340	
	Sb - AA	N (1) - 45	
	As - Col	L (10) - 450	
	Fe - AA%	0,30 - G (10)	
	Mn - AA	40 - G (10000)	
$\bar{X}$ - S	Cu - AA	31,5	64,8
	Pb - AA	4,9	4,7
	Zn - AA	38,1	71,0
	Sb - AA	3,2	5,9
	As - Col	13,1	14,2
	Fe - AA%	6,13	7,18
	Mn - AA	2029,7	5832,2
G - DG	Cu - AA	13,2	3,796
	Pb - AA	3,6	2,263
	Zn - AA	17,4	3,543
	Sb - AA	1,4	3,557
	As - Col	8,8	2,457
	Fe - AA%	3,94	2,580
	Mn - AA	613,2	4,791
LIMIAR GRÁFICO - GRAU DE DETECÇÃO (%)	Cu - AA	-	88
	Pb - AA	-	95
	Zn - AA	-	94
	Sb - AA	-	87
	As - Col	-	42
	Fe - AA%	-	74
	Mn - AA	-	93
ASSIMETRIA - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	Cu - AA	0,155	0,517
	Pb - AA	0,231	0,645
	Zn - AA	0,111	0,443
	Sb - AA	0,464	3,548
	As - Col	1,998	0,414
	Fe - AA%	-0,156	0,691
	Mn - AA	0,405	0,244

K-S (Teste de KOLMOGOROV-SMIRNOV)
X^2 (Teste CHI-QUADRADO)
L, MeG ( ) Valor qualificado
(Ver texto sobre definições e estatística)

ACEITA — REJEITADA

$\bar{X}$ - Média aritmética
S - Desvio aritmético
G - Média geométrica
DG - Desvio geométrico

TABELA 6 - SUMÁRIO DAS ESTATÍSTICAS

CONCENTRADO DE MINERAIS PESADOS

PARÂMETRO	ELEMENTO (ppm)	ÁREA PILOTO (N=25)		ÁREA REGIONAL (N=97) FRAÇÃO MAGNÉTICA		ÁREA REGIONAL (N=97) FRAÇÃO NÃO MAGNÉTICA	
TESTES DE DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL (K - S 5% 1% | X^2 5% 1%)	Cu - AA						
	Pb - AA						
	Zn - AA						
	Au - AA						
	Sb - AA						
	As - Col						
	Fe - AA%						
	Mn - AA						
VARIAÇÃO MIN - MAX	Cu - AA	6,0 - 110		L (3) - 50		L (3) - 210	
	Pb - AA	7,0 - 85		L (3) - 65		N (3) - 230	
	Zn - AA	18,0 - 140		8 - 160		8,0 - 300	
	Au - AA	- - -		0,01 - 0,7		N (0,05) - 31	
	Sb - AA	1,0 - 85		N (1) - 700		N (1) - 430	
	As - Col	L (10) - 80		L (10) - 120		L (10) - G (300)	
	Fe - AA%	8,20 G (10)		G (10)		3,1 - G (10)	
	Mn - AA	340 - G (10000)		100 - G (10000)		180 - G (10000)	
$\bar{X}$ - S	Cu - AA	38,2	31,6	10,6	11,6	28,7	42,9
	Pb - AA	19,7	12,1	12,1	12,4	19,3	29,7
	Zn - AA	53,0	31,1	28,6	20,2	33,9	30,6
	Au - AA	-	-	0,02	0,01	0,3	1,4
	Sb - AA	15,5	21,4	3,3	6,6	12,5	37,6
	As - Col	12,8	11,8	15,6	18,0	18,0	22,5
	Fe - AA%	13,46	2,97	15,0	0,0	10,62	4,55
	Mn - AA	8012,8	12251,7	1824,8	2982,9	2344,20	2451,7
G - DG	Cu - AA	29,3	2,108	7,1	2,464	15,7	3,031
	Pb - AA	16,8	1,783	8,4	2,357	10,3	3,092
	Zn - AA	45,8	1,744	23,3	1,902	25,1	2,186
	Au - AA	-	-	0,02	1,738	0,04	7,054
	Sb - AA	8,6	3,057	1,4	3,705	3,6	4,930
	As - Col	9,4	2,267	10,1	2,553	11,1	2,686
	Fe - AA%	13,16	1,244	G (1)	-	9,77	1,509
	Mn - AA	4083,3	3,321	930,8	3,223	1610,7	2,393
LIMIAR GRÁFICO - GRAU DE DETECÇÃO (%)	Cu - AA	104,8	96	-	87	104,8	96
	Pb - AA	88,6	96	-	92	88,6	99
	Zn - AA	121,2	96	-	99	121,2	93
	Au - AA	6,81	0	-	17	6,81	34
	Sb - AA	66,8	96	-	87	66,8	93
	As - Cel	86,2	52	-	51	86,2	55
	Fe - AA%	-	96	-	0	-	57
	Mn - AA	-	92	-	94	-	95
ASSIMETRIA - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	Cu - AA	-0,103	0,221	0,058	0,460	0,129	0,403
	Pb - AA	0,601	0,205	-0,067	0,402	0,293	0,484
	Zn - AA	0,329	0,145	0,622	0,204	0,703	0,243
	Au - AA	-	-	4,301	-0,132	1,418	-0,618
	Sb - AA	0,167	0,518	1,355	3,637	0,635	1,241
	As - Col	0,264	0,366	1,262	0,405	1,246	0,410
	Fe - AA%	-1,056	0,085	-	-	-0,347	0,181
	Mn - AA	-0,938	0,144	0,566	0,171	0,119	0,118

K - S (Teste de KOLMOGOROV-SMIRNOV)
X^2 (Teste CHI-QUADRADO)
L, N ou G ( ) Valor qualificado
(Ver texto sobre definições e estatística)

ACEITA — REJEITADA

$\bar{X}$ - Média aritmética
S - Desvio aritmético
G - Média geométrica
DG - Desvio geométrico

CPRM

TABELA 7 - SUMÁRIO DAS ESTATÍSTICAS

ROCHAS

PARÂMETRO	ELEMENTO (ppm)	ÁREA TOTAL (N=122)		FORMAÇÃO GANDARELA (N=37)		FORMAÇÃO CERCADINHO (N=19)		FORMAÇÃO SABARÁ (N=18)	
TESTES DE DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL K - S | X^2 5% 1%	Cu - AA								
	Pb - AA								
	Zn - AA								
	Sb - AA								
	As - Col								
	Fe - AA%								
	Mn - AA								
VARIAÇÃO MIN - MAX	Cu - AA	N (3) - 180		L (3) - 65		N (3) - 55		3 - 75	
	Pb - AA	N (3) - 50		L (3) - 35		N (3) - 12		L (3) - 50	
	Zn - AA	L (3) - 310		L (3) - 110		L (3) - 70		8 - 310	
	Sb - AA	N (1) - 35		N (1) - 35		N (1) - 20		N (1) - 7	
	As - Col	L (10) - 240		L (10) - 160		L (10) - 40		L (10) - 60	
	Fe - AA%	0,10 - G (10)		0,20 - G (10)		0,30 - 6,40		1,70 - G (10)	
	Mn - AA	L (3) - G (10000)		8 - G (10000)		20 - 2800		45 - G (10000)	
X - S	Cu - AA	23,7	56,8	13,3	19,2	7,9	12,2	33,9	39,8
	Pb - AA	6,1	6,9	6,5	6,6	3,1	2,4	7,7	7,2
	Zn - AA	37,2	78,0	19,1	25,9	19,1	26,6	93,0	12,14
	Sb - AA	3,1	6,4	4,5	12,7	1,8	2,5	1,2	1,4
	As - Col	13,1	14,4	16,4	20,2	7,5	4,6	8,6	6,1
	Fe - AA%	4,79	7,75	6,61	10,77	2,30	1,76	4,59	2,73
	Mn - AA	2454,1	11072,7	6653,7	28741,8	703,1	1052,3	2484,6	4899,1
G - DG	Cu - AA	8,7	4,158	7,2	3,080	3,9	3,462	21,1	2,761
	Pb - AA	3,9	2,548	4,5	2,401	2,2	2,151	5,6	2,309
	Zn - AA	15,5	3,795	11,1	2,937	10,2	3,180	53,2	3,012
	Sb - AA	1,3	3,767	1,2	5,250	1,1	3,194	0,8	2,702
	As - Col	8,6	2,479	10,1	2,735	6,4	1,779	6,9	1,949
	Fe - AA%	2,47	3,181	3,26	3,373	1,82	2,032	3,95	1,765
	Mn - AA	462,3	6,341	1103,5	7,249	357,8	3,366	930,6	4,385
LIMIAR GRÁFICO - GRAU DE DETECÇÃO (%)	Cu - AA	-	97	-	89	-	95	-	94
	Pb - AA	-	98	-	70	-	90	-	83
	Zn - AA	-	88	-	92	-	84	-	94
	Sb - AA	-	84	-	73	-	79	-	72
	As - Col	-	39	-	48	-	21	-	28
	Fe - AA%	-	85	-	67	-	95	-	89
	Mn - AA	-	93	-	84	-	95	-	89
ASSIMETRIA - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	Cu - AA	0,127	0,658	0,487	0,568	0,681	0,910	-0,376	0,333
	Pb - AA	0,415	0,691	0,130	0,584	0,728	0,975	0,366	0,486
	Zn - AA	-0,046	0,487	0,114	0,450	-0,285	0,497	-0,340	0,277
	Sb - AA	0,652	5,088	0,638	8,015	0,871	-36,557	0,462	-3,907
	As - Col	1,914	0,421	1,410	0,435	2,049	0,309	2,028	0,344
	Fe - AA%	-0,400	1,276	-0,121	1,027	-0,573	1,185	0,357	0,413
	Mn - AA	-0,205	0,301	-0,773	0,283	-0,763	0,206	0,140	0,216

K - S (Teste de KOLMOGOROV-SMIRNOV)
X^2 (Teste CHI-QUADRADO)
L,NouG ( ) Valor qualificado
(Ver texto sobre definições e estatística)

ACEITA — REJEITADA

$\bar{x}$ - Média aritmética
S - Desvio aritmético
G - Média geométrica
DG - Desvio geométrico

CPRM

TABELA 8 - SUMÁRIO DAS ESTATÍSTICAS

SOLOS

PARÂMETRO	ELEMENTO (ppm)	ÁREA TOTAL (N=83)		FORMAÇÃO SABARÁ (N=25)		PERFIL HARGREAVES (N=35)	
TESTES DE DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL K - S (5% 1%) | X^2 (5% 1%)	Cu - AA						
	Pb - AA						
	Zn - AA						
	Sb - AA						
	As - Col						
	Fe - AA%						
	Mn - AA						
VARIAÇÃO MIN - MAX	Cu - AA	L (3) - 90		8 - 65		N (3) - 100	
	Pb - AA	L (3) - 35		4 - 35		L (3) - 29	
	Zn - AA	L (3) - 230		10 - 120		L (3) - 95	
	Sb - AA	N (1) - 35		N (1) - 6		L (1) - 20	
	As - Col	L (10) - 120		L (10) - 80		L (10) - 80	
	Fe - AA%	2,20 - G (10)		2,20 - G (10)		L (1) - G (10)	
	Mn - AA	8 - G (10000)		60 - 3000		55 - G (10000)	
$\bar{X}$ - S	Cu - AA	29,2	28,5	32,9	15,7	50,0	44,2
	Pb - AA	11,2	8,1	12,6	5,7	10,3	7,0
	Zn - AA	28,9	26,2	29,6	16,2	38,0	28,3
	Sb - AA	2,7	3,6	1,8	2,1	5,9	5,5
	As - Col	12,4	11,7	11,4	11,2	17,8	14,2
	Fe - AA%	8,03	4,71	5,36	2,20	12,86	9,20
	Mn - AA	1583,0	4037,7	677,6	773,1	14369,7	32384,8
G - DG	Cu - AA	20,8	2,292	29,7	1,585	37,2	2,190
	Pb - AA	9,1	1,934	11,5	1,548	8,5	1,879
	Zn - AA	21,3	2,197	26,1	1,686	30,3	1,976
	Sb - AA	1,6	2,811	1,1	2,708	4,3	2,254
	As - Col	9,1	2,243	8,0	2,377	13,9	2,057
	Fe - AA%	6,93	1,729	4,97	1,491	10,44	1,930
	Mn - AA	538,4	4,424	434,1	2,642	5118,4	4,385
LIMIAR GRÁFICO - GRAU DE DETECÇÃO (%)	Cu - AA	—	96	—	96	—	97
	Pb - AA	—	95	—	96	—	97
	Zn - AA	—	98	—	96	—	97
	Sb - AA	—	98	—	92	—	86
	As - Col	—	47	—	32	—	86
	Fe - AA%	—	70	—	92	—	17
	Mn - AA	—	94	—	96	—	37
ASSIMETRIA - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	Cu - AA	-1,103	0,273	-0,856	0,136	-3,462	0,217
	Pb - AA	-0,777	0,300	0,228	0,179	-0,529	0,295
	Zn - AA	-0,395	0,257	0,913	0,160	-2,228	0,200
	Sb - AA	0,632	2,180	0,254	9,420	-0,642	0,557
	As - Col	1,379	0,367	1,699	0,416	0,588	0,274
	Fe - AA%	0,061	0,283	0,292	0,249	-3,493	0,280
	Mn - AA	0,027	0,236	-0,270	0,160	-1,200	0,173

K - S (Teste de KOLMOGOROV-SMIRNOV)
X^2 (Teste CHI-QUADRADO)
L, N ou G ( ) Valor qualificado
(Ver texto sobre definições e estatística)

ACEITA — REJEITADA

$\bar{X}$ - Média aritmética
S - Desvio aritmético
G - Média geométrica
DG - Desvio geométrico

TABELA 9 _ Sumário das estatísticas _ Sedimento de corrente

PARÂMETRO	VARIÁVEL	ÁREA PILOTO (N=130)		ÁREA REGIONAL (N=857)		COMPLEXO BASAL (N=55)		SUPER-GRUPO RIO DAS VELHAS (N=98)		SUPER-GRUPO MINAS (N=712)		GRUPO CARAÇÁ (N=52)		GRUPO ITABIRA (N=177)		FORMAÇÃO CAUÊ (N=22)		FORMAÇÃO GANDARELA (N=138)		GRUPO PIRACICABA (N=486)		FORMAÇÃO CERCADINHO (N=9)		FORMAÇÃO FECHO DO FUNIL (N=65)		FORMAÇÃO SABARÁ (N=156)		GRUPO ITACOLOMI (N=16)	
TESTES DE DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL K - S 5% 1% | χ^2 5% 1%	Cu - AA																												
	Pb - AA																												
	Zn - AA																												
	Sb - AA																												
	As - Col																												
	Fe - AA%																												
	Mn - AA																												
	pH																												
VARIAÇÃO MIN - MÁX	Cu - AA	N (3)	120	N (3)	130	L (3)	45	L (3)	120	N (3)	130	N (3)	70	L (3)	100	5	70	L (3)	100	N (3)	130	L (3)	130	N (3)	130	N (3)	110	N (3)	40
	Pb - AA	L (3)	160	N (3)	160	L (3)	40	N (3)	60	N (3)	160	N (3)	65	N (3)	160	L (3)	20	N (3)	160	N (3)	55	N (3)	20	N (3)	35	N (3)	55	N (3)	23
	Zn - AA	N (3)	140	N (3)	320	3	45	L (3)	110	N (3)	320	N (3)	130	L (3)	100	4	70	L (3)	100	N (3)	320	L (3)	95	L (3)	320	N (3)	150	N (3)	40
	Sb - AA	N (1)	160	N (1)	200	N (1)	80	N (1)	90	N (1)	200	N (1)	200	N (1)	160	L (1)	30	N (1)	160	N (1)	60	N (1)	40	N (1)	15	N (1)	40	N (1)	12
	As - Col	L (10)	80	L (10)	G (300)	L (10)	120	L (10)	120	L (10)	G (300)	L (10)	80	L (10)	G (300)	L (10)	240	L (10)	G (300)	L (10)	160	L (10)	160	L (10)	40	L (10)	60	L (10)	40
	Fe - AA%	0,2	G (10)	0,05	G (10)	0,8	G (10)	0,6	G (10)	0,05	G (10)	0,05	G (10)	0,4	G (10)	3,0	G (10)	0,4	G (10)	0,1	G (10)	0,7	G (10)	1,0	G (10)	0,1	G (10)	0,6	6,4
	Mn - AA	10	G (10000)	6	G (10000)	45	G (10000)	24	G (10000)	6	G (10000)	6	G (10000)	29	G (10000)	150	10000	75	G (10000)	8	G (10000)	90	G (10000)	35	G (10000)	8	G (10000)	26	3000
	pH			4,1	7,8	5,4	7,1	5,2	7,8	4,1	7,8	4,6	6,7	4,4	7,6	5,0	7,5	2,4	7,6	4,1	7,8	4,6	7,7	2,2	7,6	4,1	7,8	5,4	7,4
$\bar{X}$ - S	Cu - AA	32,1	49,8	23,1	27,0	14,0	12,6	29,5	26,9	22,6	25,3	14,0	21,2	16,2	15,6	18,2	14,0	16,5	15,1	25,8	27,7	20,6	22,1	29,7	31,8	23,8	24,8	10,7	13,9
	Pb - AA	11,2	12,2	9,7	10,1	11,5	7,7	10,9	11,9	9,2	9,5	8,7	11,1	8,9	9,9	7,3	6,0	9,5	10,4	9,4	9,2	7,5	7,1	9,5	9,1	9,4	9,7	7,3	8,7
	Zn - AA	38,9	50,3	27,4	28,7	16,9	12,0	30,6	31,2	27,5	27,4	16,8	25,2	23,8	20,2	19,9	16,4	25,1	18,9	29,9	29,4	22,8	20,4	32,4	32,8	29,8	29,8	13,9	16,1
	Sb - AA	8,4	17,6	3,9	7,1	2,2	4,5	7,5	14,9	3,8	7,5	7,8	18,9	4,4	7,9	6,0	7,2	2,5	8,4	3,1	4,6	2,6	3,6	3,4	4,2	1,7	1,9	2,6	2,3
	As - Col	10,9	8,8	11,6	10,1	10,7	9,2	20,4	21,2	11,2	11,6	13,4	12,6	15,3	18,7	26,1	36,2	13,8	14,2	9,5	6,8	10,9	9,4	10,3	7,4	7,4	3,9	9,9	6,1
	Fe - AA%	4,39	4,86	6,63	6,78	4,70	3,85	6,98	5,91	7,07	8,58	8,71	19,80	11,03	9,71	11,2	6,6	11,0	10,0	5,5	5,0	6,88	6,23	6,40	4,93	4,88	4,77	2,59	2,32
	Mn - AA	3813,9	12191,9	2397,4	6332,7	806,2	1532,2	806,2	1390,1	2652,6	6100,26	865,5	2948,6	4897,2	10037,8	2044,2	2902,6	5116,8	7564,3	2054,0	3951,5	2841,9	5072,5	1832,8	3178,6	1789,9	3698,8	998,0	1855,6
	pH			6,3	0,6	6,4	0,4	6,3	0,5	6,3	0,6	5,9	0,6	6,4	0,7	6,4	0,7	6,4	0,7	6,3	0,6	6,3	0,5	6,3	0,6	6,2	0,5	6,5	0,4
G - DG	Cu - AA	17,1	3,089	15,0	2,536	10,4	2,191	21,8	2,194	15,0	2,519	7,5	3,128	11,6	2,284	14,3	2,035	12,1	2,199	17,6	2,404	14,0	2,421	20,1	2,448	16,4	2,379	6,0	3,058
	Pb - AA	7,5	2,447	6,7	2,369	9,6	1,847	7,3	2,456	6,4	2,359	5,3	2,755	5,9	2,465	5,6	2,117	5,4	2,443	6,7	2,270	5,4	2,242	6,8	2,286	6,5	2,168	4,4	2,846
	Zn - AA	23,6	2,733	18,9	2,371	13,8	1,909	21,4	2,351	19,2	2,363	9,1	3,097	18,1	2,102	15,3	2,116	20,1	1,961	21,3	2,281	16,9	2,171	22,6	2,358	20,9	2,318	8,6	2,768
	Sb - AA	3,5	3,797	1,9	3,376	0,9	3,954	3,3	3,674	1,9	3,204	2,7	4,416	2,1	3,482	3,7	2,782	2,1	3,509	1,7	2,953	1,5	2,846	2,1	2,696	1,1	2,469	1,9	2,257
	As - Col	8,5	2,038	8,7	2,128	8,1	2,126	14,1	2,384	8,3	2,094	9,6	2,268	10,0	2,474	14,4	3,099	9,5	2,366	7,7	1,910	8,2	2,126	8,4	1,913	6,5	1,656	8,4	1,810
	Fe - AA%	2,93	2,473	4,55	2,401	3,6	2,075	5,32	2,105	4,77	2,491	3,2	4,225	8,3	2,306	9,6	1,752	5,1	2,190	4,1	2,176	5,1	2,185	5,05	1,999	3,47	2,285	1,85	2,301
	Mn - AA	1061,2	5,021	838,8	4,267	354,5	3,681	394,2	3,343	1021,2	4,146	202,2	5,726	2109,6	3,666	1102,7	3,165	2231,5	2,987	940,8	3,497	1357,3	3,403	926,8	3,344	760,6	3,729	393,1	4,251
	pH			6,3	1,098	6,4	1,058	6,30	1,087	6,3	1,103	5,9	1,102	6,3	1,122	6,3	1,112	6,4	1,115	6,3	1,094	6,3	1,096	6,3	1,103	6,2	1,094	6,0	1,077
LIMIAR GRÁFICO - GRAU DE DETECÇÃO (%)	Cu - AA	96,1	91	67,5	95	42,8	96	63,9	99	–	95	57,6	80	54,7	95	64,7	100	55,4	96	73,7	96	57,9	95	59,9	98	54,5	99	38,2	69
	Pb - AA	49,9	90	33,6	86	33,9	98	32,8	88	–	85	36,6	79	32,1	82	27,3	86	29,9	85	30,8	87	22,2	82	21,6	86	23,8	98	25,5	69
	Zn - AA	111,4	95	80,8	98	40,8	100	71,6	99	–	97	71,1	82	79,9	98	66,2	100	72,0	99	84,4	98	83,5	99	96,7	98	84,0	99	37,3	94
	Sb - AA	40,5	86	29,5	75	16,7	43	39,9	85	–	76	29,6	80	28,2	78	19,9	91	30,2	94	13,7	76	10,6	74	11,1	82	5,5	91	4,4	81
	As - Col	59,6	46	67,2	47	55,9	38	74,5	71	–	45	72,5	48	75,2	55	159,9	73	77,6	53	53,7	41	63,1	44	41,5	48	26,5	28	34,5	56
	Fe - AA%	12,42	94	30,20	82	12,07	91	22,75	89	–	80	41,54	77	25,83	50	17,91	45	21,9	49	14,27	90	26,14	86	22,07	83	13,07	90	5,42	100
	Mn - AA	19733,3	95	16105,8	96	6541,5	98	4486,1	99	–	96	4536,2	98	18092,6	92	9194,3	100	23326,2	88	3850,7	97	14251,9	95	6847,3	97	7612,4	97	14212,8	100
	pH		100	7,59	100		100		100	–	100		100		100		100	8,14	100		100		100		100	7,13	100		100
ASSIMETRIA - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	Cu - AA	-0,814	0,397	-0,659	0,344	-0,318	0,335	-0,670	0,255	–	0,342	-0,136	0,568	-0,256	0,337	0,606	0,267	-0,181	0,316	-0,858	0,306	-0,350	0,335	-0,998	0,298	-1,183	0,310	0,008	0,620
	Pb - AA	0,296	0,443	-0,354	0,455	-0,197	0,272	-0,312	0,451	–	0,462	-0,002	0,608	0,106	0,508	-0,311	0,436	-0,116	0,480	-0,528	0,430	-0,619	0,476	-0,553	0,431	-0,499	0,461	0,046	0,702
	Zn - AA	-1,100	0,318	-0,711	0,294	-0,034	0,247	-0,810	0,279	–	0,291	-0,356	0,513	-0,652	0,257	0,233	0,275	-0,606	0,225	-0,649	0,270	-0,267	0,274	-0,239	0,275	-1,123	0,276	-0,535	0,472
	Sb - AA	0,252	1,068	0,507	1,953	1,377	-9,995	0,136	1,093	–	1,891	0,612	1,491	0,593	1,682	0,149	0,787	0,579	1,733	0,353	1,994	0,209	2,472	-0,293	1,321	0,329	6,753	-0,099	1,225
	As - Col	1,329	0,333	1,531	0,349	1,535	0,360	0,295	0,329	–	0,349	0,935	0,362	1,744	0,393	1,128	0,424	1,314	0,382	1,847	0,317	1,946	0,358	0,945	0,304	2,284	0,269	1,045	0,279
	Fe - AA%	-0,667	0,842	-0,707	0,578	0,368	0,567	-0,123	0,445	–	0,584	-0,750	1,237	-1,324	0,395	-0,730	0,247	-1,382	0,374	-0,631	0,554	-0,570	0,481	-0,171	0,427	-0,801	0,663	0,335	1,353
	Mn - AA	-0,677	0,232	-0,330	0,216	0,745	0,222	0,179	0,202	–	0,205	0,087	0,329	-0,924	0,170	0,079	0,164	-0,716	0,138	-0,360	0,183	-0,010	0,170	-0,470	0,177	-0,394	0,198	-0,422	0,242
	pH			-0,701	0,051	-0,700	0,030	-0,285	0,046	–	0,053	-0,954	0,055	-0,671	0,063	-0,500	0,057	-0,529	0,059	-0,755	0,049	-0,428	0,050	-0,397	0,053	-1,157	0,049	0,807	0,041

K - S (Teste de KOLMOGOROV-SMIRNOV)
χ^2 (Teste CHI-QUADRADO)
L,NouG ( ) Valor qualificado
(Ver texto sobre definições e estatística)

ACEITA . REJEITADA

$\bar{X}$ - Média aritmética
S - Desvio aritmético
G - Média geométrica
DG - Desvio geométrico

ções de um comportamento normal ou log-normal respectivamente. No presente trabalho, as médias geométricas foram calculadas graficamente ao nível de 50% da distribuição, pelo que se identificam com a mediana;

d) desvio padrão (S) e desvio geométrico (DG): medida do coeficiente de dispersão em torno da média correspondente, servindo para efeito de cálculo de estimadores, como o limiar, bem como para classificar os valores das diversas variáveis em termos de afastamentos em relação à média;

e) limiar ou "threshold": valor referente ao produto da média geométrica (G) pelo quadrado do desvio geométrico (DG), ou da soma da média aritmética ($\overline{X}$) mais duas vezes o desvio padrão (S). Conforme salientado anteriormente, preferiu-se a resolução gráfica, ao nível de 2,5% da distribuição, assumida como log-normal; e realizada para sedimentos e concentrados;

f) coeficiente de variação: foi computado a partir da média e desvio geométricos, ilustrando, portanto, a relatividade nas oscilações das observações;

g) grau de detecção: refere-se ao número de valores definidos em relação ao total dos valores analisados quimicamente para determinada variável, sendo expresso em percentagem.

5.3.3 - Matrizes de correlação

Os coeficientes de correlação constantes das matrizes das tabelas 10 a 19 estabelecem medidas bastante rigorosas da interdependência existente entre cada par de variáveis analíticas consideradas, indicando relações fun

CPRM

TABELA 10

MATRIZ DE CORRELAÇÃO - SEDIMENTO DE CORRENTE

COMPLEXO BASAL

	Cu-AA	Pb-AA	Zn-AA	Sb-AA	As-COL	Fe-AA	Mn-AA
Cu	1,000	0,005	0,638	0,064	0,349	0,224	0,501
Pb		1,000	0,209	0,101	-0,029	-0,131	-0,006
Zn			1,000	0,055	0,273	0,031	0,333
Sb				1,000	0,350	0,454	0,393
As					1,000	0,600	0,768
Fe						1,000	0,559
Mn							1,000

TABELA 11

MATRIZ DE CORRELAÇÃO - SEDIMENTO DE CORRENTE

SUPER-GRUPO RIO DAS VELHAS

	Cu-AA	Pb-AA	Zn-AA	Sb-AA	As-COL	Fe-AA	Mn-AA
Cu	1,000	0,298	0,646	0,323	0,171	0,132	0,011
Pb		1,000	0,351	0,555	0,322	0,421	0,337
Zn			1,000	0,128	0,186	0,168	0,038
Sb				1,000	0,349	0,204	0,271
As					1,000	0,135	-0,019
Fe						1,000	0,295
Mn							1,000

CPRM

TABELA 12

MATRIZ DE CORRELAÇÃO - SEDIMENTO DE CORRENTE

GRUPO CARAÇA

	Cu-AA	Pb-AA	Zn-AA	Sb-AA	As-COL	Fe-AA	Mn-AA
Cu	1,000	0,332	0,719	0,338	0,271	0,285	0,212
Pb		1,000	0,120	0,421	0,474	-0,013	0,087
Zn			1,000	0,003	-0,039	0,119	0,164
Sb				1,000	0,441	0,068	0,054
As					1,000	0,122	0,075
Fe						1,000	0,252
Mn							1,000

TABELA 13

MATRIZ DE CORRELAÇÃO - SEDIMENTO DE CORRENTE

GRUPO ITABIRA

	Cu-AA	Pb-AA	Zn-AA	Sb-AA	As-COL	Fe-AA	Mn-AA
Cu	1,000	0,423	0,754	0,298	0,152	-0,077	0,346
Pb		1,000	0,604	0,812	0,086	0,032	0,076
Zn			1,000	0,397	0,142	0,112	0,384
Sb				1,000	0,122	-0,182	0,058
As					1,000	0,043	0,129
Fe						1,000	0,138
Mn							1,000

CPRM

TABELA 14

MATRIZ DE CORRELAÇÃO - SEDIMENTO DE CORRENTE

GRUPO PIRACICABA

	Cu-AA	Pb-AA	Zn-AA	Sb-AA	As-COL	Fe-AA	Mn-AA
Cu	1,000	0,415	0,592	0,140	0,089	0,143	0,144
Pb		1,000	0,329	0,200	0,099	0,292	0,087
Zn			1,000	0,101	0,036	0,157	0,296
Sb				1,000	0,292	-0,004	0,106
As					1,000	0,175	0,019
Fe						1,000	0,421
Mn							1,000

TABELA 15

MATRIZ DE CORRELAÇÃO - SEDIMENTO DE CORRENTE

GRUPO ITACOLOMI

	Cu-AA	Pb-AA	Zn-AA	Sb-AA	As-COL	Fe-AA	Mn-AA
Cu	1,000	0,688	0,887	-0,175	0,094	0,694	0,140
Pb		1,000	0,588	0,430	0,092	0,812	0,472
Zn			1,000	-0,058	0,396	0,696	0,215
Sb				1,000	0,153	0,418	0,728
As					1,000	0,327	0,247
Fe						1,000	0,621
Mn							1,000

TABELA 16

MATRIZ DE CORRELAÇÃO - CONCENTRADO DE MINERAIS PESADOS

FRAÇÃO NÃO MAGNÉTICA

	Cu-AA	Pb-AA	Zn-AA	Au-AA	Sb-AA	As-COL	Fe-AA	Mn-AA
Cu	1,000	0,609	0,927	-0,089	0,137	0,107	0,212	0,234
Pb		1,000	0,544	-0,062	0,127	0,083	0,088	0,162
Zn			1,000	-0,080	0,060	0,100	0,197	0,265
Au				1,000	0,045	0,214	-0,173	-0,068
Sb					1,000	0,127	0,149	0,013
As						1,000	-0,073	-0,008
Fe							1,000	0,326
Mn								1,000

TABELA 17

MATRIZ DE CORRELAÇÃO - SEIXOS

	Cu-AA	Pb-AA	Zn-AA	Sb-AA	As-COL	Fe-AA	Mn-AA
Cu	1,000	0,339	0,753	-0,092	0,150	0,020	0,628
Pb		1,000	0,283	-0,063	0,037	0,195	-0,011
Zn			1,000	-0,074	0,123	0,120	0,731
Sb				1,000	0,232	-0,067	-0,130
As					1,000	0,254	-0,059
Fe						1,000	0,150
Mn							1,000

CPRM

TABELA 18

MATRIZ DE CORRELAÇÃO - SOLOS

	Cu-AA	Pb-AA	Zn-AA	Sb-AA	As-COL	Fe-AA	Mn-AA
Cu	1,000	0,359	0,568	0,048	0,090	-0,195	-0,006
Pb		1,000	0,320	0,245	0,241	-0,127	0,098
Zn			1,000	0,058	0,065	-0,060	0,072
Sb				1,000	0,191	0,232	0,308
As					1,000	0,152	0,317
Fe						1,000	0,413
Mn							1,000

TABELA 19

MATRIZ DE CORRELAÇÃO - ROCHAS

	Cu-AA	Pb-AA	Zn-AA	Sb-AA	As-COL	Fe-AA	Mn-AA
Cu	1,000	0,224	0,568	0,215	0,129	0,325	0,034
Pb		1,000	0,119	0,264	0,298	0,078	0,045
Zn			1,000	-0,026	0,062	0,319	0,069
Sb				1,000	0,320	0,077	-0,041
As					1,000	0,051	-0,108
Fe						1,000	0,293
Mn							1,000

cionais diretas, inversas, ou mesmo uma completa independência.

Uma associação toda especial, visto que se dá em todos os materiais e unidades, é a dos elementos calcófilos Cu e Zn, normalmente traduzida por coeficientes positivos moderados a altos, ao passo que a correlação de Pb com os referidos metais só assume uma certa importância nos sedimentos de corrente coletados no domínio dos Grupos Itabira e Itacolomi, além dos concentrados de bateia (fração não magnética). De certa forma, esses coeficientes estatísticos resumem também aspectos de distribuição do Pb constantemente percebidos na interrelação geoquímica com os elementos Cu e Zn.

Os elementos maiores Fe e Mn não exibem correlações marcantes com os metais-traço, a não ser nos seixos, onde há uma boa associação do Mn com o Cu e o Zn, denotando a probabilidade de processos de captura na configuração de, pelo menos, razoáveis parcelas da distribuição desses últimos. No quadro geral do ambiente secundário, esta tendência a um comportamento independente entre elementos secundários e metais-traço, reflete com mais propriedade o fato de que as análises de Fe e Mn acusam normalmente o conteúdo total, que carece de um vínculo mais estreito com os fenômenos de captura ("scavenging"), e é óbvio que os óxidos cristalinos desses metais não exercem influências sistemáticas sobre os metais-traço.

5.3.4 - Histogramas

Os histogramas contidos nos mapas geoquímicos confeccionados para os sedimentos de corrente e concentrados de minerais pesados, fornecem uma idéia sobre quantas

vezes se repetem determinados intervalos de valores, bem como exibem a interrelação entre distribuição de cada elemento e os parâmetros estatísticos utilizados na classificação dos resultados.

Os intervalos de classe dos histogramas foram definidos de acordo com a regra de Sturges, e o número de observações (frequência percentual, no eixo das ordenadas) em cada intervalo corresponde ao verificado nas tabelas derivadas do processamento eletrônico, ao passo que as unidades analíticas (ppm ou %) foram lançadas no eixo das abscissas.

Nos mapas geoquímicos preparados para os sedimentos, os histogramas representam as grandes unidades litológicas, a nível de grupo, e nos de concentrados de bateia, os resultados são pertinentes à fração não magnética.

5.3.5 - Gráficos de probabilidade

A necessidade de uma estimativa mais acurada de parâmetros estatísticos tão largamente utilizados na classificação de dados geoquímicos, como é o caso da média e desvio geométricos, conduziu ao aproveitamento sistemático das curvas de frequência acumulada, em substituição aos cálculos numéricos. A metodologia relacionada à avaliação de dados estatísticos a partir de gráficos de probabilidade, encontra fundamento em inúmeras obras a respeito do assunto, com destaque para a de C. Lepeltier (1969).

Assim, os parâmetros descritivos dos sedimentos de corrente e concentrados de bateia, lançados junto aos respectivos histogramas, foram estimados ao nível de 50%

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

(G = média geométrica ou "background"), 16% ou 84% (serve para computar o desvio geométrico - DG - e classificar os valores segundo G. DG) e 2,5% (limiar ou G. DG^2) da distribuição das populações amostradas em questão.

5.4 - Testes granulométricos

Os testes granulométricos aplicados a amostras de solos e sedimentos de corrente, constituiram um dos principais escopos do levantamento geoquímico e orientativo, visando a continuidade do projeto através da fase regional. As análises químicas foram efetuadas em materiais de quatro frações granulométricas: +40; -40+80; -80+120 e -120 mesh, e estenderam-se também às três profundidades de solos do perfil C-D (morro do Bule).

Nos sedimentos de corrente da região de Dom Bosco, ao sul do Complexo Bação, são relativamente frequentes altos contrastes na fração +40 mesh, mas essas intensidades na abundância dos elementos estão relacionadas, na maior parte das vezes, aos processos de captura dos metais-traço objetivados pelos nódulos e concreções de óxidos secundários e hidróxidos de Fe e Mn. Como as frações mais finas não se mostram tão expostas a esta forma de influência do ambiente secundário, pois há uma quase que sistemática diminuição no conteúdo dos elementos maiores, em paralelo à consequente inclusão das parcelas argilosas e fenômenos hidromórficos correlatos, optou-se pela adoção da fração -40 mesh dos sedimentos. Deste modo, reuniu-se ainda as vantagens de detectar tanto dispersões clásticas como hidromórficas, além do fato que as frações mais finas apresentam melhores contrastes para os elementos Cu, Pb e Sb, na zona mineralizada, e sempre encerram

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

menores quantidades de minerais de ferro.

O perfil de solo do morro do Bule, discutido detalhadamente no ítem 5.5.4, permitiu a seleção de uma profundidade superior a 0,30m (por exemplo, 0,30 a 0,50m) e a indicação para uma utilização da fração granulométrica inferior a 80 mesh, pois os melhores contrastes para os metais Pb, Sb, Au, Zn e Ag foram percebidos nestas condições.

5.5 - Distribuição geoquímica dos elementos

5.5.1 - Sedimentos de corrente

5.5.1.1 - Cobre, chumbo e zinco

A apreciação dos dados relativos a estes metais permite estabelecer um comportamento semelhante para os elementos cobre e zinco, cujas variações de teores nos sedimentos de corrente da área caracterizam-se por uma vinculação às diferentes unidades geológicas. Assim é que aquelas amostras tomadas sobre os Grupos Itacolomi e Caraça, de pronunciada composição quartzítica, exibem oscilações nos conteúdos de cobre e zinco bastante semelhantes entre si e variáveis normalmente de 3 a 20 ppm. A faixa de "background" destes metais eleva-se sutilmente para 5 a 25 ppm (cobre) e 8 a 35 ppm (zinco) no domínio do Grupo Itabira e das rochas gnáissico-migmatíticas do Complexo Basal. Todavia, é nos Grupos Nova Lima e Piracicaba que se verificam as concentrações médias mais altas, passíveis de serem resumidas num intervalo de 10 a 40 ppm para ambos os elementos considerados.

Com relação ao chumbo, há uma notável constância das faixas de "background", que exibem variações de 3 a

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

13 ppm para quase todas as unidades amostradas, com um ligeiro aumento, sem um maior significado, sobre o Complexo Basal e o Grupo Nova Lima.

É evidente que estes dados geoquímicos encerram misturas populacionais em graus diversos, mas que, contudo, não puderam ser adequadamente trabalhadas, no sentido de diminuí-las, quando não eliminá-las. O maior entrave para a implantação de um procedimento mais correto na avaliação dos dados de sedimentos reside na complexidade geológica do Quadrilátero Ferrífero, pelas suas sucessões litológicas bruscas e extremamente frequentes. Dentre as principais influências, salienta-se o fato de que uma boa parte das amostras exibem conteúdos metálicos razoavelmente diluídos por contribuições quartzosas "estéreis" (ou desprovidas de metais), e estas frações trazem implicações diversas, sobretudo no tratamento estatístico. Em contrapartida, no domínio dos quartzitos é admitida a presença, por vezes bastante expressiva, de frações argilosas originárias de zonas filíticas, feldspáticas, etc.

Alguns dos principais aspectos relacionados à distribuição geoquímica dos elementos nesta população amostrada, são definidos pelos testes granulométricos a que foi submetida uma parte dos sedimentos de corrente da região de Dom Bosco, ao sul do Complexo de Bação. Especial atenção deve ser dada ao fato de que o estudo ora exposto refere-se a frações das amostras, o que praticamente exclui ingerências de caráter litológico, bem como não se encontram envolvidos os sítios de amostragem ligados à mineralização sulfetada do morro do Bule. Mediante a comparação das 4 frações analisadas e tomando por base os valores médios obtidos para a fração granulométrica equiva

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

lente ao intervalo compreendido entre 80 e 120 mesh, que apresenta os menores conteúdos dos elementos analisados (vide a figura em anexo), tem-se uma perfeita correspondência nas variações de teores. O confronto com a fração mais fina (-120 mesh) comporta acréscimos gerais em torno de 40%, fenômeno que pode ser explicado pela introdução por floculação de material ferro-manganesífero em estado coloidal, obviamente participante da fração argilosa, e, em maior ou menor escala, pelos demais processos hidromórficos. Em relação à fração mais grosseira (+40 mesh) os

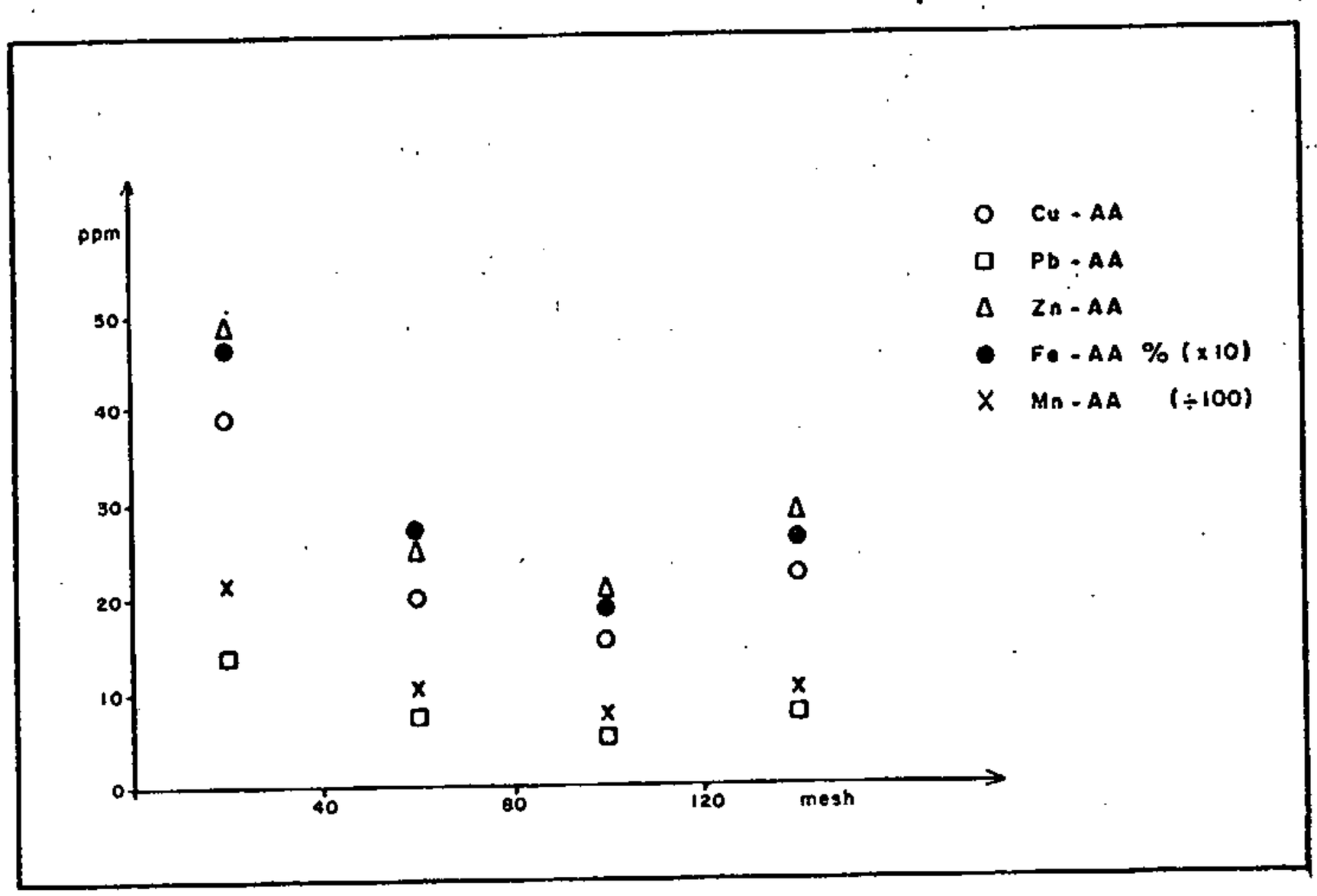


Figura 1 - Abundância dos elementos em diferentes frações granulométricas - média de 24 amostras do levantamento orientativo não relacionadas à mineralização do morro do Bule.

aumentos nos teores médios são igualmente generalizados e próximos a 150%, evidenciando com suficiente clareza a

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

interrelação dos metais-traço com os elementos maiores, através da coprecipitação no ambiente secundário. Outros tipos de enriquecimento, como quelação e adsorção por argilo-minerais, não são admissíveis na fração +40mesh e, diante da inexistência de uma dispersão clástica expressiva na área, conforme demonstrado pelos resultados fornecidos pelos concentrados de minerais pesados, cujas frações magnética e não magnética informam também sobre um baixo conteúdo de metais-traço nos óxidos cristalinos, deduz-se uma participação marcante de fenômenos de captura("scavenging") na fixação dos elementos menores no ambiente secundário. A figura 1 ilustra com precisão essa correlação positiva entre os metais e os elementos definidores, à medida que se realiza a partição das amostras.

Portanto, a correlação dos elementos Fe e Mn para com os metais-traço é particularmente evidente e destacada quando se estuda as variações entre as diferentes frações componentes de cada amostra. Contudo, os coeficientes de correlação computados para as amostras (fração -40 mesh) de cada uma das unidades geológicas, não evidenciaram uma dependência tão marcante; em muitos casos observa-se, inclusive, um comportamento típico de variáveis independentes (vide matrizes de correlação, no item 5.3.3) e, à exceção dos dados do Grupo Itacolomi, aliás sem uma maior expressão devido ao pequeno número de amostras, só em alguns raros casos tem-se coeficientes moderados. Diversos fatores tendem a explicar comportamento tão díspar, entre os quais alinham-se os teores variáveis de hidróxidos e óxidos secundários (amorfos) de Fe e Mn, por sua vez com graus igualmente variáveis de cristalinidade, além da quantidade de argila, areia e mudanças litológicas. A implica-

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

ção maior dessa característica reside na necessidade de submeter as zonas anômalas definidas até o presente estágio de prospecção, a testes específicos que indiquem a forma e importância geo-econômica da dispersão geoquímica predominante em cada uma das referidas zonas.

Outras particularidades do comportamento geoquímico dos elementos em questão podem ser visualizadas nos perfis dos sedimentos de corrente do córrego morro do Bule, em anexo, preparados para as frações +40 e -40 mesh.

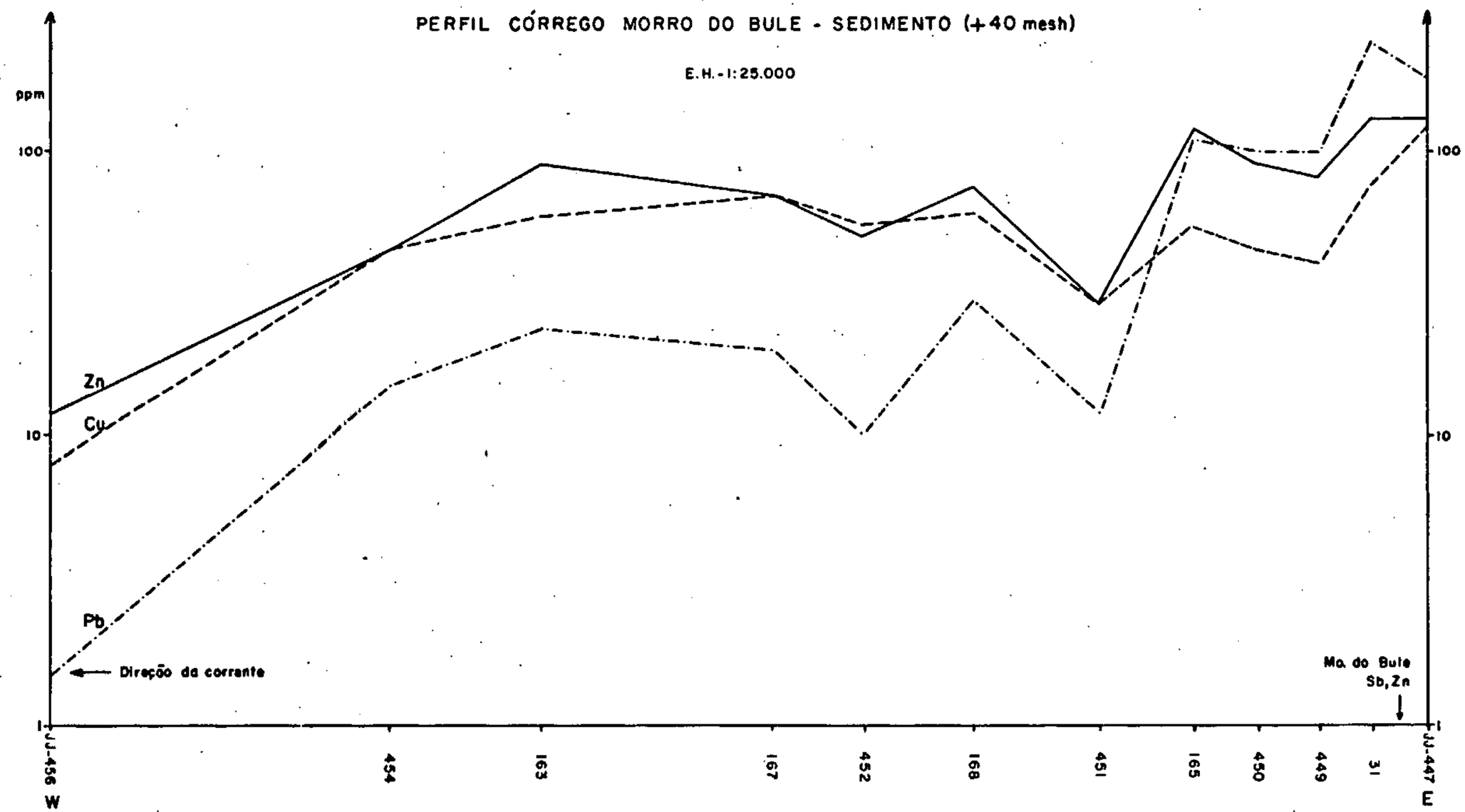
Na fração mais grosseira, o chumbo identifica a mineralização com um halo anômalo até uma distância de 1 km da fonte, com boa distinção entre dispersão clástica e fenômenos de captura, que só ocorrem à juzante; o valor anômalo (180 ppm) observado à montante da ocorrência do morro do Bule indica a possibilidade de outra mineralização sulfetada, em nível estratigraficamente inferior à já conhecida, ou a existência de um halo mais amplo, embora de baixa intensidade. Quanto ao zinco, a coprecipitação parece ser o processo determinante dos níveis de concentração, em especial nos sedimentos coletados bem à juzante da ocorrência; na zona mineralizada tem-se uma dispersão clástica pouco significante, mas condizente com a potência apenas discreta da mineralização. A distribuição do cobre nos sedimentos marca a zona mineralizada, mas não a ocorrência, e, mais à juzante, o processo de captura pelos minerais secundários dos elementos maiores constitui-se aparentemente no principal fator regulador da sua distribuição.

A exemplo da fração mais grosseira, na fração -40 mesh dos sedimentos, todos os metais-traço assinalam

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

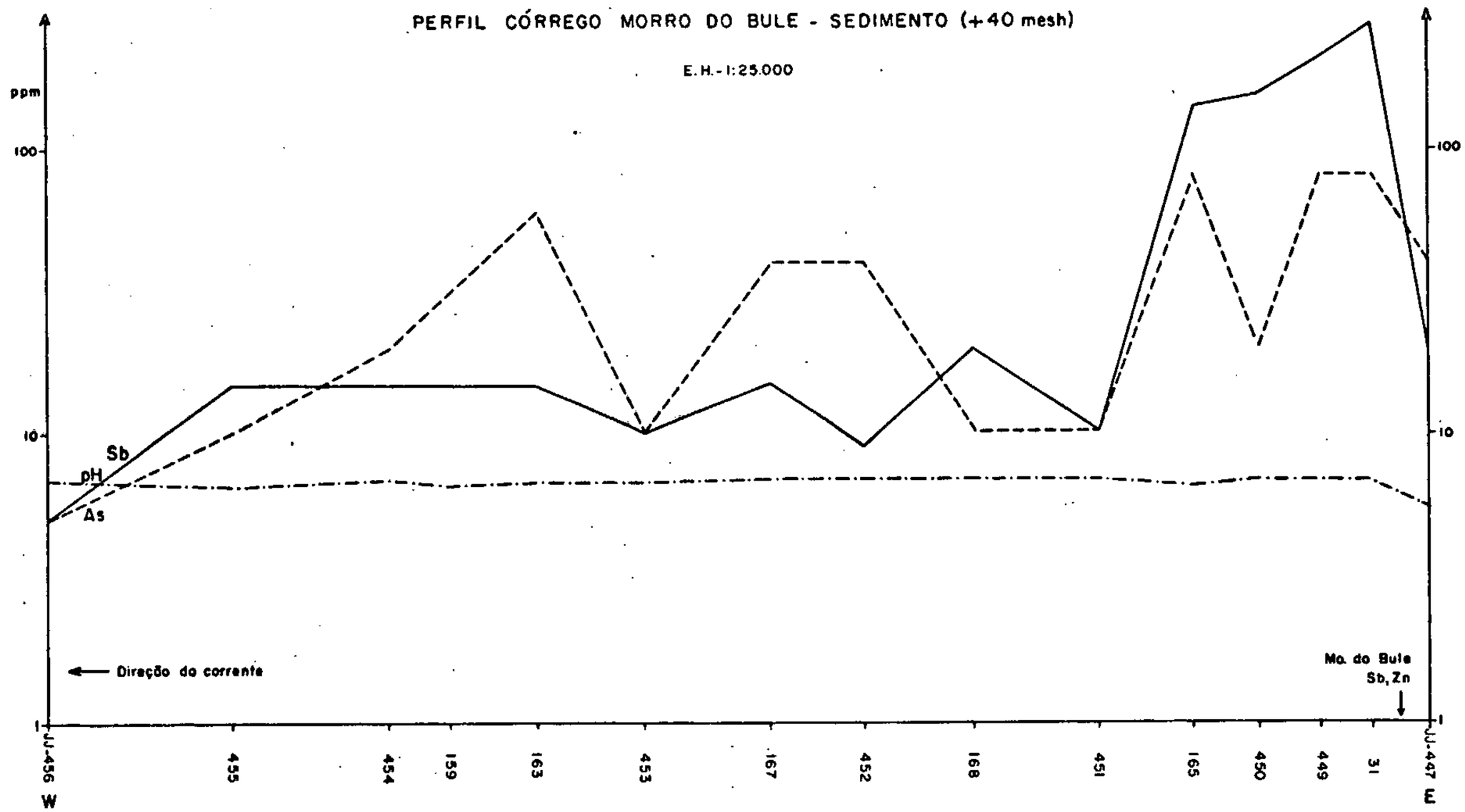
PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO



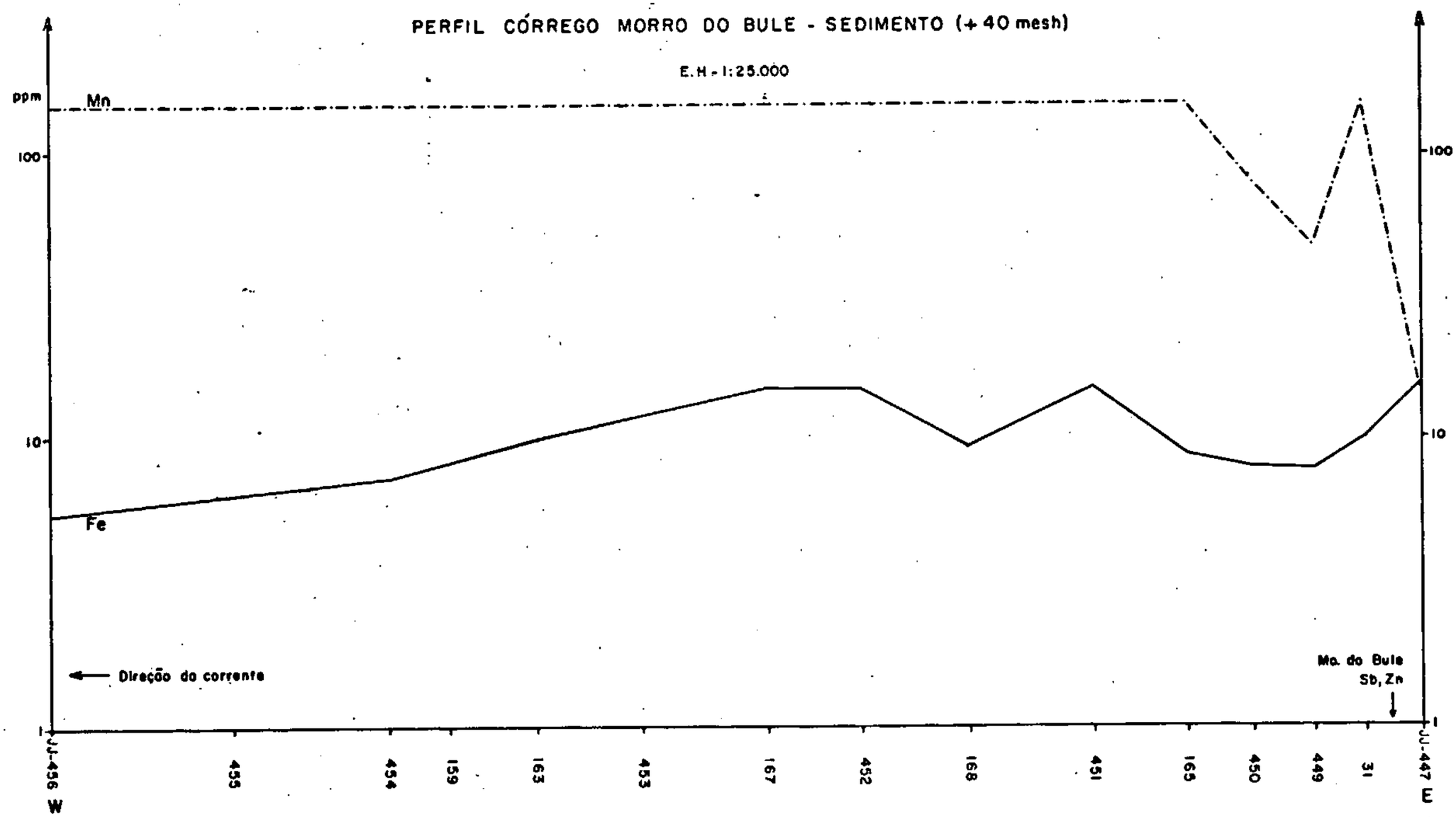
PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO



PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO

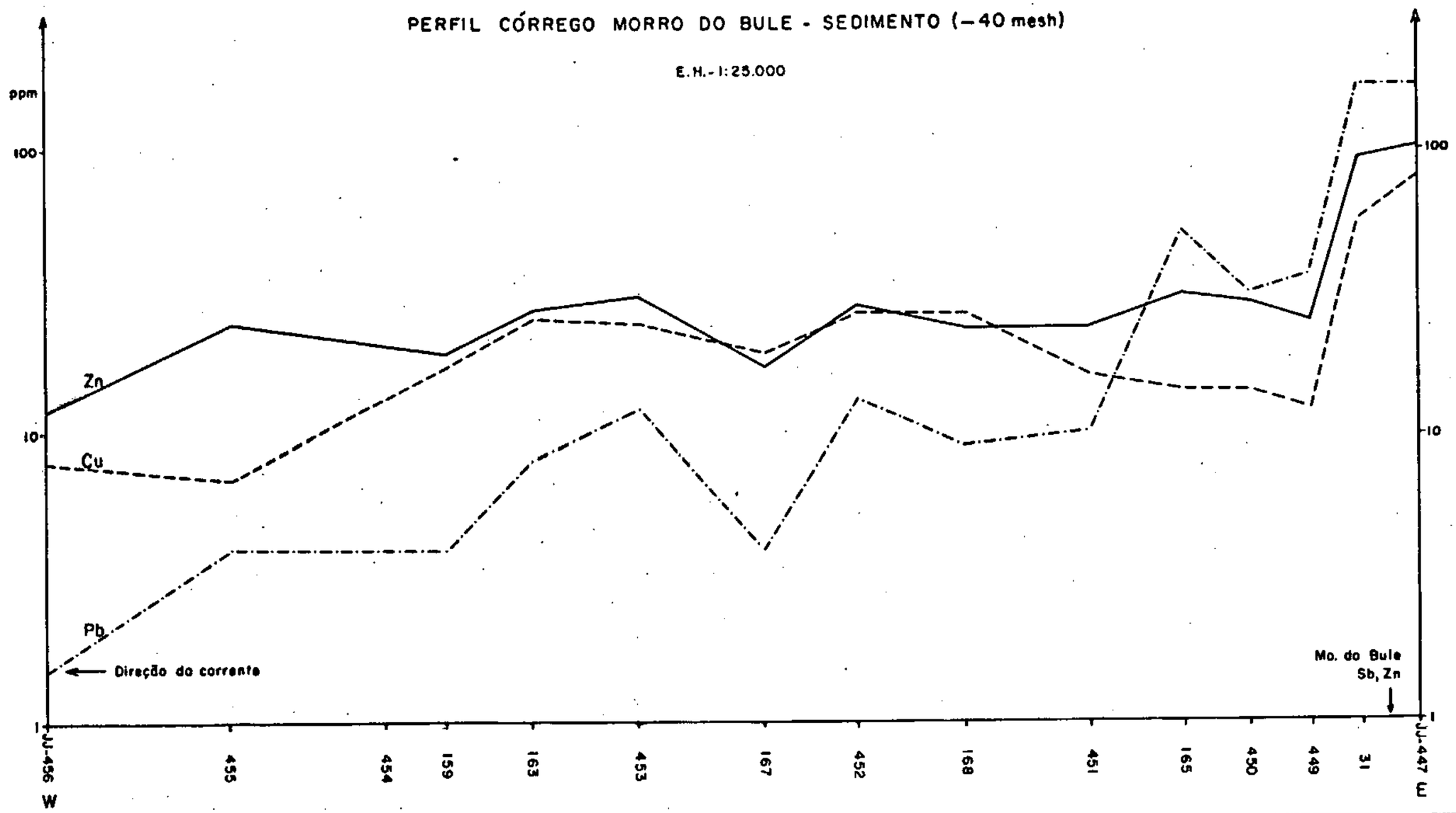


PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO

PERFIL CÓRREGO MORRO DO BULE - SEDIMENTO (−40 mesh)

E.H.- 1:25.000

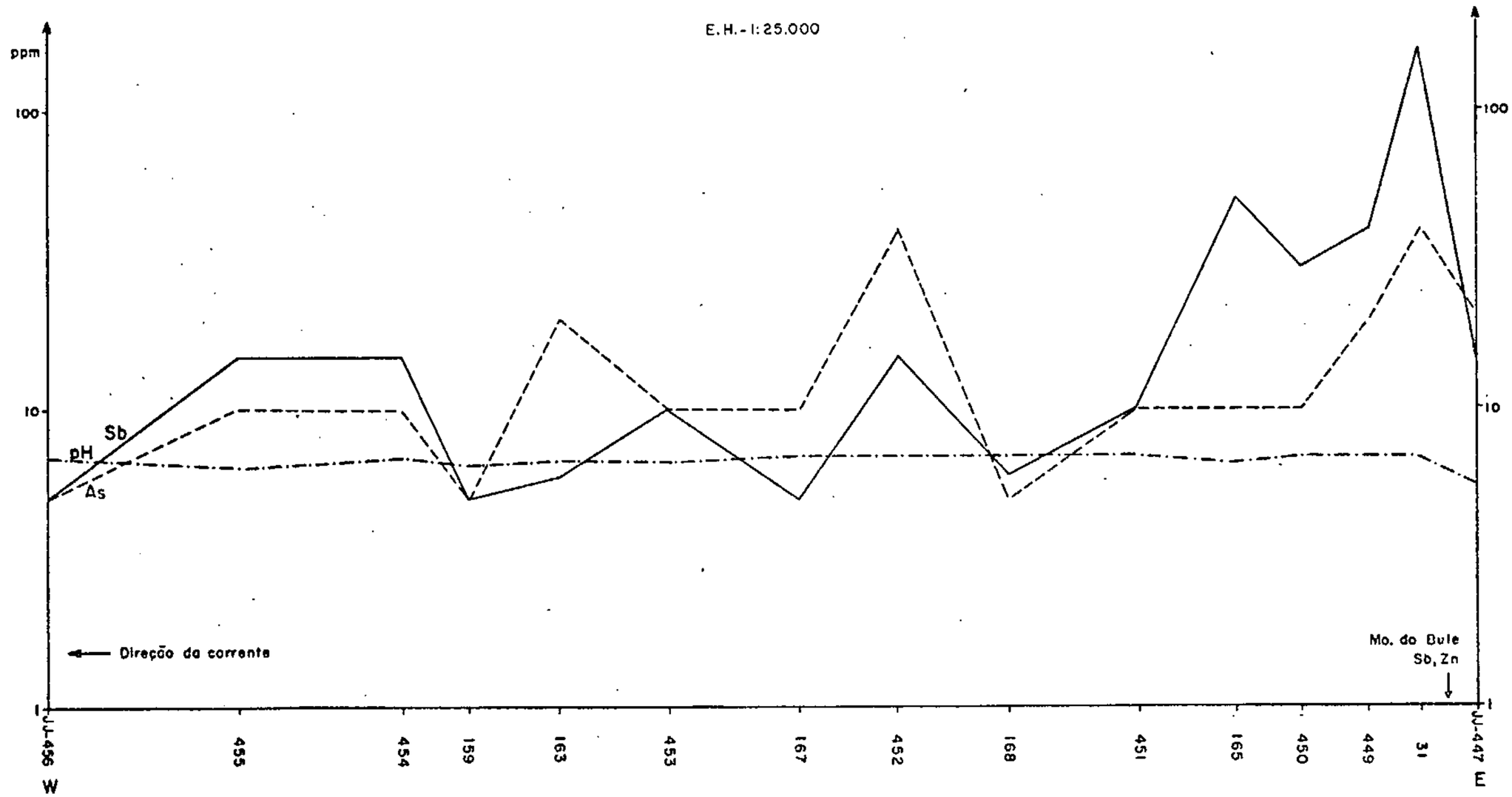


PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO

PERFIL CÓRREGO MORRO DO BULE - SEDIMENTO (−40 mesh)

E.H.-1:25.000

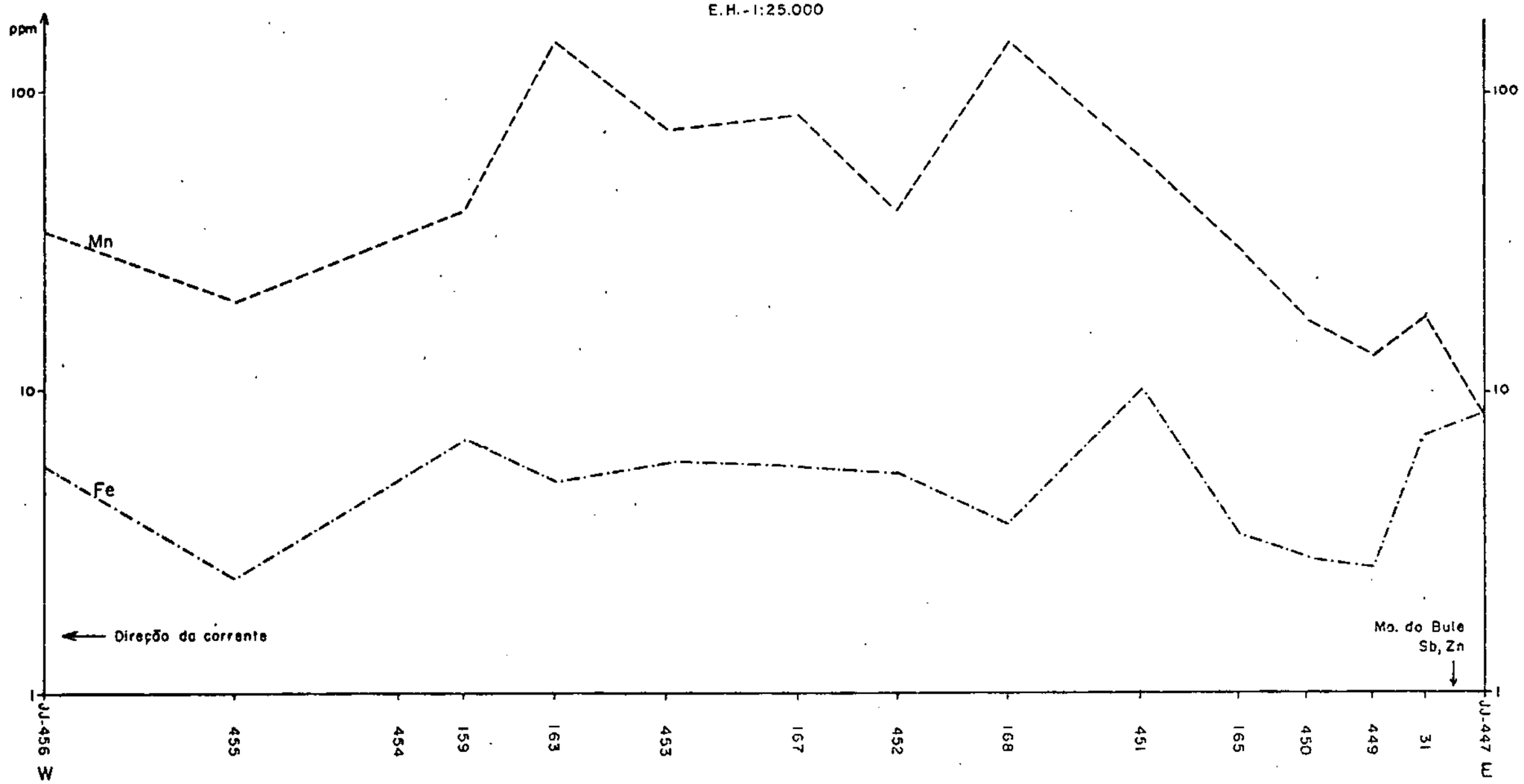


PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO

PERFIL CÓRREGO MORRO DO BULE - SEDIMENTO (−40 mesh)

E.H.-1:25.000



a zona mineralizada, salientando-se ainda aspectos como a aparente desvinculação do cobre em relação à ocorrência, e o comportamento do chumbo, que apresenta contrastes relativamente expressivos (em termos locais e regionais) até uma distância aproximada de 1 km (amostra JJ-165) da fonte; assim, este último constitui-se novamente no elemento-traço que melhor leva ao reconhecimento da mineralização, ao passo que o cobre e o zinco não apresentam halos anômalos significativos.

Quanto ao restante da área trabalhada, os dados obtidos até o momento não dão oportunidade a que se formule um modelo de comportamento mais específico e semelhante ao delineado para a área-teste, uma vez que seriam necessários alguns estudos que fogem ao escopo do presente levantamento geoquímico.

Dentre esses elementos, o cobre desponta, em princípio, com uma maior potencialidade, sendo marcante a presença de quase uma dezena de valores bastante elevados, com 100 a 130 ppm. Estas anomalias não raro se fazem acompanhar de outros valores (intermediários) que enfatizam as zonas em questão, embora de uma forma menos contrastante. Um outro aspecto refere-se, ainda com relação ao cobre, à incidência das anomalias mais fortes sobre unidades como as Formações Sabará e Fecho do Funil (Grupo Piracicaba) e o Grupo Nova Lima, todos eles detentores de ambiências bastante favoráveis em termos de mineralizações sulfetadas.

As possibilidades da área em conter ocorrências zincíferas restringem-se, ao nível dos conhecimentos atuais, aos horizontes carbonático-dolomíticos das Formações

Fecho do Funil e Gandarela, e no caso do chumbo, a distribuição geoquímica revelou-se muito pouco expressiva, haja visto as variações normais de "background", inerentes a este elemento, bem como os teores máximos alcançados, que também não oferecem maiores perspectivas.

Tendo em vista toda uma gama de altos conteúdos de Fe e/ou Mn associados às anomalias de Cu e Zn, o que sugere estar uma considerável parcela da distribuição mais importante destes metais delineada por processos de adsorção (captura) no ambiente secundário, em especial na rede de drenagem, não é possível instituir uma ordem perfeita de prioridade. Contudo, uma análise grosseira dos dados aparentemente menos vinculados aos óxidos secundários hidratados de Fe e Mn, mostra que algumas anomalias identificam-se com as regiões de Dom Bosco (75 a 120 ppm de Cu e 85 a 140 ppm de Zn), Ouro Preto (60 ppm de Cu), serra da Moeda (130 ppm de Cu e 100 ppm de Zn), serra da Piedade (110 ppm de Zn) e Barão de Cocais (95 ppm de Zn).

5.5.1.2 - Antimônio e arsênio

O antimônio ocorre no Quadrilátero Ferrífero em estreita ligação com processos hidrotermais e supergênicos, manifestando uma mobilidade provavelmente baixa em função da geração de minerais primários e secundários resistentes, ou pelo fato de ser um constituinte menor de argilo-minerais, o que leva sempre a uma padrão de dispersão secundária singenética clástica. O arsênio, com uma mobilidade geralmente baixa, apresenta características semelhantes às do antimônio, exceção feita à existência de minerais primários resistentes; devido à coprecipitação e oclusão em limonitas, o arsênio desenvolve ainda padrões

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

de dispersão secundária epigenética hidromórfica.

A relação destes elementos com mineralizações sulfetadas pode ser observada nos perfis do córrego Morro do Bule (em anexo), constando-se que, no caso do arsênio, só há uma associação e contrastes mais expressivos na fração +40 mesh, pois o halo anômalo do arsênio (80 ppm) dá uma ênfase apenas discreta à zona mineralizada. Já o antimônio destaca-se pela firme e evidente associação com a ocorrência do morro do Bule, pois é um elemento indicador, e há como que um gradiente do metal contido nos sedimentos, à medida que se afasta da área fonte. Para ambos os metais considerados, os valores assumem características anômalas até uma distância de 1 km da ocorrência, mas à montante desta os conteúdos percebidos nos sedimentos fixam-se apenas um pouco acima do "background" local, em provável conotação com o grau de acidez (5,5) do ambiente, bem como com o decréscimo na abundância do ferro.

Ainda com relação aos testes granulométricos realizados durante a geoquímica orientativa, observou-se que o arsênio tende a se concentrar nas frações mais grosseiras dos sedimentos, a julgar pelos valores médios que representam o material acima de 40 mesh.

No contexto regional, os conteúdos médios destes elementos distinguem sobretudo os Grupos Nova Lima, Caraça e Itabira, unidades que justamente apresentam uma maior incidência de mineralizações auríferas.

Reconhecido pelas suas características de elemento farejador, em especial de jazimentos epigenéticos de ouro, há que notar os níveis de concentração atingidos pelo arsênio nas regiões de Mariana e Barão de Cocais, am

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

bas produtoras daquele metal. As anomalias de As mais contrastantes, com intensidades que sobrepujam em 10 ou mais vezes o "background" regional de cada unidade, encontram-se quase que invariavelmente associadas a altos conteúdos de Fe (acima de 6%). Como a dispersão clástica é pouco expressiva, pois os resultados dos concentrados de bateia indicam que somente na zona mineralizada de Mariana pode ser constatada uma provável forma de mineral de arsênio na drenagem, a concentração do referido metal é regulada basicamente por processo hidromórficos. Com efeito, nos ambientes ricos em Fe, e este é, precisamente, o caso do Quadrilátero Ferrífero, a mobilidade do As é geralmente baixa (H. E. Hawkes e J. S. Webb, 1962), limitada que se encontra pela formação de escorodita e/ou pela coprecipitação de AsO_3^{-3} com limonita.

Na verdade, os processos de enriquecimento secundário em zonas de concentrações normais de "background" são mais válidos como tentativa de explicar o comportamento do As. Uma observação das mais importantes com relação à distribuição do As e do Sb reside na constatação de que cerca de 80% das "anomalias" destes elementos estão vinculadas a drenagens que cortam a Formação Cauê (Grupo Itabira) ou, em menor escala, formações ricas em ferro das demais unidades.

As principais anomalias de antimônio, também detectadas nos concentrados de minerais pesados, situam-se na serra da Rola Moça ou Três Irmãos (55 a 200 ppm), Itabirito (45-60 ppm) e em Casa de Pedra (15 a 85 ppm).

5.5.1.3 - Ferro e manganês

Conforme pode ser observado no Sumário das Es

Med. 002

NE 7630.0810.0343

tatísticas elaborado para os sedimentos de corrente (ítem 5.3.2), os teores médios destes elementos elevam-se sobremaneira no domínio do Grupo Itabira, onde teores acima de 10% de ferro e 10.000 ppm de manganês constituem resultados corriqueiros. Como a Formação Cauê, detentora da maior parcela de rochas itabiríticas e zonas de cangas, ocupa os sítios mais elevados da montanhosa região do Quadrilátero Ferrífero, ocorre uma inevitável contribuição adicional de material ferro-manganesífero na rede de drenagem. Nas demais unidades, o conteúdo médio de Fe e Mn nos sedimentos decresce para o equivalente a cerca da metade do registrado sobre o Grupo Itabira, ou seja, 2 a 5% de Fe e 350 a 900 ppm de Mn.

Deve ser ressaltado que os resultados de Fe e Mn não correspondem necessariamente à realidade, uma vez que as amostras coletadas correspondem a material selecionado, onde se evitou ao máximo a inclusão de minerais destes elementos maiores. Neste sentido, inclusive, os conteúdos de Fe detectados durante a geoquímica orientativa (2,9%) foram apreciavelmente inferiores aos do trabalho regional (4,6%), o que implicou na sua determinação neste último.

A apreciação da associação dos metais-traço com estes elementos maiores, normalmente resumida no coeficiente de correlação, encontra-se claramente prejudicada pela existência de quantidades variáveis de óxidos cristalinos, que contêm diminutas quantidades dos demais elementos. Novamente fica patente a necessidade de serem adotados estudos de cunho analítico mais acurado.

Embora já tenha sido abordado nos ítens anteri

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

ores, cabe salientar o papel de controle ou influência exercidos pelos elementos maiores no ambiente secundário, em especial o Fe. Assim, os testes de frações realizados para diversas amostras, evidenciaram uma correlação positiva e bastante pronunciada entre os metais-traço, principal alvo do presente estudo, e os elementos maiores em apreço. A constatação de que os teores dos demais elementos diminuem consideravelmente junto com os de Fe e Mn, à medida que as frações granulométricas são mais finas, leva à formulação de uma hipótese que se baseia em acentuados processos de adsorção ("scavenging"). Essa característica comum dos níveis de concentração dos elementos foi observada tanto nas amostras ligadas à mineralização do morro do Bule, como nas coletadas para efeito de estimativa dos contrastes, durante o serviço orientativo. Algumas particularidades juntam-se a estas feições principais, no sentido de enfatizar a existência de processos preponderantes de captura na configuração dos contrastes da fração mais grosseira, ou seja, acima de 40 mesh. Destaque deve ser conferido aos casos em que os elementos maiores mantêm-se constantemente elevados em todas as frações analisadas, enquanto os metais-traço respondem de uma maneira similar. Por outro lado, enquanto os elementos maiores mantêm concentrações semelhantes entre as amostras, os metais-traço por vezes variam; portanto, nem sempre há influências palpáveis dos processos de adsorção, ou então, ocorre uma diversificação muito grande nas quantidades de óxidos secundários.

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

5.5.2 - Concentrados de minerais pesados

5.5.2.1 - Cobre, chumbo e zinco

O confronto dos dados obtidos para os sedimentos de corrente com aqueles dos concentrados de bateia mostra que, também no caso dos últimos, não há uma regra única que estabeleça a interrelação da distribuição dos metais-traço nos sedimentos, com a que se presume ser fundamentalmente clástica, nos concentrados de minerais pesados. De qualquer maneira, em algumas oportunidades observa-se uma discreta dispersão clástica nos sedimentos, a julgar pelos resultados em minerais da fração pesada, a través da coincidência das anomalias.

Em termos globais, essa coincidência de valores anômalos é pouco frequente e leva à conclusão de que a forma de dispersão dos elementos objetivados nos sedimentos é predominantemente hidromórfica - podendo haver alguma coprecipitação, em especial onde há aumentos substanciais nos níveis de concentração, acompanhados de Fe e Mn - e raramente clástica. Os baixos contrastes exibidos pelas amostras de concentrados de bateia indicam uma quase que sistemática inexistência de grãos dispersos clasticamente nas drenagens, seja nas áreas de "background", como nas anômalas, onde são fortuitos os resultados indicativos de minerais presentes sob outra forma que a hidromórfica, coprecipitação com limonitas ou quelação (esta última parece ser bastante rara, também).

Os resultados em bateia são pouco expressivos em qualquer das frações analisadas: pesada total, magnética e não magnética. No tocante às frações dos concentrados, cabe destacar, ainda, que os resultados alcançados

para a que congregram os minerais magnèticamente susceptíveis, espelham baixos conteúdos médios dos metais-traço, com 7 ppm de Cu, 8 ppm de Pb e 23 ppm de Zn. Como esta parcela dos minerais pesados reúne predominantemente óxidos cristalinos, deduz-se uma influência muito pequena por parte dos mesmos na constituição da abundância dos metais-traço nos sedimentos de corrente.

Assim, a hipótese de processos hidromórficos prevalecentes no ambiente secundário é válida na medida em que se enquadra perfeitamente para a associação Cu-Pb-Zn, estabelecendo fatores como potência das mineralizações, clima e intemperismo como características limitativas da dispersão clástica.

Adicione-se, ainda, que os sedimentos utilizados situam-se mormente em drenagens de 2ª ordem, portanto com pequenas bacias de captação, de modo que é expectável a contribuição de uma certa parcela de minerais detríticos na constituição das anomalias (vide caso do córrego Morro do Bule), ainda mais que a fração analisada (-40 mesh) inclui parcelas arenosas. Os concentrados, coletados sistematicamente em bacias mais amplas, sofrem marcante redução nas suas possibilidades de detectar um padrão de dispersão secundária clástica.

Com relação à mineralização do morro do Bule, foi coletada uma amostra muito distante da mesma, e a análise foi processada na fração pesada total, o que resultou em valores absolutamente normais para o concentrado. Contudo, é importante notar, em aditamento ao aqui exposto, que J. P. Cassedanne e outros(1974) observaram a presença de esfalerita a 1,5 km de distância à juzante da o

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

corrência, no mesmo córrego, e a 400 m, encosta abaixo, no solo; nas aluviões foi encontrada esfalerita em grãos de até 0,5 mm, sugerindo dispersão clástica ainda superior à mencionada, apesar dos sinais de dissolução superficial e a conceituação de mineral facilmente solúvel (mobilidade moderadamente alta).

A distribuição geoquímica dos metais em questão nos concentrados de minerais pesados encontra-se exposta no mapa de símbolos correspondentes (volume II), ilustrando o contraste que pode ser alcançado numa comparação com os sedimentos. Os principais resultados de Cu e Pb, com cerca de 200 ppm, e de Zn (300 ppm), identificam-se com as regiões sul e sudoeste do Quadrilátero Ferrífero, pouco acrescentando aos dados da fração mais leve. Uma hipótese explicativa das "anomalias" nos concentrados e calcada em processos de adsorção pelos hidróxidos e óxidos secundários de Fe e Mn, abundantes mesmo na fração não magnética, não é despropositada e merece uma investigação mais acurada.

5.5.2.2. - Ouro, antimônio e arsênio

A necessidade de uma separação das frações magnética e não magnética antes das análises químicas ficou comprovada pelos resultados bastante mais positivos delineados na última. Em particular, os contrastes entre "background" e amostras anômalas são sensivelmente acentuados com este procedimento, e a fração não magnética adquire uma significância geológica toda especial, uma vez que foi eliminada a maior parte da forte diluição provocada pela grande quantidade de óxidos cristalinos de Fe e Mn entre os minerais pesados.

Mod. 002

NE 7630.0210.0343

Os resultados para Au, Sb e As correspondem a minerais primários resistentes ou mesmo a minerais secundários mais estáveis e, no caso do As, também a precipitados, como carapaças de óxidos de ferro e manganês existentes na superfície de fragmentos clásticos.

Embora os conteúdos de ouro nos concentrados não exibam intensidades mais compatíveis com a região do Quadrilátero Ferrífero, pois eram esperados valores bastante superiores aos registrados, as principais anomalias revestem-se de grande importância na medida em que se identificam com as zonas mineralizadas de Mariana, Itabirito e Barão de Cocais. A dispersão deste metal deve ser essencialmente clástica (mecânica), ainda que tenham sido constatados valores de até 0,7 ppm na fração magnética, aspecto que, contudo, não foi suficientemente estudado.

As concentrações anômalas de Sb na fração pesada (até 430 ppm) confirmam valores metálicos igualmente elevados nos sedimentos de corrente dos sítios correspondentes, em especial aqueles ligados a formações ferríferas como o Itabirito Cauê. Algumas anomalias de até 700 ppm de Sb na fração magnética são merecedoras de investigações mais detalhadas.

Com relação ao arsênio, as anomalias mostram basicamente uma associação com zonas auríferas como a de Mariana, onde chega a apresentar conteúdos acima de 300 ppm. Desta forma, a aplicação de uma metodologia englobando análises de As em concentrados, deve trazer informações satisfatórias nas áreas anômalas definidas para os sedimentos. Uma feição característica da distribuição do As refere-se ao fato de que o conteúdo médio computado pa

Med. 002

NE 7530.0810.0343

ra a fração magnética é semelhante ao da não magnética, o que significa haver uma ausência de vínculo a qualquer das frações em questão; outrossim, valores de até 120 ppm são usuais entre os resultados da fração magnética, e nem sempre existe uma relação aparente com mineralizações ou anomalias em sedimentos.

5.5.3 - Rochas

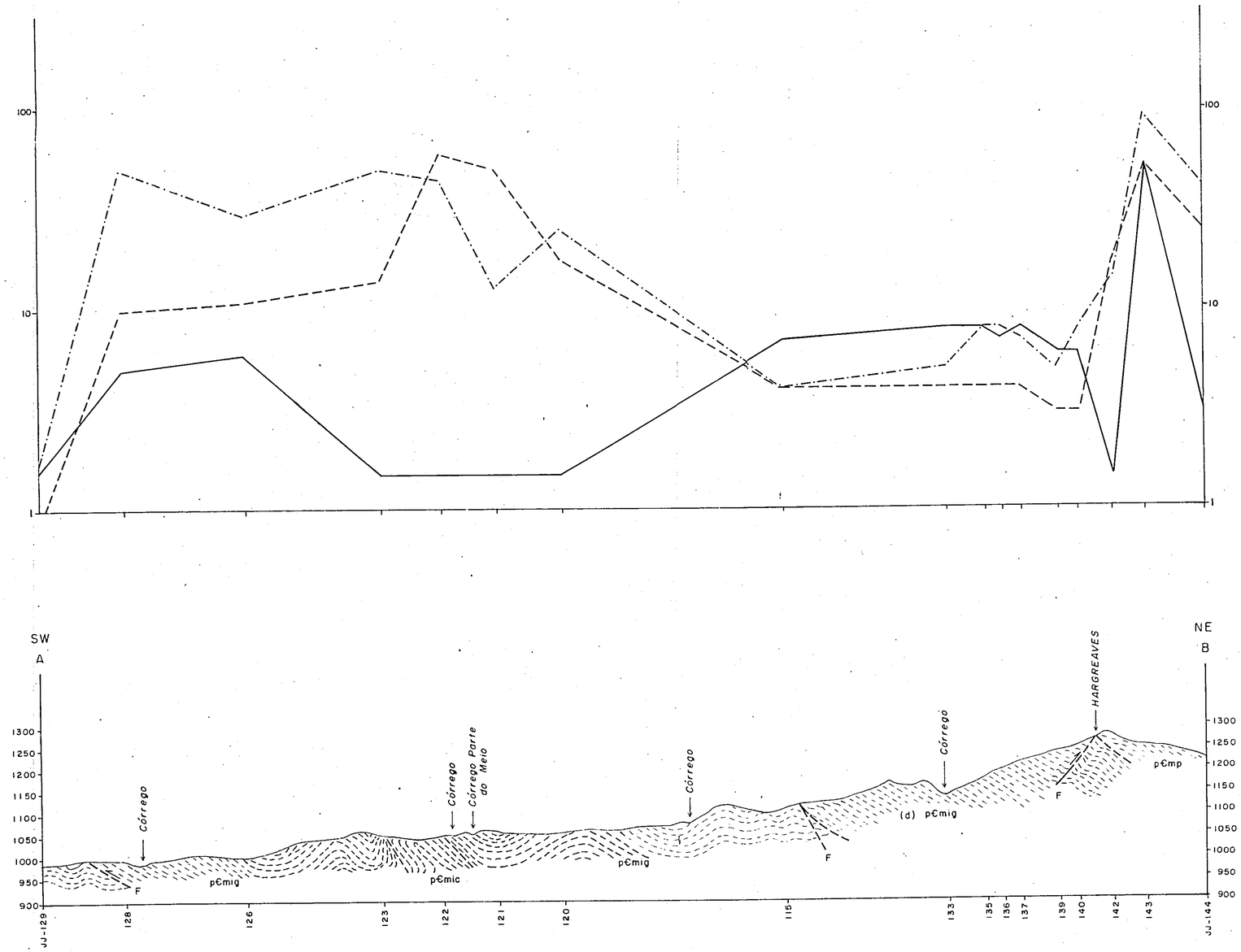
5.5.3.1 - Cobre, chumbo e zinco

A amostragem de rochas no Quadrilátero Ferrífero incluiu o desenvolvimento de dois perfis durante o estudo orientativo, ao sul do Complexo de Bação, e cujos resultados geológico-geoquímicos são apresentados em anexo à sua discussão.

No perfil A-B (Hargreaves) não há uma ligação aparente com mineralizações. Quanto ao chumbo, mostra um conteúdo um pouco mais elevado nos dolomitos da Formação Gandarela (6 a 8 ppm) do que nas demais unidades. Os elementos cobre e zinco têm um comportamento semelhante, exibindo a maior parte dos conteúdos variáveis de 15 a 60 ppm, por vezes relativamente elevados, nos filitos dolomíticos e rochas itabiríticas da Formação Gandarela, e mesmo nos filitos do Grupo Piracicaba (porção NE do perfil). Os baixos teores detectados nos dolomitos são característicos de ambientes de sedimentação de águas rasas, mas apontam, por outro lado, no sentido de um fraco potencial mineral desse horizonte carbonático na região de Hargreaves. Um aspecto notável da distribuição do Pb reside na sua pequena abundância na zona itabirítica.

Quanto ao perfil C-D (Morro do Bule), as grandes variações registradas no mesmo são decorrentes, com

Mod. 002 NE 7630.0810.0343



PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO

PERFIL A-B : HARGREAVES

RÓCHA

CONVENÇÕES GEOQUÍMICAS

-·-·-·- Zn - ppm

- - - - - Cu - ppm

——— Pb - ppm

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

PRÉ - CAMBRIANO

GRUPO PIRACICABA

p€mp — Filito com pouco quartzito e grauvaca, sem distinção

GRUPO ITABIRA

FORMAÇÃO GANDARELA

p€mig — (d), dolomito, xisto e filito

FORMAÇÃO CAUÊ

p€mic — Itabirito

Contato aproximado

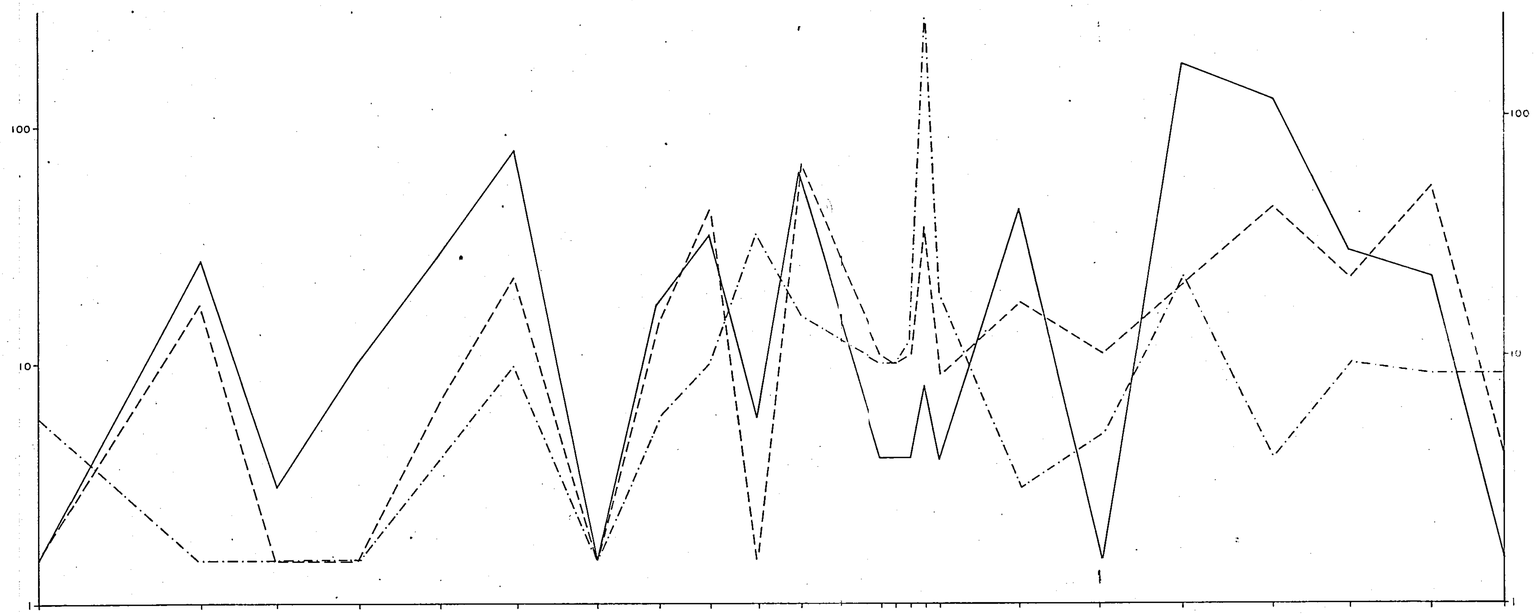
F — Falha indiscriminada inferida

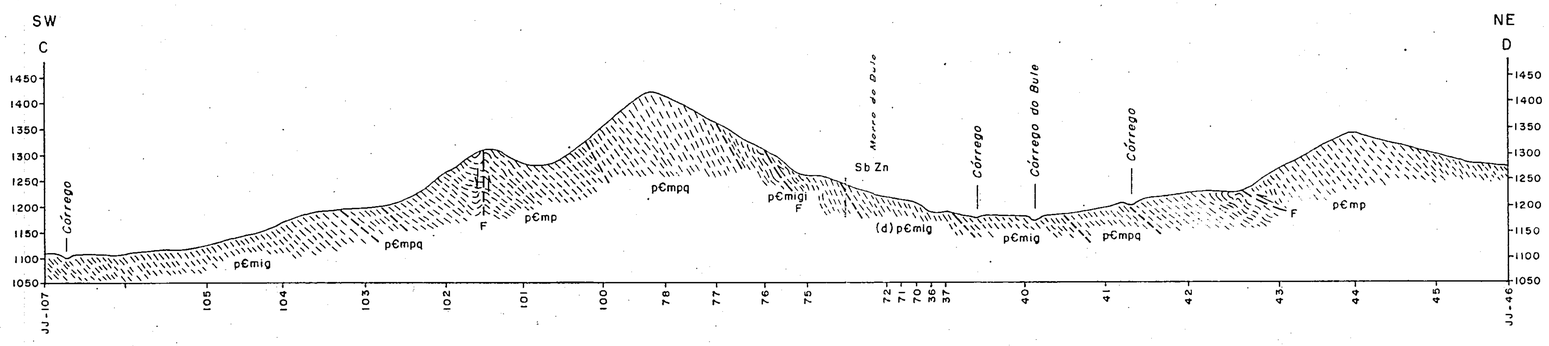
F — Falha de empurrão inferida

DIREÇÃO N 34°E

E.H. - 1:12 500

E.V. - 1:10 000





PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO

PERFIL C - D : MORRO DO BULE

ROCHA

CONVENÇÕES GEOQUÍMICAS

——— Cu - ppm

- - - - - Zn - ppm

-·-·- Pb - ppm

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

PRÉ - CAMBRIANO

GRUPO PIRACICABA

- p€mpq — Quartzitos
- p€mp — Filito com pouco quartzito e grauvaca, sem distinção

GRUPO ITABIRA

FORMAÇÃO GANDARELA

- p€migi — Itabirito dolomítico e itabirito
- p€mig — (d), dolomito; xisto e filito

FORMAÇÃO CAUÊ

- p€mic — Itabirito

Contato aproximado

Falha indiscriminada inferida

Falha de empurrão inferida

DIREÇÃO N 34° E

E.H. - 1:12.500
E.V. - 1:10.000

mais propriedade, das frequentes alternâncias de rochas tão distintas como quartzitos, normalmente com 5 ppm ou menos, e filitos, onde estes elementos, em especial quando se observa os valores máximos de cobre (180 ppm)e zinco (55 ppm), mostram concentrações bastante mais elevadas. Nas rochas dolomíticas da Formação Gandarela, o cobre apresenta novamente o baixo conteúdo (4 ppm) já constatado na região de Hargreaves, sendo que a discreta elevação de teor na zona mineralizada não é suficiente para que se vincule este metal aos processos que levaram à formação do depósito. A variação nos teores de zinco em comparação com os dolomitos "estéreis" de Hargreaves é bastante sutil; outrossim, a relação deste metal com a mineralização sulfetada existente no Morro do Bule não ficou suficientemente patenteada, posto que indicador,embora manifeste um discreto "pico" de 40 ppm. Em oposição a estes dois elementos (Cu e Zn), no caso do Pb tem-se uma marcante indicação da ocorrência, eis que a anomalia de quase 300 ppm é altamente contrastante com o "background" local nos dolomitos Gandarela. São justamente estes contrastes oferecidos pelos metais-traço Zn e Pb que dão sustento à constatação de uma baixa migração das soluções mineralizantes em meio às rochas de natureza dolomítica, no sentido de limitar a formação de um halo primário ou processo de "leakage".

No plano regional ou, mais especificamente, fora do contexto dos perfis acima analisados, destacam-se os resultados alcançados nos filitos de Grupo Piracicaba, onde são frequentes valores de 60 ppm ou mais de cobre e cerca de 150 ppm de zinco. Por último, o confronto dos teores médios de Cu (9 ppm), Pb (4 ppm) e Zn (15

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

ppm) encontrados em rochas (vide Tabela 7), com aqueles obtidos para estes elementos em sedimentos, indicam processos de concentração secundária mais acentuados e generalizados só no caso do cobre, que praticamente dobra a sua abundância neste ambiente.

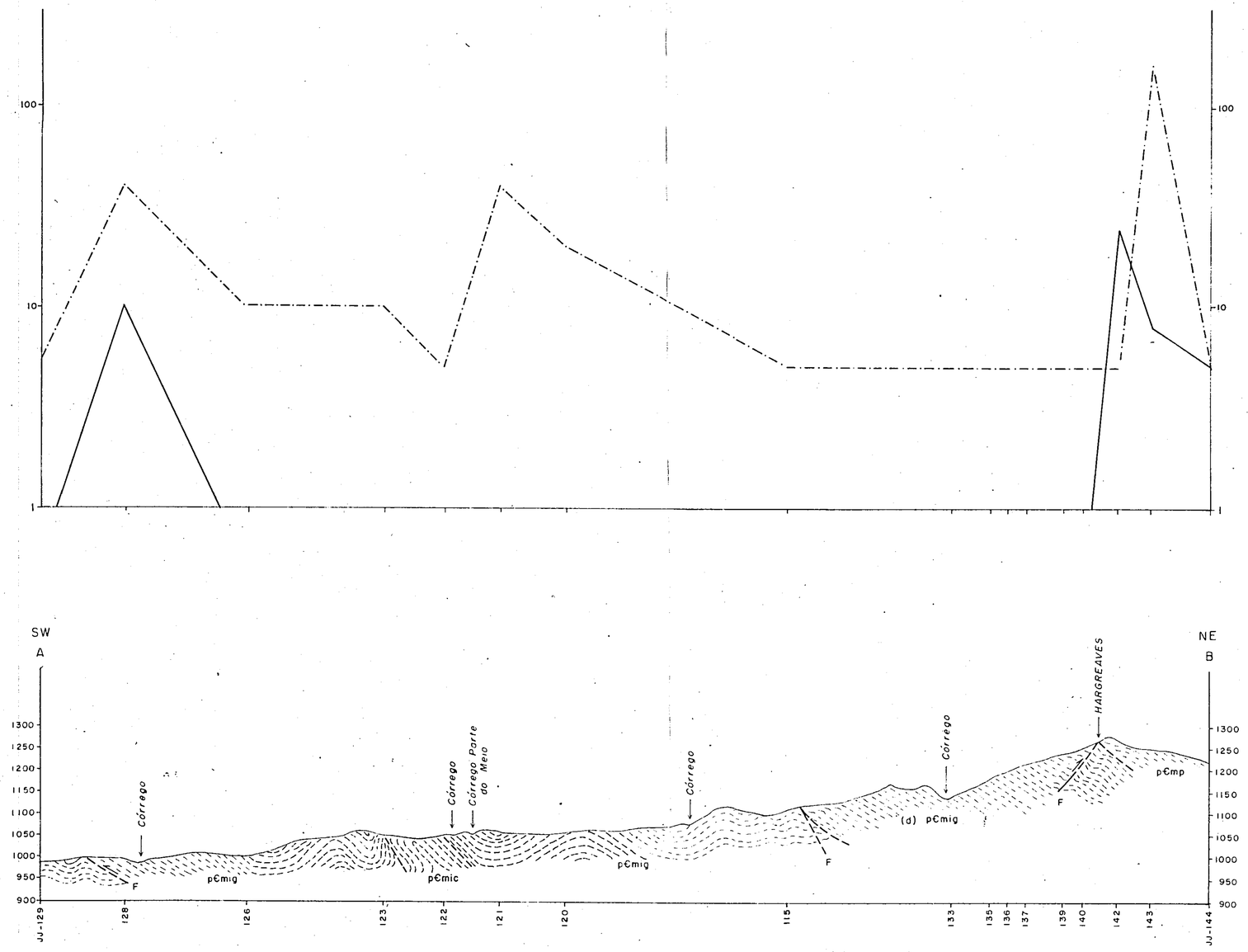
5.5.3.2 - Antimônio e arsênio

No perfil de rocha da região de Hargreaves (A-B, em anexo), o antimônio praticamente não foi detectado nas rochas da Formação Gandarela, mas a sua abundância nos filitos Piracicaba experimenta acréscimos substanciais. Estas observações não são válidas para o arsênio, cujos teores aparentemente independem de controles litológicos, embora, à melhança do Sb, mantenha níveis de concentração extremamente baixos nos dolomitos Gandarela. Em adendo, informe-se que nos quartzitos do Grupo Caraça (ponto JJ-129) foi detectada uma anomalia de 0,1 ppm de ouro, evidenciando uma certa afinidade deste metal face um ambiente regressivo oxidante, ainda que esteja presente sob uma possível forma remobilizada (veios).

A distribuição do arsênio só assume contornos mais expressivos em alguns pontos da Formação Gandarela, na parte central do perfil C-D (em anexo), mas não tem um maior significado na zona mineralizada do morro do Bule. Uma vinculação com o referido depósito, contudo, ficou demonstrada pela abundância do antimônio, ainda mais que neste caso, é um elemento indicador; outro aspecto bastante sugestivo que deve ser adicionado ao estudo de Pb e As, refere-se ao alto nível de concentração atingido nos itabiritos (ponto JJ-75), e mesmo nos quartzi

Mod. 002

NE 7530.0210.0343



PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO

PERFIL A-B : HARGREAVES

ROCHA

CONVENÇÕES GEOQUÍMICAS

As - ppm

Sb - ppm

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

PRÉ - CAMBRIANO

GRUPO PIRACICABA

p€mp — Filito com pouco quartzito e grauvaca, sem distinção

GRUPO ITABIRA

FORMAÇÃO GANDARELA

p€mig — (d), dolomito; xisto e filito

FORMAÇÃO CAUÊ

p€mic — Itabirito

Contato aproximado

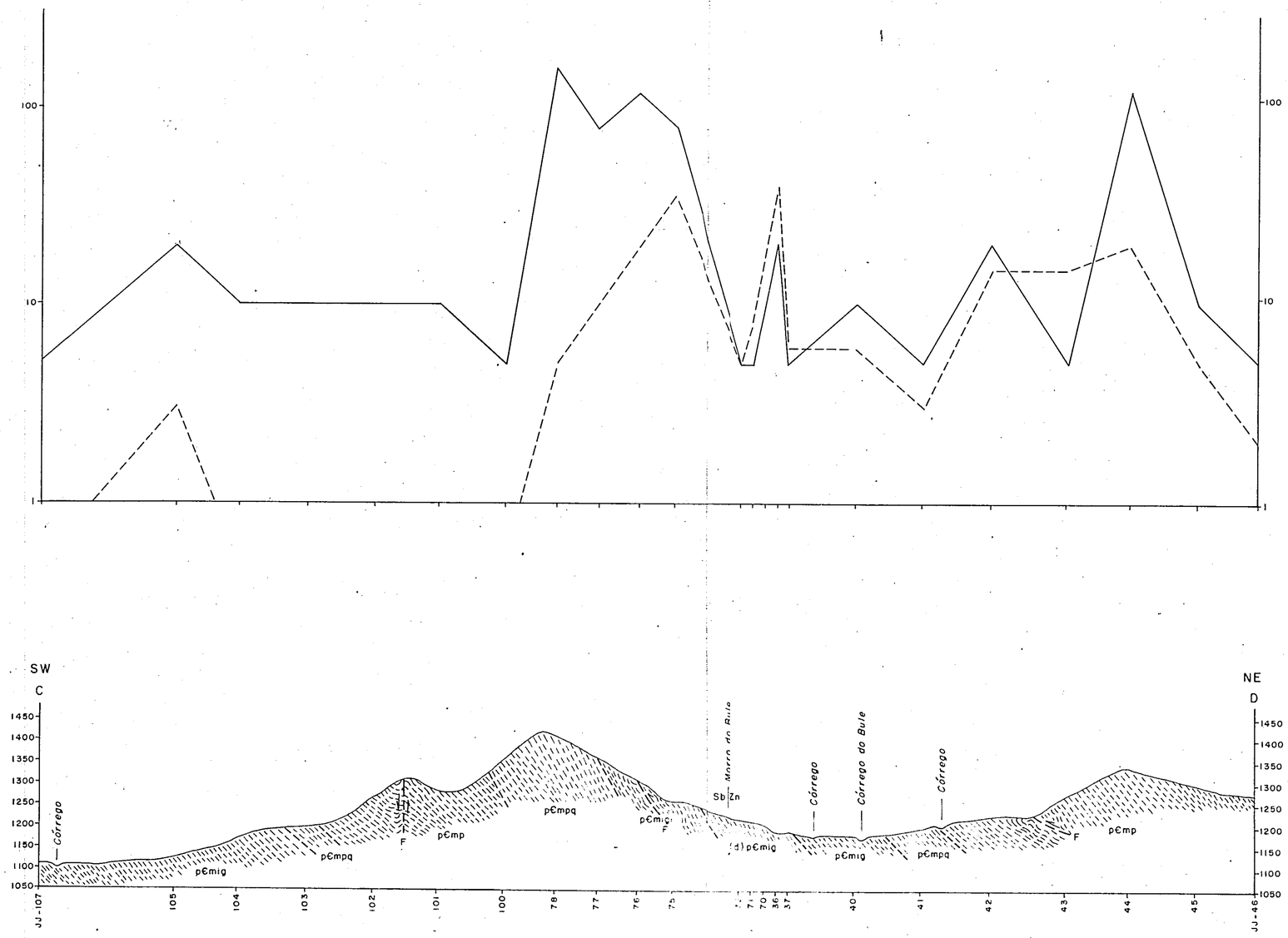
F — Falha indiscriminada inferida

F — Falha de empurrão inferida

DIREÇÃO N 34°E

E H. - 1:12 500

E V - 1:10 000



PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO

PERFIL C - D : MORRO DO BULE
ROCHA .

CONVENÇÕES GEOQUÍMICAS

As-ppm

Sb-ppm

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

PRÉ - CAMBRIANO

GRUPO PIRACICABA

pЄmpq — Quartzitos

pЄmp — Filito com pouco quartzito e grauvaca, sem distinção

GRUPO ITABIRA

FORMAÇÃO GANDARELA

pЄmigi — Itabirito dolomítico e itabirito

pЄmig — (d), dolomito, xisto e filito

FORMAÇÃO CAUÊ

pЄmic — Itabirito

Contato aproximado

F — Falha indiscriminada inferida

F — Falha de empurrão inferida

DIREÇÃO N 34° E

E.H. - 1:12500
E.V. - 1:10000

tos e filitos contíguos, indicando que por vezes a abundância normal pode dar-se com amplos intervalos de variação, com reflexos também nos conteúdos dos metais-traço (dispersão secundária).

As amostras coletadas fora dos perfis orientativos revelam um baixo conteúdo médio desses elementos, próximo mesmo aos respectivos limites de detecção, e só são dignos de nota alguns poucos valores de 15 a 20 ppm de Sb, observados em diferentes litologias e unidades da área, e uma anomalia de 240 ppm de As em quartzito Caraça da aurífera região de Mariana-Ouro Preto (ponto HR-212), que parece bastante significativa.

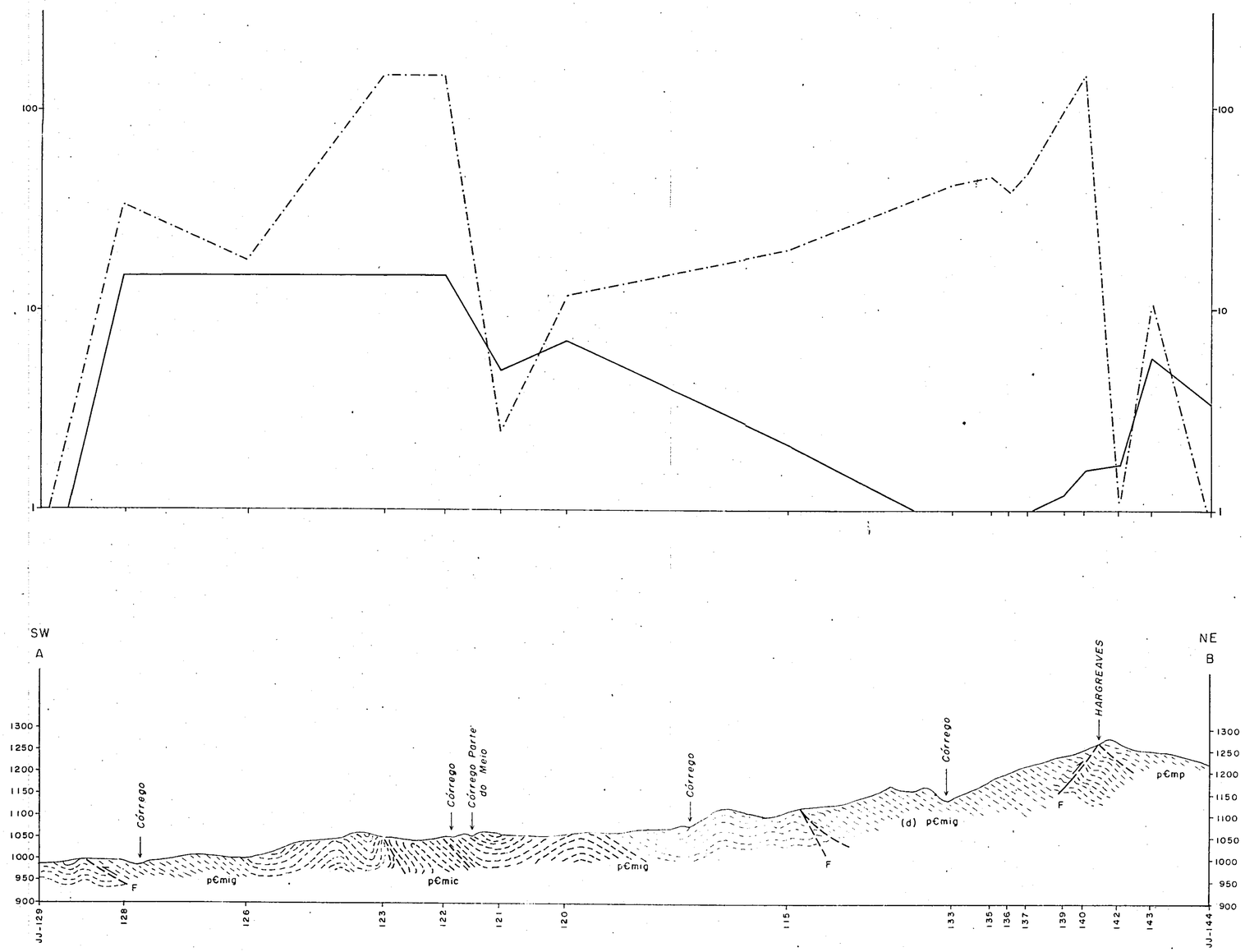
A título de complementação, cabe informar ainda sobre os elementos prata e ouro, de vez que o primeiro só foi detectado na mineralização do morro do Bule (1,5 ppm) e, menos intensamente, junto a uma anomalia de cobre em filito Piracicaba. O ouro alcança no máximo 0,1 ppm, e isto preferencialmente em dolomitos Gandarela e quartzitos Caraça.

5.5.3.3 - Ferro e manganês

A importância do estudo destes elementos restringe-se à busca de uma maior compreensão dos fenômenos que se manifesta quando da passagem para formas de dispersão secundária.

A região de Hargreaves permite estabelecer algumas interrelações proveitosas, pois os elementos em questão mostram um comportamento totalmente diverso quando confrontados no ambiente dolomítico da Formação Gandarela, diante da considerável diminuição no conteúdo de Fe, o que leva à constatação de que este metal não estava dis

Mod. 002 NE 7530.0210.0343



PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO

PERFIL A-B : HARGREAVES

ROCHA

CONVENÇÕES GEOQUÍMICAS

-·-·- Mn - ppm (÷ 100)

——— Fe - %

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

PRÉ - CAMBRIANO

GRUPO PIRACICABA

p€mp — Filito com pouco quartzito e grauvaca, sem distinção

GRUPO ITABIRA

FORMAÇÃO GANDARELA

p€mig — (d), dolomito; xisto e filito

FORMAÇÃO CAUÊ

p€mic — Itabirito

Contato aproximado

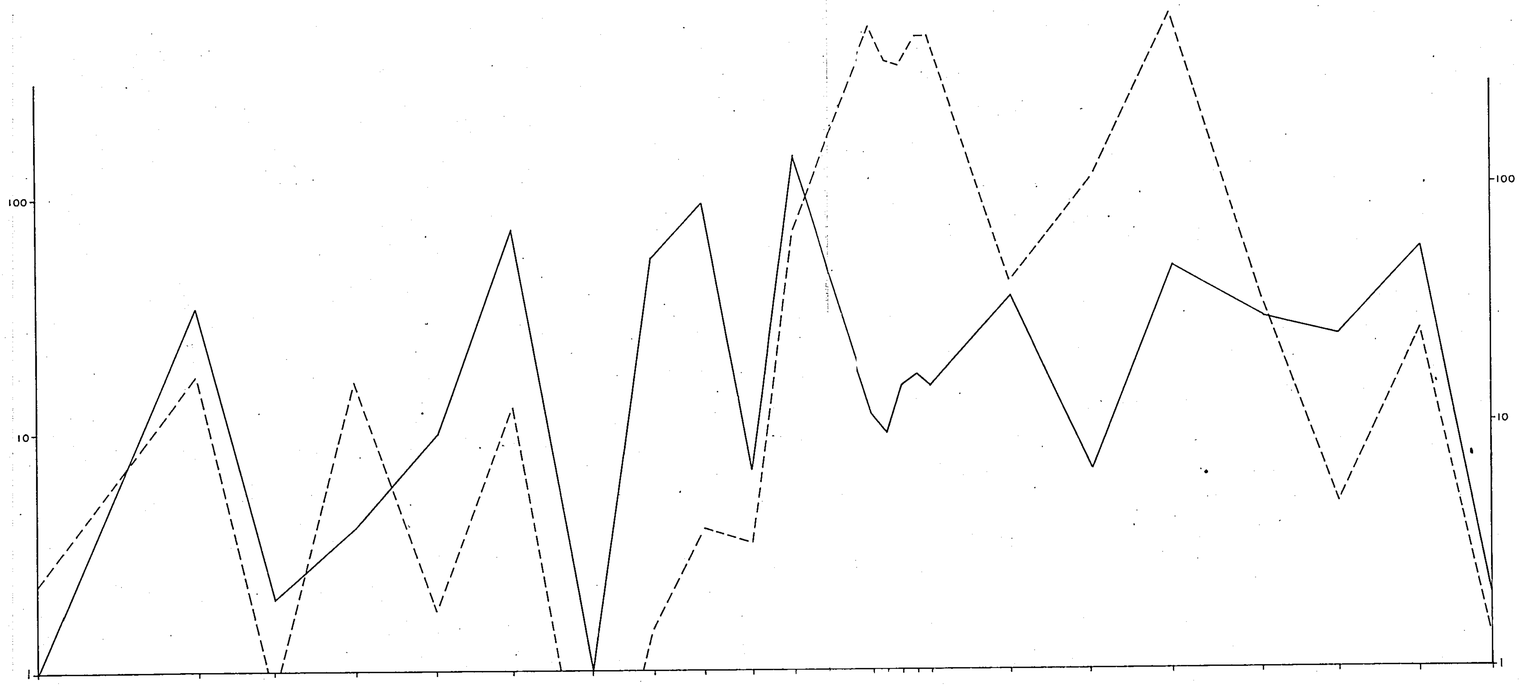
F — Falha indiscriminada inferida

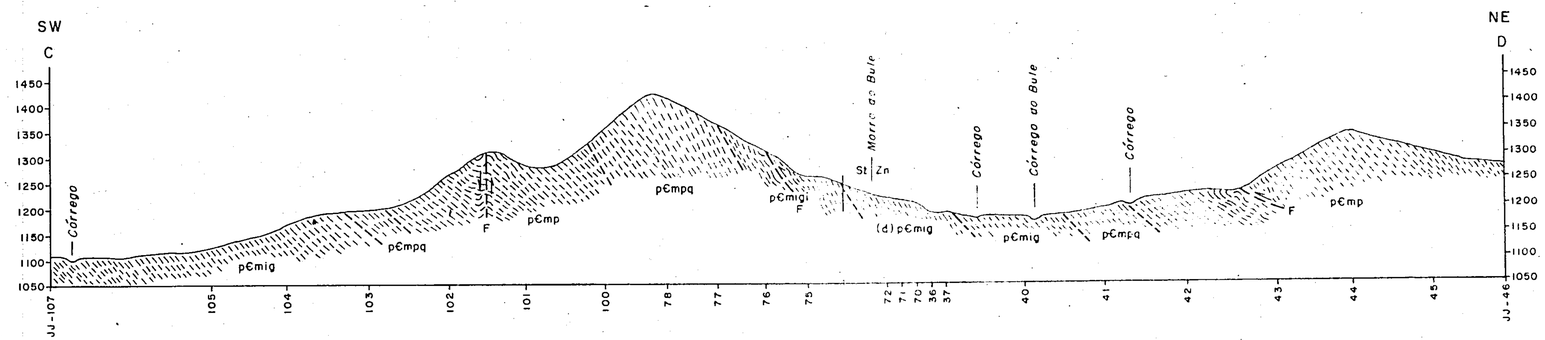
F — Falha de empurrão inferida

DIREÇÃO N 34°E

E.H. - 1:12 500

E.V. - 1:10 000





PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO

PERFIL C-D : MORRO DO BULE

ROCHA

CONVENÇÕES GEOQUÍMICAS

——— Fe - (% x 10)

- - - - Mn - (÷ 10)

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

PRÉ - CAMBRIANO

GRUPO PIRACICABA

- p€mpq — Quartzitos
- p€mp — Filito com pouco quartzito e grauvaca, sem distinção

GRUPO ITABIRA

FORMAÇÃO GANDARELA

- p€migi — Itabirito dolomítico e itabirito
- p€mig — (d), dolomito; xisto e filito

FORMAÇÃO CAUÊ

- p€mic — Itabirito

Contato aproximado

Falha indiscriminada inferida

Falha de empurrão inferida

DIREÇÃO N 34° E

E.H. - 1:12.500
E.V. - 1:10.000

ponível à época da sedimentação carbonática; mais especificamente, não tende a se concentrar nestes horizontes. O conteúdo médio de Mn na Formação Gandarela pode ser considerado relativamente elevado e variável em torno de 4000 ppm nas diversas litologias, evidenciando uma abundância muitas vezes superior à encontrada nos filitos do Grupo Piracicaba.

Também no morro do Bule os dolomitos da Formação Gandarela distinguem-se pelos altos conteúdos de manganês, variáveis de 3500 a 5000 ppm, ao passo que a abundância em ferro restringe-se a cerca de 1,5%, novamente em oposição à tendência do manganês no sentido de um enriquecimento primário nessas rochas. As demais litologias amostradas apresentam conteúdos extremamente variados, em que pese a similitude no comportamento dos elementos maiores, na medida que são flagrantes as diferenças entre tipos como filitos, quartzitos e itabiritos.

Estas observações aqui realizadas sobre a distribuição dos elementos maiores em perfis de amostragem não se altera no quadro regional, ou seja, naquelas amostras tomadas em associação aos sedimentos de corrente.

5.5.4 - Solos

5.5.4.1 - Cobre, chumbo e zinco

As principais feições da distribuição dos metais-traço em solos podem ser estimadas a partir do estudo piloto desenrolado na área-teste ao sul do Complexo de Bação, salientando-se uma marcante tendência no sentido de uma homogeneização dos teores, mantidas as faixas de variações normais.

Mod. 002

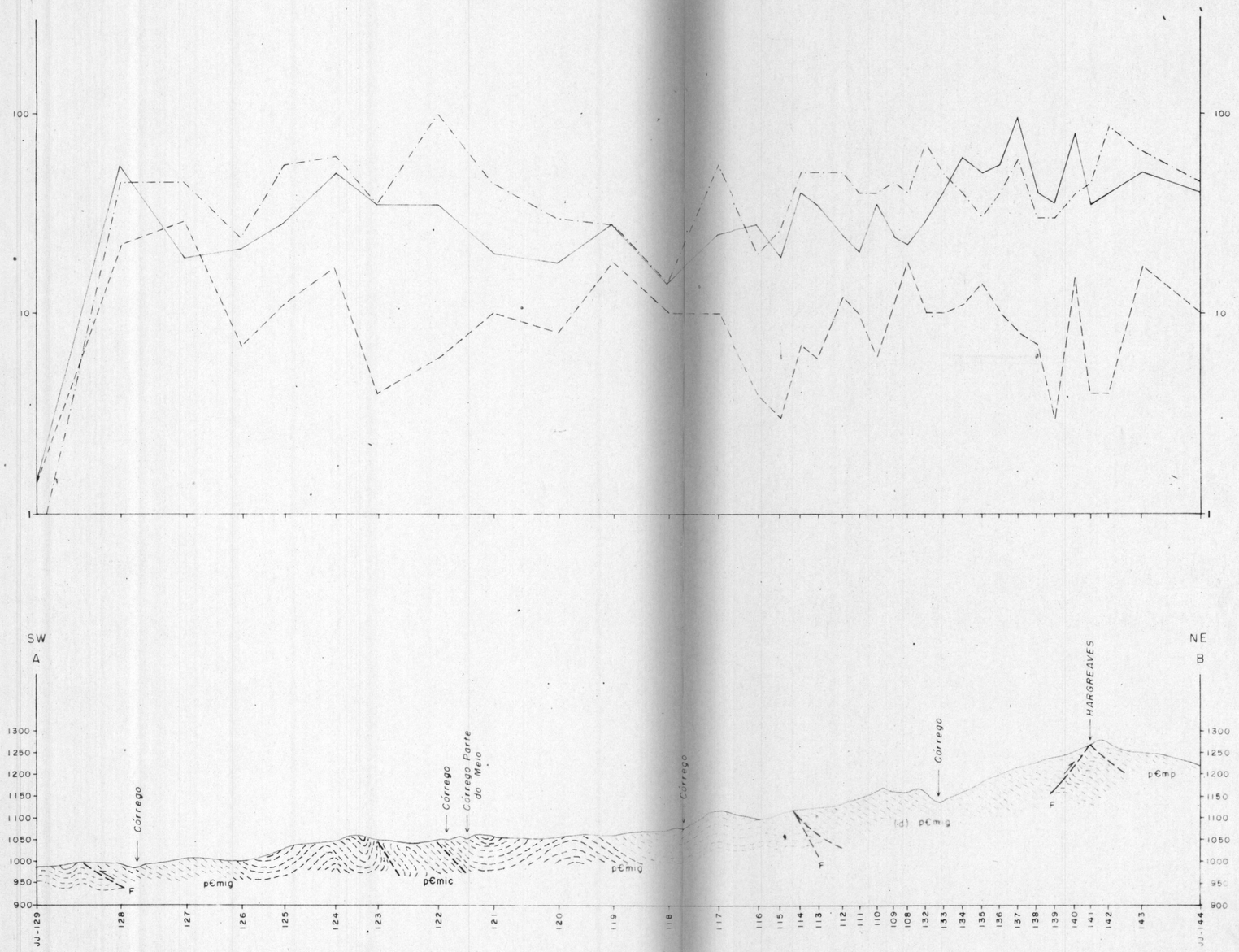
NE 7530.0210.0343

Em Hargreaves (perfil A-B), o zinco sustenta, com um certo rigor, a mesma concentração observada nas rochas, mas nos solos de dolomitos há um nítido processo de enriquecimento secundário através de uma majoritária atuação de fenômenos hidromórficos; os acréscimos verificados nos solos em questão são da ordem de 8 vezes em relação às rochas dos mesmos sítios. Também no caso do cobre pode ser observada uma concentração secundária - em média, mais de 10 vezes os teores determinados nas rochas - no fácies dolomítico da Formação Gandarela, embora haja uma discreta tendência deste fenômeno manifestar-se igualmente na zona de decomposição das outras litologias. Enquanto o panorama da distribuição dos elementos Cu e Zn está virtualmente invertido, ao menos com relação ao horizonte de rochas carbonáticas, o chumbo mantém um baixo teor médio no ambiente secundário, com cerca de 10 ppm, destacando-se ainda o fato de que não há acréscimos sensíveis nos solos de dolomitos. Um outro aspecto bastante significativo que pode ser deduzido deste perfil executado numa região desprovida de mineralizações, refere-se aos teores de até 100 ppm de Zn e de Cu nos solos ali encontradiços, e que correspondem a concentrações normais, sem vínculos comprovados com depósitos de sulfetos. Uma conclusão geoquímica do maior interesse reside no fato de que, diante da tendência destes elementos - cobre e zinco, em especial o primeiro - sofrerem processos de enriquecimento de maior ou menor intensidade no ambiente secundário, as anomalias em sedimentos devem ser vistas, "a priori", com uma razoável dose de reserva.

O comportamento dos elementos em apreço sobre a zona mineralizada do morro do Bule é bastante divergente

Mod. 002

NE 7530.0210.0343



PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO

PERFIL A-B : HARGREAVES

SOLO - PROF. 0,30-0,50 m - FRAÇÃO :-80 mesh

CONVENÇÕES GEOQJÍMICAS

Cu-ppm

Pb-ppm

Zn-ppm

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

PRÉ-CAMBRIANO

GRUPO PIRACICABA

p€mp — Filito com pouco quartzito e grauvaca, sem distinção

GRUPO ITABIRA

FORMAÇÃO GANDARELA

p€mig — (d), dolomito, xisto e filito

FORMAÇÃO CAUÊ

p€mic — Itabirito

Contato aproximado

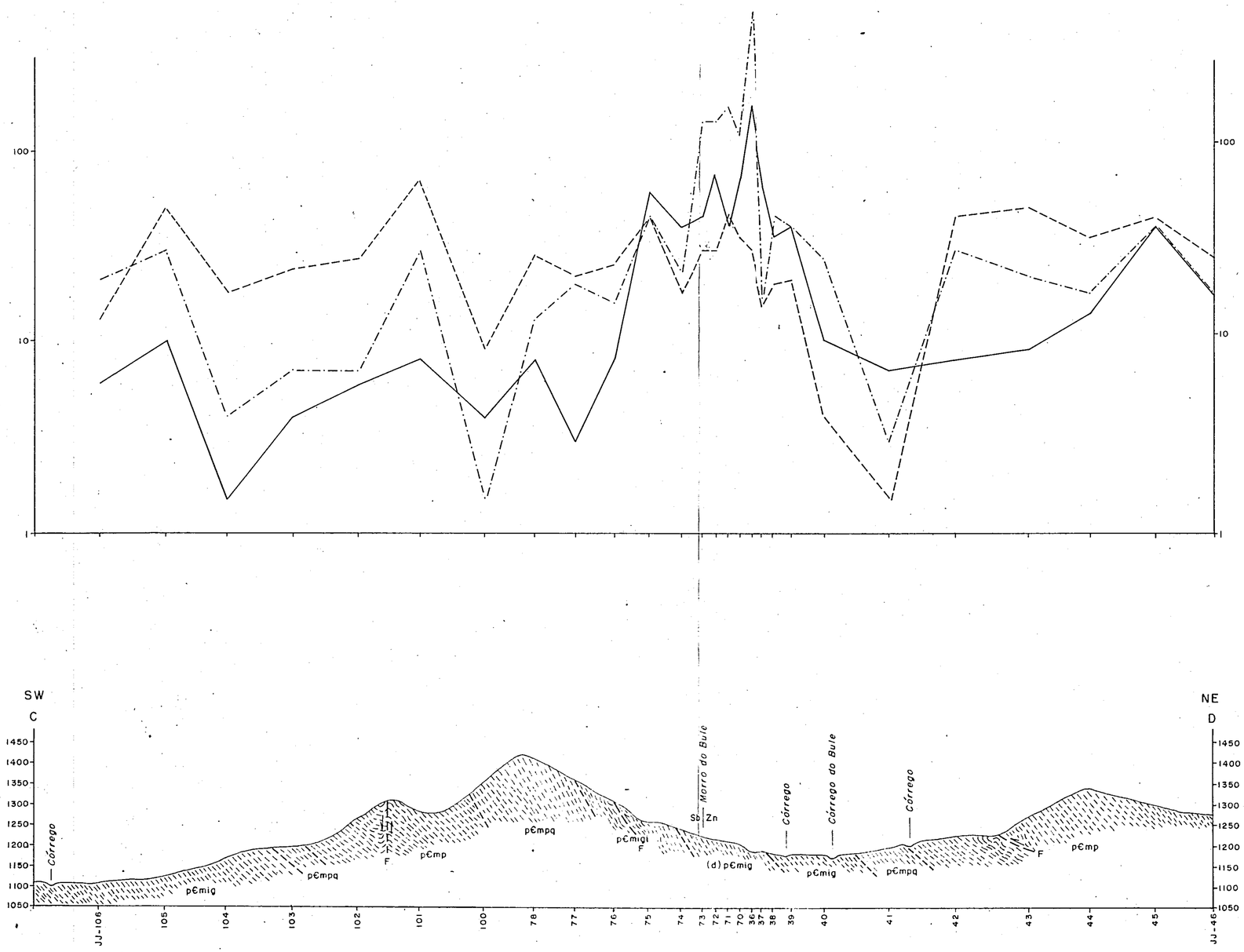
F — Falha indiscriminada inferida

F — Falha de empurrão inferida

DIREÇÃO N 34°E

E H. - 1 12 500

E V. - 1 10 000



PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO

PERFIL C - D : MORRO DO EULE

SOLO - PROF. 0,30-0,50 m - FRAÇÃO: -80 +120 mesh

CONVENÇÕES GEOQUÍMICAS

——— Pb - ppm

- - - - - Cu - ppm

—·—·— Zn - ppm

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

PRÉ - CAMBRIANO

GRUPO PIRACICABA

p€mpq	Quartzitos
p€mp	Filito com pouco quartzito e grauvaca, sem distinção

GRUPO ITABIRA

FORMAÇÃO GANDARELA

p€migi	Itabirito dolomítico e itabirito
p€mig	(d), dolomito; xisto e filito

FORMAÇÃO CAUÊ

p€mic	Itabirito

Contato aproximado

Falha indiscriminada inferida

Falha de empurrão inferida

DIREÇÃO N 34°E

E.H. - 1:12.500
E.V. - 1:10.000

entre si: o cobre (30 ppm) volta a evidenciar uma desvinculação em relação à ocorrência sulfetada, o zinco (500 a 650 ppm) identifica claramente o depósito, bem como o chumbo, com cerca de 200 ppm, salientando-se que este metal tende a se concentrar sobremaneira nas frações mais finas do solo, onde atinge o dobro do teor detectado nas frações mais grosseiras; algumas anomalias esporádicas de até 700 ppm de Pb indicam, outrossim, a provável presença de grãos minerais (galena) na fração +40 mesh. No contexto geral, a extrema variação faciológica da região amostrada introduz novamente o conceito de uma distribuição semelhante dos metais-traço considerados, mas ficou particularmente evidenciado um substancial acréscimo dos conteúdos metálicos nos solos de dolomitos, mercê do pH menos ácido que ali se faz sentir. Por último, cabe chamar a atenção para uma característica do cobre nos solos de rochas metapelíticas, quando valores superiores a 50 ppm podem ser tomados como normais, no sentido de que não indicam necessariamente a existência de processos mineralizantes. Ainda que tenha sido constatada uma certa lixiviação deste metal nos solos de filitos, o teor médio mantém-se relativamente elevado no ambiente secundário. Conforme já demonstrado na região de Hargreaves, também aqui esta observação implica em que há uma grande chance das anomalias de cobre em sedimentos não encerrarem um maior significado, ou seja, podem ser decorrentes de rochas(filíticas, por exemplo)com maiores concentrações deste metal.

As demais amostras coletadas para compor as investigações regionais, mostram que o chumbo apenas raramente atinge 25 ppm nos solos. Os valores mais expressivos de Cu (70 a 90 ppm) e Zn (100 a 230 ppm) foram detectados

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

nos solos de filitos do Grupo Piracicaba mas, tal como acontece com os dados pertinentes às rochas, fornecem um maior subsídio à compreensão da distribuição dos metais-traço em sedimentos de corrente somente nas regiões da serra do Curral e de Dom Bosco-Ouro Preto, ao sul do Complexo de Bação.

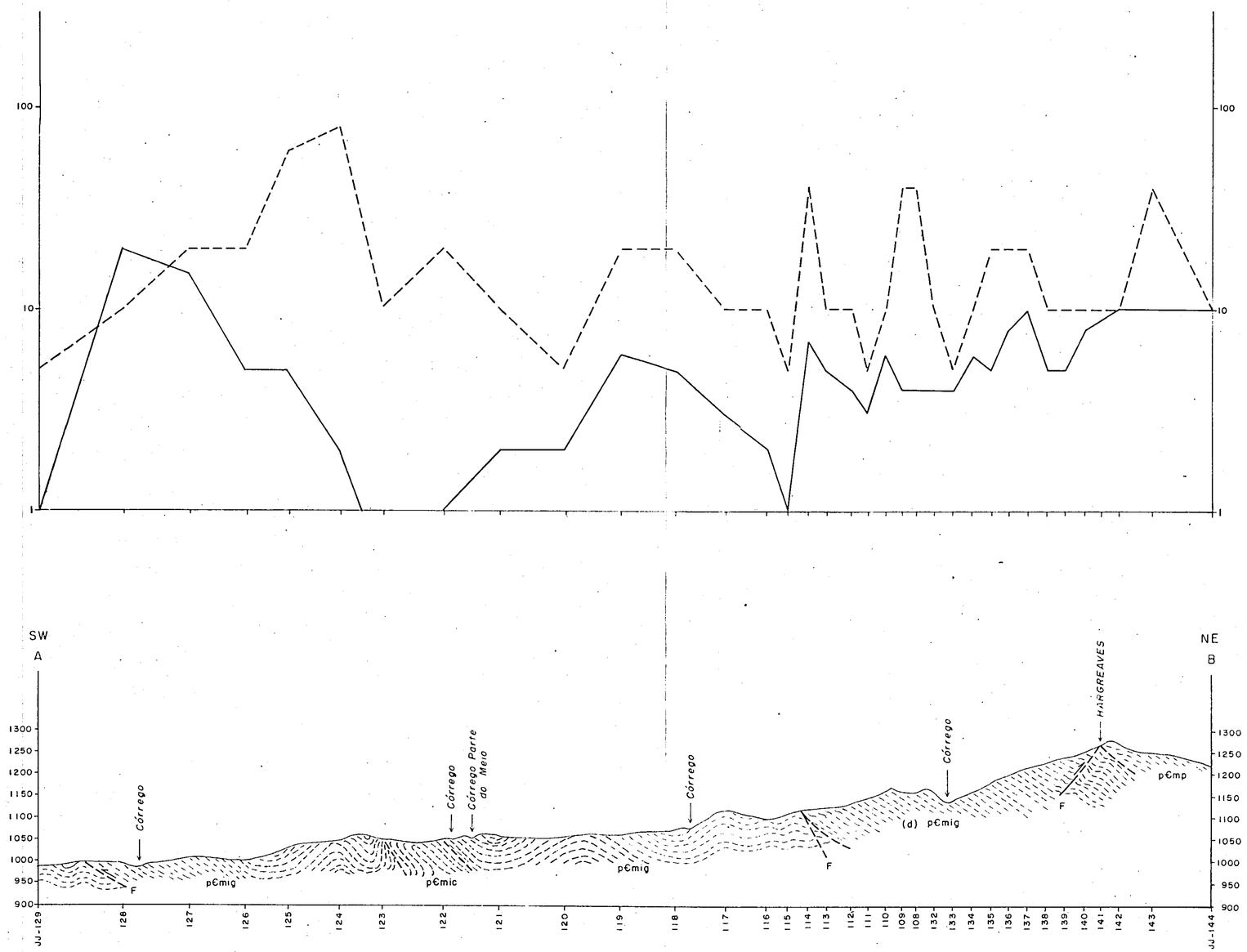
5.5.4.2 - Antimônio e arsênio

Na região de Hargreaves, o antimônio apresenta sensíveis aumentos nos solos, em especial naqueles formados sobre rochas dolomíticas onde experimenta acréscimos médios de 20 a 30 vezes superior ao conteúdo das rochas (menos de 1 ppm); em muito menor proporção, o fenômeno se repete também no âmbito das demais litologias da Formação Gandarela, ao passo que nos solos dos filitos Piracicaba este quadro da distribuição do Sb mantém-se inalterado. Esta tendência manifestada pelo Sb no sentido de um enriquecimento no ambiente secundário ou, no mínimo, uma manutenção da abundância original, indica a possível formação de minerais estáveis ou a sua fixação em argilo-minerais. Com relação ao arsênio, há uma aparente ou mesmo discreta depleção no conteúdo deste metal em grande parte dos solos do perfil, em contraposição a um pequeno enriquecimento secundário que sofre nas zonas itabiríticas e dolomíticas da Formação Gandarela; nestas últimas zonas parece ocorrer uma diminuição na mobilidade do metal em apreço, devido à atuação de um grau de acidez mais próximo da neutralidade e uma maior quantidade de ferro disponível no solo.

Outros aspectos do comportamento desses metais-traço podem ser apreendidos no perfil do morro do Bule.

Mod. 002

NE 7530.0210.0343



PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO

PERFIL A-B : HARGREAVES

SOLO - PROF. 0,30-0,50 m - FRAÇÃO: - 80 mesh

CONVENÇÕES GEOQUÍMICAS

As - ppm

Sb - ppm

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

PRÉ - CAMBRIANO

GRUPO PIRACICABA

p€mp — Filito com pouco quartzito e grauvaca, sem distinção

GRUPO ITABIRA

FORMAÇÃO GANDARELA

p€mig — (d), dolomito; xisto e filito

FORMAÇÃO CAUÊ

p€mic — Itabirito

Contato aproximado

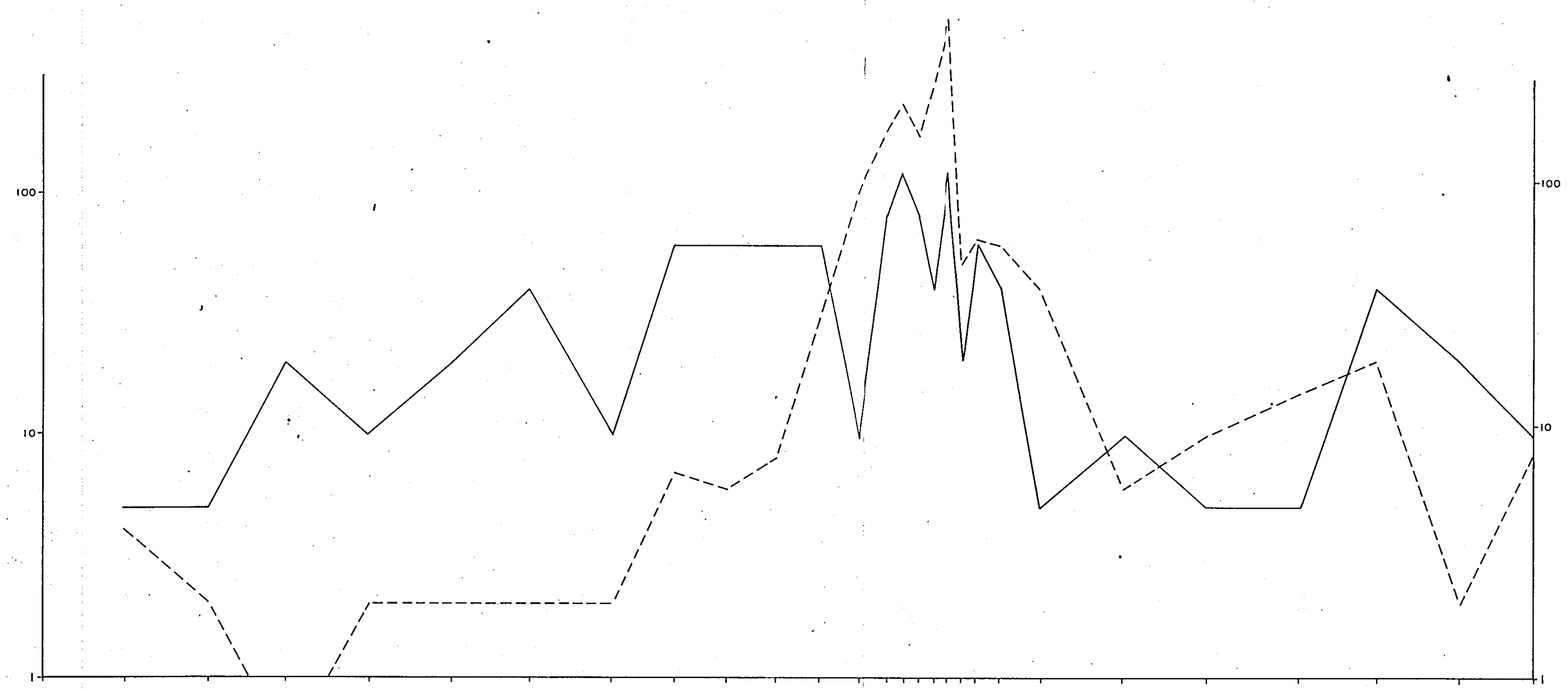
Falha indiscriminada inferida

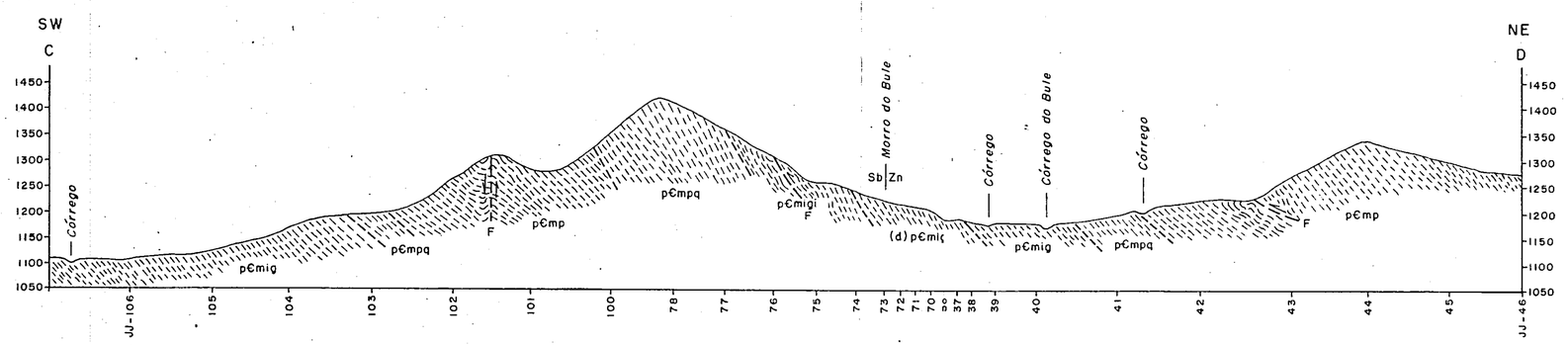
Falha de empurrão inferida

DIREÇÃO N 34°E

E.H.- 1:12.500

E.V. - 1:10.000





PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO

PERFIL C - D : MORRO DO BULE

SOLO - PROF. 0,30 - 0,50 m - FRAÇÃO: -80 + 120 mesh

CONVENÇÕES GEOQUÍMICAS

——— As - ppm

- - - - - Sb - ppm

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

PRÉ - CAMBRIANO

GRUPO PIRACICABA

- p€mpq — Quartzitos
- p€mp — Filito com pouco quartzito e grauvaca, sem distinção

GRUPO ITABIRA

FORMAÇÃO GANDARELA

- p€migi — Itabirito dolomítico e itabirito
- p€mig — (d), dolomito; xisto e filito

FORMAÇÃO CAUÊ

- p€mic — Itabirito

Contato aproximado

Falha indiscriminada inferida

Falha de empurrão inferida

DIREÇÃO N 34° E

E.H. - 1:12.500
E.V. - 1:10.000

Os teores mais elevados do arsênio identificam-se com os solos da Formação Gandarela, onde há também uma maior riqueza em ferro, mas os máximos de 120 ppm daquele metal não indicam necessariamente a presença da mineralização sulfetada, uma vez que valores idênticos são observados em diferentes pontos, profundidades e frações do mesmo perfil. Com relação ao antimônio, ficou especialmente patenteada a zona de dolomitos e a mineralização zinco-antimonífera, onde quase atinge 1000 ppm no solo, em alto contraste com o "background" em torno de 100 ppm. Fora da Formação Gandarela, e principalmente dos seus horizontes dolomíticos, não há aumentos expressivos na abundância desses elementos no ambiente secundário.

Algumas considerações adicionais ainda podem ser tecidas sobre os elementos prata e ouro. Nos perfis orientativos, houve uma detecção bastante frequente destes metais, mas a prata só foi registrada em amostras da região do morro do Bule, com valores de até 3 ppm (junto à mineralização), ao passo que o ouro exibe diversas anomalias, alcançando quase 1 ppm sobre o depósito sulfetado. Também foram verificadas anomalias de ouro em solos das áreas de Mariana (0,25 ppm), Barão de Cocais e serra do Curral (0,1 ppm). Quanto ao arsênio, os valores mais significantes (60 a 120 ppm) localizam-se nas mesmas áreas anômalas para ouro, e o antimônio só apresenta uma maior abundância (15 a 35 ppm) nos solos da região situada entre Miguel Burnier e Hargreaves. Desta forma, os dados regionais obtidos para estes elementos vêm juntar-se aos já discutidos para os sedimentos de corrente, no sentido de conferir uma maior importância às referidas áreas.

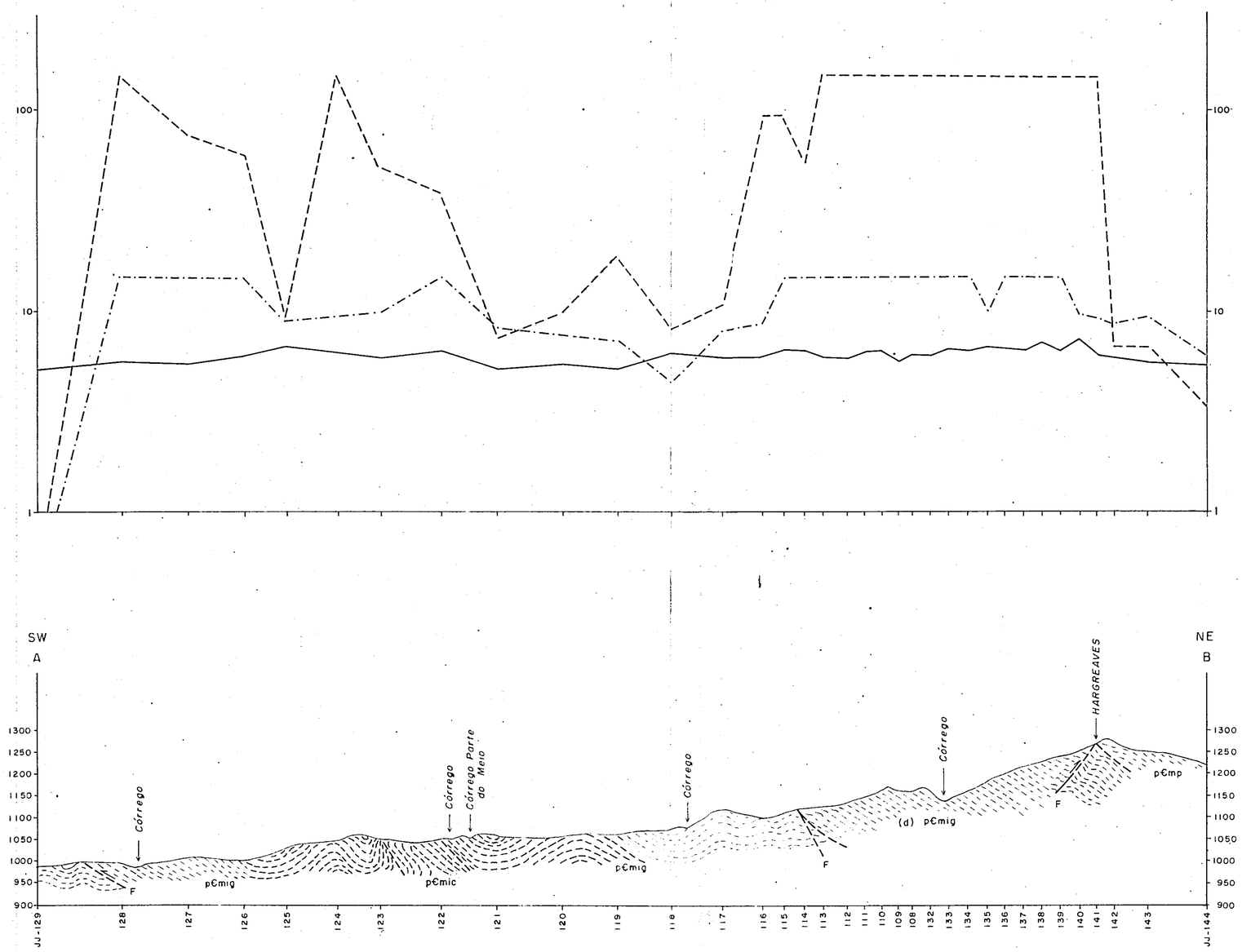
Mod. 002

NE 7530.0210.0343

5.5.4.3 - Ferro e Manganês

A observação do perfil de Hargreaves (A-B, em anexo) leva à constatação de que o Fe num ambiente dolomítico com pH do solo próximo à neutralidade sofre pronunciado enriquecimento secundário. Há uma distinção entre zonas itabiríticas e dolomíticas, com 10% ou mais de Fe, e os solos de filitos e quartzitos, pois nestes últimos não ocorre uma geração tão proeminente de óxidos secundários e hidróxidos. Cabe salientar que nos solos de dolomitos dão-se aumentos da ordem de 20 vezes em confronto com o teor de Fe nas rochas subjacentes. Também o manganês tende a sofrer um enriquecimento nos seus conteúdos, quando da passagem para o ambiente secundário, em particular na zona dolomítica da Formação Gandarela. Sem dúvida alguma, este comportamento dos elementos maiores, aliado à sua notória capacidade de capturar metais-traço, é parcialmente responsável pelas variações nas distribuições de Cu, Zn e As, quiçá mesmo do Sb.

Na região do morro do Bule (perfil C-D) e à semelhança dos demais metais, também para os elementos ferro e manganês tem-se que o controle exercido na sua distribuição deriva de fatores como a litologia original e a acidez do ambiente secundário. Nos solos de filitos,mercê de um pH francamente ácido, tende a haver uma diminuição no conteúdo de manganês, ao passo que a fixação do ferro é apenas moderada. Nos solos arenosos derivados das rochas quartzíticas, nos quais o pH não raro se situa abaixo de 5, os níveis de concentração são dos mais baixos, devido à intensa lixiviação; por outro lado, a comparação com os dados obtidos para os quartzitos subjacentes



PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO

PERFIL A-B : HARGREAVES

SOLO - PROF. 0,30-0,50 m - FRAÇÃO: -80 mesh

CONVENÇÕES GEOQUÍMICAS

- - - - - Mn-ppm (÷ 100)

-·-·- Fe - %

——— pH

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

PRÉ - CAMBRIANO

GRUPO PIRACICABA

pЄmp — Filito com pouco quartzito e grauvaca, sem distinção

GRUPO ITABIRA

FORMAÇÃO GANDARELA

pЄmig — (d), dolomito; xisto e filito

FORMAÇÃO CAUÊ

pЄmic — Itabirito

Contato aproximado

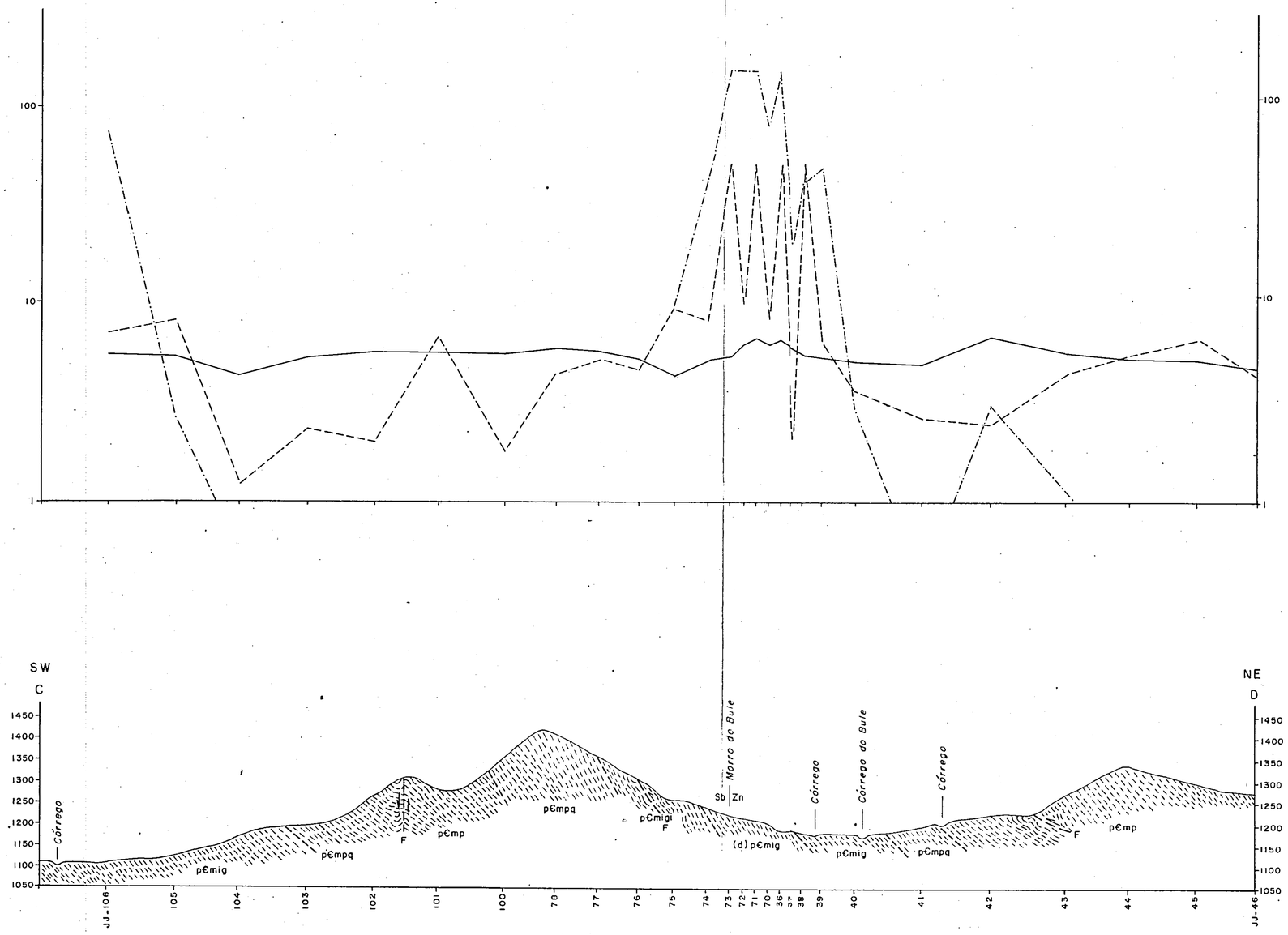
F — Falha indiscriminada inferida

F — Falha de empurrão inferida

DIREÇÃO N 34°E

E.H. - 1:12.500

E.V. - 1:10.000



PROJETO GEOQUÍMICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

GEOQUÍMICA PILOTO

PERFIL C - D : MORRO DO BULE

SOLO - PROF. 0,30 - 0,50 m - FRAÇÃO: - 80 + 120 mesh

CONVENÇÕES GEOQUÍMICAS

——— pH - ppm

- - - - Fe - %

—·—·— Mn - ppm (÷ 100)

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

PRÉ - CAMBRIANO

GRUPO PIRACICABA

- pЄmpq — Quartzitos
- pЄmp — Filito com pouco quartzito e grauvaca, sem distinção

GRUPO ITABIRA

FORMAÇÃO GANDARELA

- pЄmigi — Itabirito dolomítico e itabirito
- pЄmig — (d), dolomito; xisto e filito

FORMAÇÃO CAUÊ

- pЄmic — Itabirito

Contato aproximado

Falha indiscriminada inferida

Falha de empurrão inferida

DIREÇÃO N 34° E

E.H. - 1:12.500
E.V. - 1:10.000

indica um aparente enriquecimento, mas a explicação mais plausível ganha apoio na hipótese de misturas variáveis dos solos coluvionares. Contudo, tal como sucede com os metais-traço, o enriquecimento dos elementos definidores toma impulso na zona carbonática da Formação Gandarela, diante da maior acumulação de argilas e as condições menos ácidas do ambiente, que tende, inclusive, para a neutralidade. Nesta mesma zona dolomítica, é importante notar, não há uma influência perceptível sobre a concentração dos metais-traço no nível mineralizado (ponto JJ-36), embora os óxidos secundários e hidróxidos de Fe e Mn devam acarretar acréscimos locais e contribuir na fixação daqueles metais no solo.

Este é o panorama das influências exercidas pelos elementos Fe e Mn, bem como pelo grau de acidez, sobre a distribuição dos elementos menores, e que se mantém nos dados do levantamento regional.

5.5.5 - Seixos

5.5.5.1 - Cobre, chumbo e zinco

As amostras de seixos resultaram em contrastes bastante elevados para os elementos cobre (até 290 ppm) e zinco (até 340 ppm), ao passo que para o chumbo não foram observadas variações significativas, pois o valor máximo registrado foi de apenas 30 ppm. Este aspecto dos contrastes para cobre e zinco deve ser ressaltado principalmente pelo fato de que eles são mais pronunciados nos seixos do que nos demais tipos de materiais, só igualados em parte pelas anomalias em rochas, bem como porque a densidade de coleta - número de observações - foi a menor dentre todas, com 1 amostra para cerca de 20 km^2.

Mod. 002

NE 7630.0210.0343

As principais "anomalias" foram detectadas na região de Ouro Preto (240 ppm de Zn, além de 0,25 ppm de Au e 0,5 ppm de Ag) e a sudoeste de Barão de Cocais, na denominada "sinclinal Gandarela" (190 a 270 ppm de Cu e 200 a 340 ppm de Zn), salientando-se que as mesmas se fazem acompanhar de altos conteúdos de manganês, quase que invariavelmente com mais de 10.000 ppm, e, em menor escala, de ferro. Esta associação evidencia a possibilidade de fenômenos de captura, mas até o momento nenhum estudo foi encetado neste sentido; uma consideração que se junta a estas formulações reside nos altos coeficientes de correlação Cu/Mn e Zn/Mn (vide matriz, tabela 17).

Como a amostragem de seixos, pela sua própria natureza, tende a ampliar grandemente os processos de concentrações metálicas, sejam eles relacionados a mineralizações ou apenas a fatores do ambiente secundário, resultaram destacadas também justamente as formações mais promissoras, como a Sabará, Fecho do Funil e Gandarela, aqui enumeradas segundo a ordem de importância das anomalias que encerram.

5.5.5.2 - Antimônio e arsênio

Também no caso destes elementos ficou comprovada a excelência da amostragem de seixos, visto que levou à percepção de feições adicionais de grande relevância na caracterização de zonas mais prospectáveis. Assim é que na região de Ouro Preto-Mariana, bem como na serra do Ouro Preto, tem-se anomalias de 80 a 120 ppm de arsênio e 14 ppm de antimônio, valores estes que ratificam a hipótese de mineralizações relativamente generalizadas nesta porção da área trabalhada. Contudo, é próximo à localida

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

de de Barão de Cocais que os resultados para arsênio (mais de 300 ppm) e antimônio (14 ppm) assumem um vínculo mais estreito com um dos horizontes auríferos da referida região, ainda mais que uma ênfase toda especial é dada pela própria anomalia de 1,5 ppm de ouro, igualmente ali incidente.

A importância de todos estes dados pode ser melhor avaliada mediante um confronto com os conteúdos médios de antimônio e arsênio nos seixos do Quadrilátero Ferrífero, respectivamente 1 e 9 ppm.

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

6 - DISCUSSÃO DAS ANOMALIAS

6.1 - Sedimentos de corrente

6.1.1 - Anomalias de cobre, chumbo e zinco

Amostras CP-2 e CP-5

As anomalias de Cu (55 ppm), Pb (55 ppm) e Sb (7 ppm) da amostra CP-2 e a de Pb (30 ppm) da amostra CP-5, situadas a SW de Belo Horizonte, encontram-se em meio aos xistos e filitos da Formação Sabará, sofrendo também influência das litologias das Formações Gandarela (mineralizada em antimônio), Fecho do Funil e Cercadinho. Apesar destes pontos se localizarem em bacias de captação diferentes, há indícios de uma certa semelhança entre eles, no tocante às feições do ambiente secundário. Assim, os elevados teores de Ferro (8,2 a mais de 10%) e manganês (até 7500 ppm) detectados nas amostras, parecem influir parcialmente na significância das anomalias através do processo de captura dos metais-traço Cu e Pb pelos hidróxidos daqueles elementos, favorecido pelo pH próximo à neutralidade. Também os baixos contrastes anomalia/limiar obtidos para os elementos Cu e Pb, e a fraca intensidade do valor de 7 ppm de Sb, desaconselham investigações mais detalhadas, embora o conteúdo de Pb do ponto CP-2 possa estar ligado às rochas carbonáticas da Formação Gandarela, à montante.

Amostra CP-7

Esta amostra acha-se localizada ao sul de Belo Horizonte, em meio aos xistos e filitos do Grupo Nova Lima, com pequena influência das rochas das Formações Cauê, Batatal e Moeda. O teor anômalo de Cu (65 ppm) detectado

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

na amostra, além do valor relativamente elevado de Sb, foram confirmados por conteúdos expressivos obtidos para a maioria dos elementos-traço analisados nas amostras CP-6, CP-8 e CP-14, coletadas na mesma bacia de captação. A existência de um ambiente favorecido pelo pH fracamente ácido (5,8) implica na necessidade de melhores estudos na região, devido a ausência de informações mais detalhadas da geologia local.

Amostra CP-15

A anomalia de zinco (85 ppm) detectada nesta amostra, situada à leste da serra da Moeda, nas proximidades da represa Capitão da Mata, acha-se condicionada aos filitos e quartzitos da Formação Cercadinho, sofrendo expressiva influência dos dolomitos da Formação Gandarela e do itabirito Cauê. Este valor, de intensidade pouco superior ao limiar determinado, aparentemente se relaciona mais com as rochas carbonáticas do Grupo Itabira ocorrentes à montante do ponto, do que com as rochas puramente clásticas da Formação Cercadinho. Embora o pH fracamente ácido obtido (5,9) favoreça a distribuição do elemento-traço no ambiente secundário, melhores estudos se fazem necessários, principalmente no tocante às análises químicas e à coleta de outros tipos de materiais,que certamente indicariam a fonte da anomalia provável.

Amostras HR-11, HR-20, HR-36, JJ-18, JJ-19, JJ-20, JJ-57 e JJ-69

Situadas numa zona constituída predominantemente de rochas metapelíticas do Grupo Piracicaba,na região do distrito de Dom Bosco, apresentam valores anômalos de Cu (75 a 100 ppm) e de Zn (85 a 95 ppm), além de conteú

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

dos também anômalos de Sb (19 a 40 ppm). Trata-se de uma região com escassas informações geológicas, litologicamente distinta da área do morro do Bule e localmente com lentes de dolomito e raros horizontes de filitos dolomíticos, aparentemente condicionando as anomalias referidas. Isto é facilmente verificado nas amostras HR-11, HR-36, JJ-19, JJ-57 e JJ-69, cujas associações obtidas (Cu-Zn-Sb) são controladas pela presença de zonas carbonáticas à montante dos pontos, provavelmente pertencentes à Formação Fecho do Funil, com reais possibilidades de encerrarem mineralizações sulfetadas. Os teores de Fe situam-se, de um modo geral, em torno da média no citado Grupo, e os de Mn, pouco acima do "background", não evidenciando fenômenos de adsorção dos metais-traço nos óxidos secundários, mesmo obtendo-se valores de pH ácido a levemente alcalino. No caso particular das anomalias de zinco, verifica-se que se situam pouco acima do limiar e são fracamente contrastantes com o "background", no que provavelmente se relacionam com os altos teores deste metal no Grupo Piracicaba. Todavia, face a intensidade das concentrações metálicas de Cu e Sb, confirmadas ainda por algumas amostras de solo, seixo, rocha e concentrado, é de fundamental interesse um adequado aprofundamento na prospecção da região em apreço.

Amostras HR-27 e HR-43

As anomalias de Cu (120 ppm) e Pb (60 ppm) respectivamente das amostras HR-27 e HR-43, localizadas a noroeste de Hargreaves, assumem "a priori" papel importante na área, tendo em vista a obtenção de valores relativamente expressivos e até anômalos dos elementos Cu, Pb, Zn, Sb e As, detectados tanto em algumas amostras de sedi

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

mento, como em outros materiais desta região.

A amostra HR-27 situa-se sob o domínio dos xistos e filitos Nova Lima, com contribuição marcante dos dolomitos da Formação Gandarela, dos filitos e quartzitos do Grupo Piracicaba e com menor frequência do itabirito Cauê. Apesar do contraste anomalia/"background" obtido (5,5) não se situar entre os mais elevados, a confirmação da anomalia através da amostra de concentrado, além dos baixos teores de Fe e Mn obtidos, relevam, em muito, a importância desta, principalmente em função da presença de dolomitos à montante desta estação. Também condicionada aos xistos e filitos do Grupo Nova Lima, sob influência dos dolomitos Gandarela, a amostra HR-43 não assume destaque tão grande como a anterior pois, além de apresentar pequena área de captação, os conteúdos altíssimos de ferro (mais de 10%) e de manganês (8000 ppm) podem realmente influir na representatividade da anomalia, mesmo obtendo-se um contraste bem expressivo (7,9), calculado em comparação com outras amostras coletadas na sequência litológica do Grupo Nova Lima.

Amostra HR-49

Esta amostra, situada nas proximidades de Rodrigo Silva e inserida na sequência metassedimentar da Formação Sabará, localmente constituída por xistos e filitos, sofrendo ainda influência por parte dos filitos da Formação Fecho do Funil, apresenta conteúdo anômalo de Zn (90 ppm). Contudo, este valor é pouco expressivo, pois se encontra ligeiramente acima do limiar determinado para a Formação Sabará, aliado ao baixo contraste anomalia/"background" resultante. Por outro lado, a obtenção de conteú

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

dos anômalos de Sb (40 ppm) e As (40 ppm) nesta mesma amostra pode estar condicionada à presença de prováveis horizontes carbonáticos intercalados nos filitos Fecho do Funil dispostos à montante do ponto. Uma verificação nesta área, através de trabalhos geológicos e geoquímicos, definiria certamente a significância das anomalias detectadas.

Amostra HR-59

Coletada em meio aos filitos e quartzitos da Formação Cercadinho e localizada ao norte de Rodrigo Silva, esta amostra apresenta valor anômalo de Cu (80 ppm) e teor médio de zinco e alto de antimônio, confirmados por valores semelhantes obtidos na amostra duplicata e nas réplicas coletadas nesta mesma estação. É discutível a potencialidade dessa Formação quanto a se constituir num ambiente propício a mineralizações sulfetadas, o que associado à discordância dos baixos teores obtidos em outras amostras coletadas nas proximidades, além de um provável processo de adsorção dos elementos-traço (Cu e Zn) nos óxidos secundários de manganês, reduz em muito a representatividade da anomalia, tornando-a irrelevante principalmente em relação a outras áreas mais promissoras.

Amostras HR-100 e HR-103

Os valores anômalos de Cu (60 ppm) e os teores médios a elevados de Zn detectados nestas amostras localizadas nas circunvizinhanças de Ouro Preto e inseridas nos xistos e filitos da Formação Sabará, talvez reflitam, com mais propriedade, uma variação normal dos conteúdos metálicos desta Formação, a julgar pelos baixos contrastes, com os teores situando-se ligeiramente acima do limiar. Embo

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

ra os conteúdos de Fe (3,6 e 4,0%) e Mn (1000 a 1300 ppm) estejam em torno da média, há possibilidades, em função do pH neutro, da ocorrência do fenômeno de captura dos elementos-traço pelos óxidos secundários e hidróxidos daqueles elementos maiores. Apesar disto, a obtenção de concentrações expressivas de Cu (45 ppm) e especialmente de Zn (190 ppm) na amostra de rocha coletada no ponto HR-100, requer uma reamostragem na área, com o objetivo de esclarecer as anomalias e definir aspectos de caráter geoeconômico.

Amostra HR-146

Localizada na zona de xistos e filitos da Formação Sabará, a noroeste de Mariana, esta amostra apresentou anomalia do elemento Cu (55 ppm) a nível de limiar. Apesar do também baixo contraste anomalia/"background" (em torno de 3), os baixos conteúdos de ferro e manganês, mormente deste último, e com o pH igual 5,7 favorecendo, de certa forma uma dispersão do metal no ambiente secundário, levam à exigência de estudos complementares na área, em função da própria potencialidade da sequência metassedimentar da Formação Sabará em encerrar concentrações metálicas expressivas.

Amostra HR-192

Localizada ao norte da represa do Peti, apresentou-se anômala para Cu (70 ppm) e com um valor médio de zinco, encontrando-se no domínio dos filitos da Formação Batatal e sob expressiva influência dos itabiritos e dolomitos do Grupo Itabira. Em função do elevado conteúdo de ferro obtido (7,4%), o significado da anomalia torna-se duvidoso, pois ela também pode ser decorrente da presença

Mod. 002 NE 7530.0310.0343

de mineralizações sulfetadas nos dolomitos encontrados à montante do ponto. Uma averiguação adequada faz-se necessária, principalmente no tocante ao grau de dependência do cobre em relação aos óxidos secundários de ferro.

Amostra HR-204

Coletada nas proximidades de Mariana, em meio aos xistos e filitos da Formação Sabará, esta amostra se apresentou anômala para Cu (80 ppm), Pb (26 ppm) e Zn (110 ppm). Aparentemente, a obtenção de valores elevados de Fe (9,0%) e Mn (3300 ppm) parece mascarar a significância das anomalias através do processo de adsorção nos óxidos e hidróxidos destes últimos, apesar do pH ácido (5,9) ser favorável a uma relativa migração dos metais. A insuficiência de maiores detalhes sobre a sequência litológica local, aliada à sugestiva associação metálica obtida nesta amostra, exigem, em princípio, a execução de um reestudo com o intuito de definir a possível dependência dos elementos-traço para com os hidróxidos de Fe-Mn, ou então confirmar a significância das anomalias.

Amostra HR-229

Coletada em meio aos xistos e filitos da Formação Sabará e localizada a noroeste do distrito de Bento Rodrigues, mostrou-se anômala para Cu (55 ppm), com valores médios dos elementos chumbo e zinco. Embora se tenha obtido elevado teor de ferro (6,2%) nesta amostra,que pode em parte mascarar o significado geoquímico da anomalia, esta, por sua vez, parece estar condicionada às litologias Sabará, com o valor detectado possivelmente diluido pela influência das rochas arenosas do Grupo Itacolomi. Uma melhor verificação nesta área torna-se necessária,

Mod. 002 NE 7830.0310.0343

através de estudos adicionais para qualificá-la adequadamente.

Amostra HR-253

A expressiva anomalia de Zn (320 ppm) detectada nesta amostra, coletada a oeste de Santa Rita Durão e inserida na sequência clástica da Formação Fecho do Funil, ali constituída predominantemente por filitos, reflete, "a priori", a possível presença de horizontes mineralizados, tanto nesta Formação (dolomitos?), como em meio às rochas da Formação Sabará, dispostas à montante do ponto. Aparentemente os elevados conteúdos de Fe (mais de 10%) e de Mn (mais de 10.000 ppm) influem sobremaneira no resultado obtido, pois o grau de dependência do zinco para com óxidos secundários dos elementos maiores é notório. A quase total ausência de informações geológicas locais exige que sejam realizados levantamentos mais detalhados na área (além de uma reanálise da amostra), em especial à montante, já que a anomalia em sedimentos não foi confirmada pela amostra de rocha coletada nesta estação.

Amostras HR-326 e HR-473

Os teores anômalos de Cu (110 ppm) e Zn (em torno de 150 ppm) detectados a SW de Barão de Cocais, e relacionados exclusivamente a xistos e filitos da Formação Sabará, representam, "a priori", expressivas concentrações. Embora localmente estes valores não tenham sido corroborados por outras amostras de sedimento e mesmo algumas de solo ali coletadas, regionalmente foi evidenciada, em toda a faixa a SW de Barão de Cocais, onde predominam as litologias do Super-Grupo Minas, uma certa constância de valores elevados e até anômalos, em especial dos elementos

Cu, Pb e Zn, e mais raramente de As e Sb. Esta zona, cujas estruturas apresentam nas proximidades de Barão de Cocais uma direção geral NE, acha-se condicionada ao denominado "sinclinal Gandarela", constituindo-se em um alvo importante para pesquisas mais detalhadas. No caso particular das duas amostras anômalas, alguns fatores como o pH próximo à neutralidade, os elevados teores de Fe (5,6 a 7,5%) e Mn (5000 a 8600 ppm), associados à presença de matéria orgânica (cerca de 10%) podem contudo diminuir sensivelmente a representatividade das anomalias, refletindo concentrações secundárias como, por exemplo, processos de adsorção dos elementos-traço no material orgânico.

Amostra HR-431

Inserida na sequência metassedimentar da Formação Cercadinho, com expressiva influência das litologias da Formação Sabará, esta amostra apresentou valor anômalo de zinco (95 ppm) e teor relativamente elevado de cobre (40 ppm). Localizada a sudoeste de Barão de Cocais, na mesma faixa relacionada à "sinclinal Gandarela", referida quando da descrição das amostras HR-326 e HR-473, a significância da anomalia pode estar mascarada, em função da quantidade de matéria orgânica observada na amostra (cerca de 10%) e do elevado conteúdo de Mn; em adição, a reduzida área de captação (0,33 km^2)deveria permitir a manifestação de contrastes mais pronunciados. Contudo,em se tratando de uma região com possibilidades de encerrar mineralizações, e devido ao fato de que esta anomalia foi de certa forma corroborada por altos teores de algumas outras amostras coletadas nas proximidades, impõe-se a necessidade de trabalhos mais detalhados, que certamente

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

conduzirão a uma resposta adequada sobre o comportamento geoquímico dos elementos-traço nos ambientes secundário e primário.

Amostras HR-446 e HR-447

Estas amostras acham-se localizadas a SW de Barão de Cocais, na mesma zona relacionada à "sinclinal Gandarela" descrita anteriormente, estando sob o domínio do itabirito da Formação Cauê e com expressiva influência das litologias do Grupo Nova Lima. A anomalia de Zn (70 ppm) associada à de As (160 ppm) na amostra HR-446, e as de Cu (70 ppm), Sb (30 ppm) e As (240 ppm) pertinentes à amostra HR-447, refletem, "a priori", associações significativas, apesar dos elevados conteúdos detectados de Fe e Mn, favoráveis ao processo de captura dos elementos-traço, principalmente o Cu e o Zn, pelos óxidos secundários dos elementos maiores, em função do pH neutro dos sedimentos. Porém, estes fatores não eliminam a necessidade de um levantamento detalhado, tendo em vista a potencialidade desta região, no que se refere à presença de ocorrências minerais sulfetadas. Embora não se tenha observado qualquer influência por parte da mineralização aurífera de Gongo Soco, localizada nas proximidades destas amostras, a intensidade dos teores anômalos de arsênio e antimônio parecem indicar possíveis halos de outras mineralizações auríferas.

Amostra HR-451

Coletada à SW de Barão de Cocais, em zonas de domínio de rochas do Grupo Nova Lima, esta amostra se apresentou anômala para Zn (95 ppm), com um conteúdo relativamente elevado de cobre (40 ppm). O pH fracamente ácí

Mod. 002 NE 7830.0210.0343

do (6,0) denuncia um ambiente favorável, ou seja, decorrente da presença de sulfetos, porém a dissonância dos valores obtidos em outras amostras coletadas nas proximidades, faz com que a associação geoquímica detectada assuma um caráter puramente isolado.

Amostra HR-511

Também situada a SW de Barão de Cocais, em meio aos metassedimentos da Formação Sabará, com influência das rochas das Formações Cercadinho, Gandarela e Cauê, esta amostra se apresentou anômala para chumbo (50 ppm). Diante dos resultados obtidos para este elemento na amostra de concentrado, coletada neste mesmo ponto, bem como nas de sedimento, seixo e solo, localizadas à montante, e que não dão uma maior ênfase ao valor isolado de Pb, a anomalia só não perde totalmente seu significado, em virtude de se concentrar na faixa metassedimentar condicionada à "sinclinal Gandarela", de boas possibilidades econômicas.

Amostra HR-574

Esta amostra apresenta 110 ppm de zinco e foi coletada num córrego que drena mormente a sequência metavulcânica e metassedimentar do Grupo Nova Lima, a NW de Caeté, e com pouca influência dos itabiritos da Formação Cauê. Embora este ambiente seja favorável,o pH praticamente neutro (6,7) pode ter possibilitado a atuação de fenômenos de captura dos elementos-traço pelos óxidos secundários de ferro. A insuficiência de maiores detalhes concernentes à geologia local, além da fraca contribuição adicionada pelas amostras de sedimento coletadas nas proximidades do ponto,impossibilitam conclusões mais acuradas no que diz respeito à dispersão dos elementos, dificultando

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

assim a visualização geoquímica da anomalia.

Amostra HR-579

O valor anômalo de Zn (110 ppm) detectado nesta amostra, além do elevado valor de cobre (50 ppm), representam, em princípio, uma associação relativamente expressiva, mas necessitando ainda de melhores investigações. Esta amostra localiza-se a NW de Caeté, num córrego que drena as encostas da serra da Piedade, e encontra-se praticamente sob o domínio das rochas da Formação Sabará (xistos, filitos), com influência menor dos filitos e quartzitos da Formação Cercadinho. O conteúdo de manganês (3000 ppm), embora baixo em relação ao limiar obtido para a Formação Sabará, pode ter conduzido a uma concentração anômala, através do fenômeno de coprecipitação dos elementos-traço nos óxidos secundários e hidróxidos. Apesar dos valores dos elementos analisados em uma amostra de seixo, coletada no mesmo ponto, não corroborarem os dados de sedimentos, a potencialidade da Formação Sabará em conter mineralizações, é um fator de peso no sentido de sugerir uma averiguação mais detalhada da anomalia.

Amostra HR-582

O conteúdo anômalo de zinco (45 ppm) desta amostra, também localizada a NW de Caeté em meio a rochas graníticas do Complexo Basal, acha-se provavelmente condicionado às litologias da Formação Sabará dispostas à montante. Tal fato é facilmente verificado quando são comparados os teores médios regionais do elemento-traço nas duas unidades, denotando valores mais altos na Formação Sabará, de modo que a "anomalia" detectada perde muito com relação ao seu significado geoquímico, tendo em vista ser

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

apenas cerca de duas vezes superior ao "background" nesta unidade.

Amostra HR-586

Está localizada ao norte de Sabará, no domínio de rochas graníticas do Complexo Basal e aparentemente sofre alguma influência por parte da Formação Sabará. Em relação à anomalia de chumbo (40 ppm), embora os teores detectados dos elementos ferro e manganês tenham sido baixos e o grau de acidez encontre-se próximo à neutralidade, a quantidade de matéria orgânica (cerca de 10%) provavelmente influencia através do processo de adsorção. Desta forma, o conteúdo de chumbo, ligeiramente acima do limiar, parece ser decorrente, com mais propriedade, da influência dos fatores do próprio ambiente secundário, do que de possíveis ligações com mineralizações; tendo em vista os baixos contrastes e intensidade da anomalia, bem como a ausência de valores expressivos dos demais elementos-traço, inclusive nas amostras coletadas próximas ao ponto, a sua importância é reduzida sobremaneira.

Amostras JJ-31, JJ-165, JJ-447 e JJ-449

Estas amostras foram coletadas no córrego Morro do Bule, na região do mesmo nome, em meio à sequência carbonática da Formação Gandarela, com exceção da amostra JJ-165, que se localiza no domínio das litologias do Grupo Piracicaba, sofrendo, entretanto, intensa influência por parte da referida zona carbonatada disposta à montante deste ponto. As anomálias de Cu (80 ppm), Pb (35 a 160 ppm), Zn (90 a 100 ppm) e Sb (40 a 160 ppm) refletem a própria presença da mineralização do morro do Bule, constituída por um complexo de sulfetos encaixados no dolomi

Mod. 002 NE 7830.0810.0343

to Gandarela. A proveniência destes conteúdos anômalos em sedimentos foi confirmada principalmente pelas abundâncias nas amostras de rocha e solo dos perfis geoquímicos que cortam a mineralização. Desta forma, as concentrações metálicas acham-se seguramente condicionadas à ocorrência sulfetada e, a partir dos trabalhos de prospecção executados, obteve-se algumas informações sobre o comportamento dos elementos investigados, tanto no ambiente primário como no secundário.

Amostras JJ-52 e JJ-67

Estas amostras estão localizadas a leste do morro do Bule no domínio dos filitos e quartzitos do Grupo Piracicaba, com os córregos drenando ainda quartzitos Caraça; apresentaram anomalias de Zn (95 a 140 ppm) e de Pb (45 ppm) além de valores relativamente expressivos de cobre. Embora os teores dos elementos da amostra de concentrado, coletada no ponto JJ-52, não tenham confirmado os valores obtidos na amostra de sedimento, algumas amostras situadas nos vários córregos que compõem a bacia mostraram valores médios dos elementos-traço. Tal fato, aliado às escassas informações geológicas da região, requer pesquisas complementares com o objetivo de se estabelecer com segurança o condicionamento geoquímico dos metais investigados.

Amostra JJ-152

Localizada à SW de Hargreaves, em meio à sequência carbonática da Formação Gandarela e sofrendo influência dos filitos e quartzitos do Grupo Piracicaba, esta amostra mostrou-se anômala para Cu (65 ppm) e com um valor médio de Zn (50 ppm). Embora os dolomitos nas proxi

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

midades do ponto possam se constituir na origem destas concentrações metálicas, alguns fatores como os altos conteúdos de ferro e manganês, combinados a um pH fracamente alcalino (7,6), além da presença de aproximadamente 10% de matéria orgânica, conduzem inevitavelmente a uma redução bastante acentuada da sua significância, com possibilidades evidentes da ocorrência dos processos de adsorção dos metais-traço, tanto nos óxidos e hidróxidos dos elementos maiores, como no próprio material orgânico. Desta forma, apesar de se encontrar numa região potencialmente propícia a mineralizações sulfetadas, o quadro da distribuição geoquímica indica no sentido de uma falsa anomalia.

Amostras JJ-193, JJ-236 e JJ-435

As anomalias de Pb (35 e 45 ppm) respectivamente das amostras JJ-435 e JJ-193 e a de Cu (130 ppm) referente à amostra JJ-236, resultam substancialmente da própria potencialidade das rochas do Grupo Piracicaba a que estão sujeitas. Situadas ao sul da serra das Serrinhas e a oeste da serra da Moeda, em bacias distintas, estas amostras mostraram conteúdos variáveis de ferro (5,5 a 7,5%) e de manganês (290 a 1600 ppm) com o pH fracamente ácido a neutro (6,1 a 6,9). Especialmente no caso da amostra JJ-236, a presença do itabirito da Formação Cauê à montante desta estação parece influir na representatividade da anomalia, em função do pH neutro e através do expressivo conteúdo de ferro (7,5%). Por outro lado, a ausência de melhores subsídios referentes à geologia local dos pontos e a obtenção de conteúdos anômalos de Cu, Pb e Zn em concentrado de bateia (amostras JJ-192 e JJ-217), coletadas nas proximidades daqueles, exigem um aprimoramento nas pesquisas da região, principalmente no que se refe-

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

re a melhores definições quanto ao comportamento geoquímico dos metais, tanto no ambiente primário como no secundário.

Amostra JJ-225

Localizada a leste da serra das Serrinhas, no riberião Saboeiro, apresentou-se anômala para Pb (35 ppm), obtendo-se também valor anômalo deste elemento na amostra de concentração coletada neste ponto. Mesmo estando no domínio das rochas do Complexo Basal, sofre influência direta dos metassedimentos e das rochas metavulcânicas do Grupo Nova Lima, e, em menor intensidade, dos filitos e quartzitos do Grupo Caraça. Aparentemente esta anomalia se acha condicionada aos próprios conteúdos médios do Grupo Nova Lima, porém os baixos teores de ferro e manganês detectados, com o pH próximo da neutralidade, além da possível presença de horizontes carbonáticos nas sequências litológicas deste Grupo, não retiram de todo o significado geoquímico da anomalia.

Amostras JJ-244, JJ-253 e JJ-255

Acham-se localizadas a NW da cidade de Itabirito, em meio a metassedimentos e filitos do Grupo Nova Lima. Os teores anômalos de Cu (65 e 80 ppm) e de Pb(45 ppm) representam, de certa forma, a própria potencialidade desa unidade em conter concentrações metálicas elevadas. No caso específico das amostras JJ-244 e JJ-255, a influência das litologias dos Grupo Caraça e Itabira parece não afetar a significância geoquímica das anomalias de cobre e chumbo, embora a presença de ocorrências minerais auríferas nas cabeceiras dos córregos podem, em parte, ser responsáveis pelos conteúdos elevados dos elementos antimô

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

nio e arsênio detectados nestas amostras. A ausência de melhores informações geológicas locais, requer estudos mais profundos na região, no sentido de uma complementação da amostragem, além de um aprimoramento das técnicas analíticas, principalmente no que se refere à determinação do grau de dependência dos elementos-traço em relação aos óxidos e hidróxidos de ferro, tendo em vista a existência de elevados teores deste elemento nas amostras.

Amostras JJ-260 e JJ-431

As anomalias de 40 ppm de Cu e de Zn obtidas nas amostras coletadas nas proximidades da represa da Codorna, revestem-se de pouco significado, em função da própria geologia local, composta predominantemente de metassedimentos destituídos de níveis carbonáticos. Mesmo acompanhadas de valores relativamente elevados desses elementos calcófilos, os elevados conteúdos de Fe, em torno de 6%, parecem influir decisivamente na representatividade das anomalias, tornando-as, portanto, irrelevantes para investigações de maior detalhe.

Amostras JJ-272 e JJ-275

As amostras JJ-272, condicionada aos quartzitos e filitos do Grupo Caraça, e JJ-275, situada em meio aos xistos e filitos do Grupo Nova Lima, com pequena influência dos filitos do Grupo Piracicaba, estão localizadas a oeste de Congonhas e apresentam anomalias de Pb (respectivamente 65 e 55 ppm), junto com conteúdos elevados de cobre e valores anômalos de antimônio, além de expressivos teores de arsênio. Apesar de estarem condicionadas a litologias distintas, estas amostras revelaram também concentrações elevadas de ferro, provavelmente relacionadas a

Mod. 002 NE 7530.0810.0343

uma intensa contribuição da cobertura superficial laterí ica presente nesta região (hematita com cimento limoníti co) e pode estar mascarando o real significado dos conteú dos de Cu e Pb, em função do pH neutro obtido. Embora ta is fatores diminuam em muito a representatividade das ano malias, há necessidade de estudos adicionais nesta área, tendo em vista a obtenção dos expressivos teores anômalos de Sb, aparentemente não subordinados aos fatores que con trolam, em maior ou menor escala, o ambiente secundário.

Amostras JJ-329 e JJ-338

Coletadas na bacia do ribeirão Aredes, a oeste da serra das Serrinhas, estas amostras localizam-se em uni dades litológicas bem distintas. Enquanto a amostra JJ-329 se encontra em meio aos filitos da Formação Fecho do Fu nil, sob influência das rochas das Formações Cercadinho, Gandarela e Itabira, a amostra JJ-338 se acha sob o domí nio quase exclusivo dos metassedimentos da Formação Cerca dinho. A anomalia de Cu (130 ppm) da amostra JJ-329, con firmada pelo valor elevado deste elemento na amostra de concentrado coletada simultaneamente a este ponto, além da obtenção do valor anômalo de Sb (15 ppm), mostra, em princípio, a necessidade de estudos mais detalhados à mon tante desta estação, em virtude da presença de rochas car bonáticas da Formação Gandarela, com reais possibilidades de encerrarem mineralizações. Tal fato é reforçado pela obtenção da anomalia de Cu (120 ppm) da amostra JJ-338, que apresentou pH ácido (5,4) e conteúdos relativamente baixos dos elementos ferro e manganês.

Amostras JJ-340 e JJ-395

Estas amostras, localizadas a oeste da serra da

Mod. 002 NE 7530.0810.0343

Moeda, nas proximidades da lagoa Água Limpa, acham-se relacionadas aos filitos da Formação Fecho do Funil, com influência insignificante das rochas areno-pelíticas das Formações Barreiro e Taboões. A anomalia de zinco (100 ppm) da amostra JJ-340, associada ao valor relativamente elevado de cobre, (65 ppm) foi confirmada por concentrações anômalas também de cobre e zinco obtidas tanto na amostra de rochas coletadas neste mesmo ponto, como na de concentrado de minerais pesados, localizada à jusante desta estação, além dos conteúdos expressivos destes elementos detectados em outras amostras de sedimento, coletadas na mesma bacia de captação. Por outro lado, a anomalia de Pb (35 ppm) da amostra JJ-395, não apresentou, como a anterior, subsídios indicativos de concentrações metálicas expressivas, tendo em vista a discordância deste valor com os obtidos em outras amostras coletadas na bacia. Mesmo diante da possibilidade de ocorrer o fenômeno de adsorção dos elementos-traço nos óxidos e hidróxidos de Fe, em função de pH fracamente ácido, levando a um consequente enriquecimento do chumbo no ambiente secundário, esta região merece estudos adicionais, em virtude de apresentar condições favoráveis à ocorrência de sulfetos nos níveis carbonáticos presentes.

Amostra JJ-366

Coletada no córrego Vargem do Pico, a oeste do Pico do Itabirito, esta amostra apresentou anomalia de Cu (130 ppm) e valor intermediário de Zn, e se encontra no domínio dos filitos e quartzitos da Formação Cercadinho; como o referido córrego ainda drena, à montante do ponto filitos da Formação Fecho do Funil, uma expressiva contribuição por parte destes últimos aparentemente condiciona

Mod. 002 NE 7830.0210.0343

a anomalia. O elevado contraste anomalia/"background" (igual a 9), aliado ao ambiente favorecido pelo pH ácido determinado (5,8) são fatores que revelam a possível presença de mineralizações sulfetadas associadas aos horizontes carbonáticos da Formação Fecho do Funil. Apesar da obtenção de altos conteúdos de ferro e manganês, além do fato de não ter havido uma confirmação dos teores dos elementos-traço na amostra de rocha (filito da Formação Cercadinho) coletada neste ponto, sugere-se um aprofundamento das pesquisas nesta região, principalmente através de uma amostragem complementar de outros materiais e dirigida à Formação Fecho do Funil.

Amostra JJ-424

Localizada na sequência carbonática da Formação Gandarela, a leste da serra da Moeda, nas vizinhanças da represa Capitão da Mata, esta amostra apresentou valor anômalo de Cu (100 ppm) e conteúdo elevado de zinco. Em que pese os expressivos teores de ferro e manganês, com o pH neutro possibilitando a adsorção dos elementos-traço nos óxidos secundários e hidróxidos daqueles elementos, a presença de dolomitos aflorantes acima do ponto, além do elevado contraste anomalia/"background", igual a 8,5 sugere também a influência de mineralizações na formação da anomalia. Uma amostragem complementar desta região daria seguramente a resposta esperada com relação ao comportamento geoquímico dos metais detectados, tanto no ambiente primário, como no secundário.

6.1.2 - Anomalias de antimônio e arsênio

Amostra CP-2

Coletada ao sul de Belo Horizonte, na região da

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

mina de antimônio de Olhos d'Água, em meio a espesso pacote de xistos e filitos da Formação Sabará, sofre contribuições substanciais, ainda, por parte das Formações Fecho do Funil e Cercadinho, além do material proveniente das rochas itabirito-dolomíticas da Formação Gandarela.

A fraca anomalia de Sb (7 ppm) associada a um elevado teor de ferro (mais de 10%) e um pH levemente ácido (6,5), parece refletir a existência de concentrações normais ou excepcionais desse metal-traço nos níveis da Formação Gandarela acima citados, e correspondentes àqueles onde se encaixa a mineralização de Olhos d'Água. Uma possível contaminação na constituição desse acréscimo de antimônio na Formação Sabará, fica parcialmente rejeitada, pois o ponto não se encontra sob influência direta das atividades mineiras. Cabe, portanto, investigar a extensão do significado da anomalia, considerando o importante aspecto da drenagem amostrada enquadrar-se em uma zona mineralizada.

Amostras CP-8, HR-370, HR-371, HR-375 e HR-377

A amostra CP-8 localiza-se próximo à BR-040, na cabeceira do ribeirão Mutuca, onde predominam xistos e filitos do Grupo Nova Lima, mas há uma manifesta influência de sedimentos originários da serra do Cachimbo, composta basicamente de litologias do Grupo Caraça e da Formação Cauê. As demais amostras foram coletadas, em relativa continuidade estrutural, a leste da serra Três Irmãos.

Todas essas amostras são anômalas para Sb, com abundância variáveis de 55 a 200 ppm, e representam alguns dos principais resultados alcançados para o mesmo na área do Quadrilátero Ferrífero.

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

A distribuição do antimônio no ribeirão da Catarina (vide mapa geoquímico) sob a forma de um gradiente dos teores em sedimentos, do ponto HR-375 (200 ppm) ao ponto HR (65 ppm), introduz o conceito de uma dispersão secundária clástica, mediante o desenvolvimento de um mineral secundário estável. Tal hipótese é reforçada pelos conteúdos obtidos tanto em concentrados de bateia dessa bacia, como na do ribeirão Casa Branca, imediatamente ao lado.

Apesar de estarem envolvidas unidades geológicas bastante distintas, quais sejam, do Complexo Basal à Formação Batatal, há uma fonte comum que deve ser levada em consideração e provavelmente desempenha um papel preponderante entre os fatores que regem a concentração do antimônio na área em epígrafe. Trata-se do itabirito Cauê, mas deve ser salientado que quaisquer suposições de caráter geo-econômico são de difícil formulação, face o estágio inicial atingido pelos trabalhos ali desenrolados. Em princípio, duas unidades estratigráficas são mais importantes no que se refere ao potencial e orientação dos estudos de maior densidade, e que devem encerrar a resposta: as Formações Gandarela e Cauê, em especial esta última.

Amostras HR-11, HR-28, HR-34, HR-35, HR-36, HR-37, HR-49, HR-51, HR-72, HR-79, HR-82, HR-83, HR-92, HR-97, JJ-9, JJ-13, JJ-57, JJ-80, JJ-82, JJ-177, JJ-197 e JJ-206

Este grande agrupamento de amostras anômalas em arsênio (40 a 80 ppm) e antimônio (7 a 50 ppm) abrange uma região que se estende das imediações de Ouro Preto pa

Mod. 002 NE 7830.0810.0343

ra além da localidade de Miguel Burnier, segundo uma faixa de direção E-W, ao sul do Complexo de Bação. Os sítios de coleta encontram-se, na sua quase totalidade, no domínio das rochas filíticas, menos frequentemente dolomíticas, do Grupo Piracicaba, em algumas zonas dividido em Formações (Cercadinho, Fecho do Funil e Sabará).

As anomalias de arsênio não assumem uma maior expressão, a não ser nos pontos HR-37 e JJ-80, ambos sob influência de material proveniente do Grupo Itabira. A inconsistência dos demais valores, inclusive no plano geológico, prende-se em grande parte à baixa representatividade dos resultados analíticos na faixa de valores que atingem até 40 ppm de As. Só em alguns poucos casos podem ser visualisados fenômenos de coprecipitação etc,mercê do teor de Fe e da atuação de um pH fracamente ácido a neutro (5,8 a 6,9) nessas amostras de sedimento. Inexiste uma zona preferencial no que se refere à incidência das anomalias de As.

Por outro lado a grande frequência de anomalias de antimônio aponta no sentido de uma maior concentração metálica nesta porção do Grupo Piracicaba, mas é possível que não se trate de depósitos minerais. Como a ambiência desta unidade não é favorável para mineralizações auríferas e mesmo antimoníferas - pois as ocorrências conhecidas, como em Bico de Pedra (Grupo Nova Lima) e no morro do Bule (Formação Gandarela), dão-se em horizontes estratigráficos muito distintos - das quais os elementos As e Sb são farejadores, as anomalias não merecem um maior destaque, exceto quando vinculadas ao Grupo Itabira. A associação do antimônio com anomalias de cobre (80 e 100 ppm) e zinco (90 a 95 ppm), ainda que fortuita, exige investiga

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

ções mais acuradas.

Amostra HR-124

Localizada ao norte de Ouro Preto, apresentou um valor anômalo de antimônio (30 ppm) de baixo contraste com o limiar estimado para este elemento no Grupo Caraça, onde foi coletada. Assim, em que pese a contribuição de material dos Grupos Itabira e Nova Lima, bem como a associação com um valor intermediário de arsênio (60 ppm), esta anomalia não desperta um maior interesse, noção reforçada também pelo seu isolamento.

Amostras HR-127, HR-129, HR-133, HR-141, HR-157, HR-162, HR-164 e HR-172

A serra do Ouro Preto, a NW de Mariana, se destaca no contexto da área estudada pela frequência e intensidade das anomalias de arsênio (120 a 300 ppm) em sedimentos de corrente, dando uma ênfase toda especial a uma região já reconhecida pela sua importância em termos de mineralizações auríferas.

As situações geológico-geoquímicas referentes às amostras em epígrafe são relativamente divergentes, necessitando uma abordagem adequada a cada caso. Tanto é que no ponto HR-127, com 120 ppm de As, está envolvido um horizonte estratigráfico do Grupo Nova Lima semelhante ao encontrado um pouco a SSW, na mina de ouro de Passagem de Mariana, o que por si só já diz bem da relevância do conteúdo ali detectado. Quanto à anomalia de 40 ppm de As, observada no ponto HR-129, ao lado de Mariana, a mesma se dá em meio a litologias da Formação Sabará e fora do "trend" regional das anomalias de arsênio, o que, junto com a menor intensidade, priva-a de um maior significado

Mod. 002 NE 7830.0210.0343

prospectivo. Também as perspectivas para o antimônio detectado nas amostras HR-164 (45 ppm) e HR-172 (11 ppm) não se revelam das mais animadoras, mas no caso da primeira é interessante que se desenvolva um estudo voltado para a aferição de uma possível associação com a Formação Gandarela, em cujo domínio foi tomada.

Contudo, é através das amostras 133, 141, 157 e 162 que se pode descortinar uma vinculação com processos mineralizantes, pelo papel de elemento farejador desempenhado pelo arsênio e cuja estreita ligação com os depósitos auríferos do Quadrilátero Ferrífero é bastante notória. Com relação à proveniência das concentrações anômalas de arsênio nos sedimentos da serra do Ouro Preto, se do Grupo Nova Lima ou do Itabira, este aspecto representa um parâmetro só alcançável mediante um aumento no detalhamento das informações geoquímicas. Uma característica importante do ambiente secundário reside no pH levemente ácido (5,5 a 6,2) dessas amostras anômalas em arsênio, o que pode ser interpretado oomo uma decorrência da presença de sulfetos nas bacias de captação, e um outro fator que aparentemente influi, inclusive de uma forma proporcional, na concentração do arsênio, é referente ao teor de ferro, normalmente presente com 8% ou mais na composição dos sedimentos. Outras particularidades da distribuição dos metais-traço podem ser extraídas da amostra HR-133, situada a pouco mais de 500 metros à juzante de uma pequena ocorrência de ouro no Grupo Itabira, já no contato com o Grupo Nova Lima; enquanto o antimônio mantém um baixo nível de concentração nessa drenagem (menos de 1 ppm), o arsênio responde com uma anomalia de 160 ppm, se bem que este vínculo necessita de uma óbvia confirmação.

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

Amostra HR-176

Está localizada no âmbito das rochas graníticas do Complexo Basal, ao sul de Bento Rodrigues, exibindo teores anômalos de Sb (30 ppm) e As (120 ppm) associados a uma elevada concentração de ferro (mais de 10%) e um pH quase neutro. O Grupo Nova Lima, constitui-se na fonte mais provável dos resultados anômalos da associação Sb-As, mas também o grau de dependência com os fatores dominantes do ambiente secundário está a exigir um aprofundamento dos estudo geoquímicos.

Amostra HR-327

A fraca anomalia de Sb (6 ppm) no córrego Vira Saia, a noroeste de Conceição do Rio Acima, reveste-se de pouca significância geoquímica, quando se considera a baixa intensidade e o seu caráter isolado. Com relação ao pequeno acréscimo verificado neste ponto da Formação Sabará, a causa deve-se possivelmente à contribuição de material proveniente das Formações Cercadinho e Gandarela,mas não chega a configurar uma situação de interesse prospectivo.

Amostra HR-350

Encontra-se situada a sudoeste de Ibirité (córrego Sumidouro), em meio aos xistos e filitos da Formação Sabará, somando-se ainda uma pequena contribuição de sedimentos originados a partir de rochas igualmente metapelíticas da Formação Barreiro.

Embora a anomalia de As se dê num ambiente pouco ácido, com um pH igual à 6,1, em associação com 4,5% de ferro, aparentemente significando concentrações secun

Mod. 002 NE 7830.0210.0343

dárias através de fenômenos de coprecipitação com limonitas, é evidente que valores tão baixos (e isolados), fracamente contrastantes com o limiar definido para a Formação Sabará, também aqui não chegam a constituir, "a priori", objeto de investigações mais profundas. Ajunte-se ainda, que a causa maior da anomalia pode residir na própria variabilidade analítica inerente ao método empregado na sua determinação, conforme ficou patenteado no estudo de variância, ou seja, nas duplicatas e, principalmente, nas amostras réplicas de laboratório.

Amostras HR-418, HR-446 e HR-447

Foram coletadas na faixa de rochas do Grupo Itabira, a sudoeste de Barão de Cocais, e se inscrevem entre as que apresentaram os resultados mais significativos para o elemento arsênio (160 a mais de 300 ppm), acompanhados de uma anomalia de antimônio (30 ppm). Embora tomadas na região aurífera de Gongo Soco, não há informações geológicas que as amarrem a minas ou ocorrências de ouro conhecidas, e é possível, inclusive, que a origem das anomalias nos sedimentos se localize no menos explorado Grupo Nova Lima, à montante. À parte a necessidade de um detalhamento das zonas anômalas cabe destacar alguns aspectos como a proporcionalidade entre os teores de ferro (8,3 a mais de 10%) e os de arsênio, e a existência de um pH mais ácido e igual a 6,0, no material portador da anomalia de maior contraste, ambos sugerindo a existência de uma mineralização sulfetada na bacia de captação do ponto HR-418.

Amostras HR-569 e HR-587

Estão situadas a nordeste e norte de Sabará,

Mod. 002 NE 7830.0210.0343

respectivamente, em meio à sequência de rochas xistosas e filíticas da Formação Sabará, contando, ainda, com o fornecimento de sedimentos derivados dos filitos e quartzitos da Formação Cercadinho e, em menor proporção, da sequência metassedimentar do Grupo Itabira comportando níveis carbonáticos secundários.

Apresentaram anomalias de antimônio sem maior expressão, quais sejam, 6 e 7 ppm, associadas a teores relativamente baixos de ferro (4%) e exibindo um fraco contraste com o limiar. A causa mais provável da elevação dos teores a níveis anômalos reside na influência exercida pelo material proveniente do Grupo Itabira, cuja afinidade com o antimônio é muito mais pronunciada. Além disso, as anomalias dão-se de uma maneira totalmente isolada, desaconselhando investigações mais acuradas.

Amostras JJ-31, JJ-32, JJ-69, JJ-165, JJ-169, JJ-448, JJ-449 e JJ-450

A região do morro do Bule, portadora de uma mineralização de antimônio e zinco nos horizontes dolomíticos da Formação Gandarela, destacou-se perfeitamente pelas anomalias daquele elemento (30 a 160 ppm), em especial nas amostras JJ-31, JJ-165, JJ-449 e JJ-450, que se encontram sob influência direta da referida ocorrência conforme descrito anteriormente no ítem 5.5.1.2. Os conteúdos de antimônio em torno de 40 ppm nas amostras JJ-32 e JJ-448 identificam o horizonte mineralizado, visto que se situam nas circunvizinhanças, ao passo que as amostras JJ-69 e JJ-169 se enquadram no contexto regional, a última das quais remanesce descaracterizada em termos de importância geo-econômica e, por conseguinte, do precedente si

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

gnificado geoquímico. É digno de nota, ainda, o fato de o pH se manter próximo à neutralidade, em função do ambiente carbonático, e propiciando as acumulações do metal em questão nos sedimentos.

Amostras JJ-255, JJ-311, JJ-329, JJ-332 e JJ-459

Estão localizadas na região da serra do Itabirito e envolvem desde o Grupo Nova Lima até a Formação Fecho do Funil, do Grupo Piracicaba. Dentre essa complexidade geológica, salienta-se uma característica bastante generalizada, qual seja a contribuição de material da Formação Cauê, que assume um papel ainda mais realçado quando se considera o fato de que possivelmente influencia nos resultados obtidos para a amostra JJ-255, anômala em antimônio (45 ppm). Um quadro semelhante é oferecido também pelas amostras JJ-311 (20 ppm de Sb e 60 ppm de As), JJ-329 (15 ppm de Sb) e JJ-332 (15 ppm de Sb e 80 ppm de As), só que neste caso deve ser incluída a Formação Gandarela como provável origem das anomalias; os acréscimos na abundância de As dão-se em estreita associação com processos idênticos em relação ao ferro (mais de 10%). Uma conotação mais evidente não pode ser extraída dos dados alcançados até o momento, e a necessidade de estudos mais densos estende-se também à zona da amostra JJ-459 (60 ppm de Sb e de As), que abrange o Grupo Nova Lima e a Formação Moeda, e onde, além dos expressivos contrastes estimados para os metais-traço, o próprio pH ácido (5,5) pode ser tomado como indicativo da presença de mineralizações sulfetadas.

Mod. 002 NE 7830.0210.0343

Amostras JJ-270, JJ-271, JJ-272, JJ-275 e JJ-282

Este grupamento de amostras situa-se nas proximidades de Congonhas e Casa de Pedra, no âmbito dos xistos e filitos do Grupo Nova Lima e das sequências metassedimentares do Grupo Piracicaba, com influência, ainda, de filitos da Formação Batatal e itabiritos da Formação Cauê, e apresentou um conjunto de anomalias de antimônio (12 a 85 ppm), além de valores anômalos de arsênio (80 ppm) nas amostras JJ-271 e JJ-272. O pH desses sedimentos é neutro (6,4 a 7,4) o que pode ter favorecido aumentos nas concentrações dos metais-traço objetivados, no ambiente secundário. Quanto aos teores de ferro (3,4 a 8,4%), os mesmos se encontram relacionados, provavelmente, à intensa contribuição de coberturas lateríticas presentes na região, podendo ter influído na elevação da abundância de arsênio, sem, contudo, diminuir a importância das anomalias. Os conteúdos de chumbo relativamente expressivos que foram detectados na área em epígrafe, podem ser indicativos de associações mineralógicas ligadas a ocorrência sulfetadas, implicando na execução de estudos adicionais para melhor equacionar essa zona anômala.

6.2 - Concentrados de minerais pesados

6.2.1 - Anomalias de cobre, chumbo e zinco

Amostras HR-27 e HR-30

A bacia do ribeirão do Mango, localizada ao sul do distrito de Santo Antônio do Leite, drena as rochas do Grupo Piracicaba (filitos, quartzitos), da Formação Gandarela (dolomitos, itabiritos dolomíticos), da Formação Cauê (itabiritos dolomíticos), da Formação Cauê (itabiritos) e

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

do Grupo Nova Lima (principalmente xistos e filitos). Os valores anômalos de Cu (110 ppm) detectado nas amostras HR-27 e HR-30, são confirmados pela quantidade apreciável de valores expressivos dos elementos cobre, zinco e antimônio obtidos em algumas amostras de sedimento de corrente, seixo, rocha e mesmo em outras de cocentrado, coletadas nos diversos drenos componentes da bacia. Em que pese os elevados valores de Fe e Mn nos concentrados coletados, as anomalias podem ser explicadas mormente pela presença de rochas carbonáticas, passíveis de encerrar mineralizações sulfetadas.

Amostra JJ-27

Esta amostra, localizada ao sul de Dom Bosco, em meio aos quartzitos e filitos do Grupo Caraça e sob influência das litologias do Grupo Piracicaba (principalmente filitos) apresentou valor anômalo de zinco (130 ppm) e um teor bem menos expressivo de chumbo (85 ppm), porém não confirmados pelas amostras de sedimento de corrente coletadas nas cabeceiras do córrego. Em virtude da baixa intensidade da anomalia, da ausência de melhores detalhes na geologia local, do caráter puramente isolado que a anomalia assume, fatos estes reforçados pelo elevado conteúdo de ferro (mais de 10%), cujos óxidos secundários podem capturar os elementos-traço, esta zona é desinteressante para maiores considerações.

Amostra JJ-131

A amostra JJ-131, situada no córrego Mato da Roça, ao sul de Rodrigo Silva, apresentou valor anômalo de zinco (140 ppm) que adquire uma certa importância diante da obtenção de valores relativamente elevados também para

Mod. 002 NE 7830.0210.0343

os elementos cobre (75 ppm) e arsênio (80 ppm), além da anomalia de antimônio (85 ppm). Embora tais concentrações não tenham sido confirmadas pelos outros materiais coletados à montante do ponto, a mineralização auro-cupro-antimonífera encaixada nos filitos sericíticos e clorita-xistos do Grupo Nova Lima em Bico de Pedra, localizada a aproximadamente 2,7 km do ponto, é uma possível fonte geradora das anomalias. Os minerais componentes da mineralização, citados no capítulo referente à descrição das mineralizações da área, demonstram que o jazimento é constituído principalmente por um complexo sulfetado, cujos grãos minerais liberados, podem ter sido detectados no concentrado, o que configuraria um típico padrão de dispersão clástica.

Amostras JJ-192 e JJ-217

Os valores anômalos dos elementos cobre, (170 e 210 ppm), chumbo (230 ppm) e zinco (150 e 220 ppm) detectados nas amostras JJ-192 e JJ-217, localizadas ao sul da serra das Serrinhas e a oeste da serra da Moeda, refletem "a priori", uma associação geoquímica bem expressiva, em que pese a ausência de informações geológicas detalhadas que indiquem a provável fonte geradora destas anomalias, aliado à dissociação destes valores com os resultados analíticos das amostras de sedimento de corrente coletadas nas mesmas bacias de drenagem. Os elevados conteúdos de Fe (mais de 10%) e de Mn (5300 e 10.000 ppm) podem levar à configuração de falsas anomalias, em virtude dos processos de captura dos elementos-traço pelos óxidos secundários e hidróxidos de Fe e Mn. Destaque todo especial deve ser dado à bacia do ponto JJ-217, cujos contrastes anomalia/"background" para Cu (13), Pb (10) e Zn (10) si

Mod. 002 NE 7630.0210.0343

tuam-se entre os mais elevados da área. Com relação aos resultados obtidos na fração magnética destas amostras, verifica-se que os valores de cobre (50 e 45 ppm), chumbo (65 e 55 ppm) e zinco (80 e 160 ppm), mostram-se condizentes com os teores da fração não magnética, ou seja, obteve-se valores elevados, embora não anômalos, com exceção do teor de Zn na amostra JJ-217, dando uma maior ênfase à distribuição dos metais objetivados.

Amostra JJ-225

A amostra JJ-225, situada a leste da serra das Serrinhas, mais precisamente no ribeirão Saboeiro, revelou-se anômala para chumbo (190 ppm), e foi confirmada pela anomalia também de chumbo (35 ppm) detectada na amostra de sedimento de corrente coletada neste mesmo ponto. Mesmo localizada no domínio das rochas graníticas do Complexo Basal, a drenagem corta, nas cabeceiras, os quartzitos e filitos do Grupo Caraça e as rochas da sequência metassedimentar e metavulcânica do Grupo Nova Lima. Embora esta região seja mais propícia para a prospecção de ouro, que não foi detectado pela análise química mas ocorre em pequenas mineralizações associadas aos quartzitos da Formação Moeda, a anomalia de chumbo obtida pode ser explicada pela possível presença de algum nível carbonático nas sequências litológicas do Grupo Nova Lima.

Amostra JJ-347

As anomalias de cobre (210 ppm) e zinco (300 ppm) da amostra JJ-347, localizada a leste da serra da Moeda, revestem-se de especial importância, visto que algumas amostras de sedimento de corrente situadas à montante do ponto, na mesma bacia de captação, apresentaram va

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

lores elevados a anômalos de cobre e zinco (JJ-340: 65 ppm de Cu e 100 de Zn; JJ-343: 65 ppm de Cu e 50 ppm de Zn). A própria amostra de sedimento de corrente coletada neste ponto forneceu valores elevados de Cu (50 ppm)e Zn (75 ppm), além dos expressivos teores de Cu (120 ppm) e de Zn (140 ppm) detectados na amostra de rocha (JJ-340)do mesmo local. Diante da diversificada sequência litológica que influencia a bacia de captação, representada por filitos, quartzitos, filitos dolomíticos, lentes de dolomito e itabiritos dolomíticos, pertinentes aos Grupos Piracicaba e Itabira, não há como apontar o nível responsável pela distribuição anômala de elementos e minerais pesados. Os elevados conteúdos de Fe (mais de 10%) e Mn (4000 ppm) podem estar influindo nos valores através da coprecipitação dos elementos-traço com óxidos e hidróxidos de Fe e Mn. Contudo, os fortes contrastes obtidos para as anomalias aqui descritas, cerca de 13 vezes superiores aos respectivos teores médios, parecem indicar mineralizações sulfetadas nos níveis carbonáticos das Formações Fecho do Funil e Gandarela.

6.2.2 - Anomalias de ouro, antimônio e arsênio

Amostra HR-72

A amostra em questão situa-se no córrego Boa Vista, a SW de Ouro Preto e apresentou valor anômalo de antimônio (80 ppm), confirmado por valores ligeiramente elevados deste mesmo elemento em alguns sedimentos coletados nos drenos componentes da bacia de captação. A presença de xistos verdes, clorita-xistos, filitos e rochas metavulcânicas da Formação Sabará, dos filitos e quartzitos da Formação Cercadinho e dos filitos, filitos dolomí

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

ticos e dolomitos da Formação Fecho do Funil, oferece toda uma gama de possibilidades geológicas quanto a mineralizações sulfetadas, salientando-se os níveis carbonáticos, embora não se tenha conhecimento de ocorrências deste tipo litológico especialmente nesta área.

Amostras HR-128 e HR-132

A região a NW de Mariana, onde estão localizadas estas amostras, reveste-se de fundamental importância, tendo em vista ser portadora de aluviões auríferas, principalmente as dos córregos que drenam a serra do Ouro Preto. Desta forma, é plenamente justificável a detecção, tanto nos concentrados de minerais pesados, como nos sedimentos de corrente, de apreciável quantidade de valores anômalos de ouro, antimônio e arsênio.

A amostra HR-128, localizada no córrego Seco, em meio a rochas do Grupo Nova Lima (xistos e filitos), mas que à montante drena ainda filitos e quartzitos do Grupo Caraça, apresentou valores anômalos de ouro (9 ppm) e de arsênio (120 ppm). Estas anomalias dão uma ênfase toda especial ao ambiente em epígrafe, quanto à potencialidade de comportar novas ocorrências auríferas, possivelmente relacionadas aos xistos Nova Lima, ou mesmo associadas a veios, tão frequentes na área.

Amostras HR-377 e HR-371

Localizada a leste da serra Três Irmãos, no ribeirão da Catarina, a amostra HR-377 apresentou anomalia de antimônio (430 ppm) confirmada por um valor elevado (65 ppm) na amostra de sedimento de corrente desta estação, além da anomalia na amostra HR-375 (200 ppm), também de sedimento, mas situada nas cabeceiras da drenagem. O

Mod. 002 NE 7830.0210.0343

referido ribeirão drena as Formações Gandarela (dolomitos, itabiritos dolomíticos) e Cauê (itabiritos), e os Grupos Nova Lima (principalmente xistos e filitos) e Caraça (filitos e quartzitos). O forte contraste anomalia/ "background" igual a 165, sugere a presença de mineralização antimonífera em meio às litologias do Grupo Itabira, possivelmente sob a forma de concentrações residuais de minerais oxidados, tendo em vista a similaridade desta região com a área da jazida de Olhos d'Água, em Belo Horizonte.

A amostra HR-371, também localizada a leste da serra Três Irmãos, no ribeirão Casa Branca, em meio às rochas graníticas do Complexo Basal, é influenciada pelas sequências litológicas dos Grupos Itabira e Caraça. A anomalia de 260 ppm de antimônio no concentrado faz-se acompanhar de um valor expressivo de arsênio (80 ppm), além de ser corroborada pelo conteúdo anômalo de antimônio nas amostras de sedimentos de corrente coletadas tanto concomitantemente ao concentrado, como na amostra HR-370 (55 ppm), situada à montante. Em virtude da proximidade entre esta bacia e a descrita anteriormente (amostra HR-377), a região adquire aspectos ainda mais relevantes, e em função da própria geologia local junto às altas concentrações de antimônio, fica realçada a suposição de uma mineralização antimonífera, relacionada às litologias do Grupo Itabira.

Amostra JJ-131

Esta amostra, referida anteriormente quando da descrição da anomalia obtida para o elemento zinco, apresentou também valor anômalo de antimônio (85 ppm), talvez

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

condicionado à presença da mineralização auro-cupro-antimonífera, encontrada em meio aos metassedimentos do Grupo Nova Lima e situada à montante deste ponto.

Amostra JJ-188

A bacia do córrego da Usina, localizada a SE de Miguel Burnier, compreende rochas da Formação Gandarela (dolomitos, filitos e itabiritos dolomíticos) e do Grupo Piracicaba (principalmente filitos). A anomalia de antimônio (110 ppm) detectada no concentrado junto com um alto teor de Au (0,60 ppm), não encontra correspondência nos dados dos outros tipos de materiais coletados na região aludida. Tal característica restringe em muito o significado geoquímico da anomalia, e esta restrição é endossada pela forte contaminação advinda de atividade industrial e uma construção de barragem, embora a presença de dolomitos caracterize um ambiente favorável a mineralizações sulfetadas.

Amostra JJ-456

O ribeirão da Colônia, ao sul de Hargreaves, encontra-se no domínio das litologias da Formação Gandarela, drenando ainda os filitos e quartzitos do Grupo Piracicaba e os quartzitos do Grupo Caraça. A anomalia de ouro (31 ppm) obtida nesta amostra, e o elevado valor de antimônio (40 ppm), devem-se, possivelmente, à presença dos quartzitos da serra do Ouro Branco, passíveis de conter ocorrências deste metal. Embora a mineralização zinco-antimonífera do morro do Bule encontre nas cabeceiras do córrego do Bule, afluente daquele ribeirão, ela aparentemente não influi nos resultados analíticos citados, tendo em vista a não detecção de valores expressivos dos ele

NE 7530.0210.0343

Mod. 002

mentos-traço que caracterizam a mineralização, tanto no concentrado como em algumas amostras de sedimento de corrente, coletadas a uma menor distância da ocorrência. Por outro lado, as amostras de sedimento coletadas à montante do ponto, no próprio ribeirão da Colônia, e em meio aos quartzitos do Grupo Caraça, não forneceram subsídios indicativos para explicar melhor a origem da anomalia. Na verdade, as diversas amostras de concentrados de minerais pesados da mesma bacia em consideração, só sofreram análises da fração total, o que pode ter diluido sobremaneira a presença de ouro em uma das amostras. Portanto, é da maior relevância a execução de análises da fração não magnética das demais amostras, quando não de uma nova coleta de concentrados na região.

Amostra JJ-461

A anomalia de antimônio (420 ppm) desta amostra, aliada aos valores expressivos dos elementos Cu (80 ppm), Pb (70 ppm), Zn (80 ppm), As (80 ppm) e, principalmente, Au (1,5 ppm), reveste-se de certa importância em face da obtenção de conteúdos significantes de antimônio e arsênio tanto na amostra de sedimento de corrente associada ao concentrado, como em outras coletadas à montante. O córrego, situado a oeste de Itabirito, encontra-se em meio aos xistos verdes, filitos e quartzo-biotita-muscovita-xistos do Grupo Nova Lima, drenando ainda, nas cabeceiras, os filitos e quartzitos do Grupo Caraça e os itabiritos da Formação Cauê. Em virtude da região ter sido alvo de vários garimpos de ouro,alí encontrado preferencialmente nas aluviões e nos colúvios, é grande a possibilidade de ocorrências deste metal em associação principalmente às litologias do Grupo Caraça, ou mesmo do Grupo Nova Lima.

CPRM

TABELA 20

VALORES ANÔMALOS EM SEDIMENTOS DE CORRENTE

AMOSTRAS	ELEMENTOS (ppm)							pH	UNIDADE GEOLÓGICA	FOLHA (1:50.000)
	Cu	Pb	Zn	Sb	As	Fe%	Mn			
CP- 1	12	16	19	1	L 10	(G 10)	2800	7,8	Formação Sabará	Belo Horizonte
CP- 2	(55)	(55)	40	(7)	20	(G 10)	7500	6,4	Formação Sabará	Belo Horizonte
CP- 5	50	(30)	45	2	10	8,2	1600	7,0	Formação Sabará	Belo Horizonte
CP- 7	(65)	18	50	18	40	9,1	740	5,8	Grupo Nova Lima	Rio Acima
CP- 8	50	28	35	(90)	(60)	G 10	4000	5,2	Grupo Nova Lima	Rio Acima
CP- 15	28	18	(85)	L 1	L 10	10	560	5,9	Formação Cercadinho	Rio Acima
HR- 11	(100)	15	60	(20)	L 10	3,2	5300	6,6	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
HR- 20	50	10	(85)	6	20	3,6	2000	5,6	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
HR- 27	(120)	5	70	30	L 10	3,2	1000	6,5	Grupo Nova Lima	Ouro Preto
HR- 28	40	4	35	(17)	10	4,7	1200	6,3	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
HR- 34	8	5	28	(25)	10	1,6	800	6,3	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
HR- 35	60	11	75	(20)	20	3,4	1500	6,3	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
HR- 36	(80)	7	(95)	(19)	10	3,8	2100	6,3	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
HR- 37	40	16	30	(50)	(80)	3,2	800	6,1	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
HR- 43	20	(60)	28	35	20	G 10	(8000)	6,3	Grupo Nova Lima	Ouro Preto
HR- 49	23	18	(90)	(40)	(40)	3,2	7500	6,0	Formação Sabará	Ouro Preto
HR- 51	29	7	30	(7)	10	2,7	390	6,2	Formação Sabará	Ouro Preto
HR- 59	(80)	10	40	10	10	2,3	7000	6,7	Formação Cercadinho	Ouro Preto
HR- 72	10	L 3	8	(15)	L 10	1,8	830	6,3	Formação Fecho do Funil	Ouro Preto
HR- 79	13	7	14	(40)	L 10	4,2	480	5,8	Formação Cercadinho	Ouro Preto
HR- 82	40	18	25	5	(60)	5,0	1600	5,9	Formação Sabará	Ouro Preto
HR- 83	18	4	21	3	(40)	5,8	340	5,8	Formação Sabará	Ouro Preto
HR- 92	12	8	27	3	(40)	5,3	1200	6,2	Grupo Itacolomi	Ouro Preto
HR- 97	22	18	26	2	(40)	(G 10)	1300	6,2	Formação Sabará	Ouro Preto
HR-100	(60)	4	50	2	10	3,6	1000	6,6	Formação Sabará	Ouro Preto
HR-103	(60)	5	75	3	10	4,0	1300	6,2	Formação Sabará	Ouro Preto
HR-124	10	4	8	(30)	60	4,4	390	6,3	Grupo Caraça	Mariana
HR-127	24	5	30	3	(120)	3,5	400	6,2	Grupo Nova Lima	Mariana
HR-129	28	15	45	2	(40)	8,2	700	6,3	Formação Sabará	Mariana
HR-133	10	3	18	L 1	(160)	6,0	550	5,8	Formação Cercadinho	Mariana

Obs: ( ) - Teor anômalo do elemento

CPRM

TABELA 20 (cont.)

ANOSTRAS	ELEMENTOS (ppm)							pH	UNIDADE GEOLÓGICA	FOLHA (1:50.000)
	Cu	Pb	Zn	Sb	As	Fe%	Mn			
HR-136	10	3	18	1	L 10	(G 10)	(G 10000)	6,3	Formação Sabará	Mariana
HR-139	8	4	15	L 1	L 10	G 10	(G 10000)	5,8	Formação Cercadinho	Mariana
HR-141	4	6	6	2	(160)	9,4	1300	6,2	Formação Cercadinho	Mariana
HR-145	28	22	28	4	20	(G 10)	1300	6,3	Formação Sabará	Mariana
HR-146	(55)	8	40	1	L 10	3,5	650	5,7	Formação Sabará	Mariana
HR-157	8	3	7	2	(120)	7,9	5300	5,8	Formação Gandarela	Mariana
HR-162	8	8	13	4	(300)	G 10	G 10000	5,5	Formação Gandarela	Mariana
HR-164	7	10	35	(45)	10	2,6	4000	6,6	Formação Gandarela	Mariana
HR-172	15	8	24	(11)	40	7,5	8200	6,6	Formação Cercadinho	Mariana
HR-176	40	11	40	(30)	(120)	(G 10)	(G 10000)	6,6	Complexo Basal	Mariana
HR-188	6	9	9	5	10	(G 10)	5900	6,1	Grupo Piracicaba	Acuruí
HR-192	(70)	8	50	2	L 10	7,4	800	6,3	Formação Batatal	Santa Bárbara
HR-204	(80)	(26)	(110)	L 1	10	9,0	3300	5,9	Formação Sabará	Mariana
HR-229	(55)	20	45	L 1	L 10	6,2	1900	6,3	Formação Sabará	Catas Altas
HR-247	35	16	60	1	10	(G 10)	1100	6,6	Formação Sabará	Catas Altas
HR-253	45	9	320	L 1	L 10	G 10	(G 10000)	6,0	Formação Fecho do Funil	Catas Altas
HR-254	28	10	60	L 1	20	(G 10)	2000	6,2	Grupo Piracicaba	Catas Altas
HR-298	7	10	15	1	20	(G 10)	50	5,7	Complexo Basal	Catas Altas
HR-323	14	7	24	2	L 10	G 10	(G 10000)	6,7	Formação Sabara	Acuruí
HR-326	(110)	14	(150)	2	L 10	5,6	(8600)	6,4	Formação Sabará	Acuruí
HR-327	5	3	11	(6)	L 10	2,9	1800	6,1	Formação Sabará	Acuruí
HR-335	17	8	15	2	10	3,2	(4600)	6,2	Grupo Nova Lima	Acuruí
HR-350	40	12	40	1	(40)	4,5	300	5,7	Formação Sabará	Brumadinho
HR-370	10	15	14	(55)	20	(G 10)	2000	6,0	Complexo Basal	Brumadinho
HR-371	12	18	16	(80)	20	9,0	3000	6,1	Complexo Basal	Brumadinho
HR-375	35	19	12	(200)	20	8,7	800	6,1	Formação Batatal	Brumadinho
HR-377	23	11	16	(65)	40	7,0	1000	6,4	Formação Moeda	Brumadinho
HR-381	11	4	16	3	L 10	(G 10)	1800	6,9	Formação Sabará	Brumadinho
HR-397	10	11	12	5	20	4,6	(6800)	6,3	Formação Moeda	Acuruí
HR-418	14	14	23	4	(G 300)	G 10	1100	6,0	Formação Gandarela	Caeté
HR-423	28	13	23	2	10	10	(G 10000)	6,9	Formação Cercadinho	Caeté
HR-431	40	8	(95)	1	L 10	4,0	9400	6,3	Formação Cercadinho	Caeté
HR-446	55	14	(70)	10	(160)	8,3	1500	6,8	Formação Cauê	Caeté
HR-447	(70)	8	65	(30)	(240)	9,0	(10000)	7,3	Formação Cauê	Caeté
HR-451	40	28	(95)	N 1	40	5,0	980	6,0	Grupo Nova Lima	Caeté
HR-456	25	3	24	2	L 10	5,4	(G 10000)	7,8	Formação Sabará	Caeté

Obs: ( ) - Teor anômalo do elemento

CPRM

TABELA 20 (cont.)

AMOSTRAS	ELEMENTOS (ppm)							pH	UNIDADE GEOLÓGICA	FOLHA (1:50.000)
	Cu	Pb	Zn	Sb	Ag	Fe%	Mn			
HR-463	11	4	13	4	L 10	(G 10)	5700	7,4	Formação Sabará	Caeté
HR-473	30	8	(140)	2	L 10	7,5	5000	6,8	Formação Sabará	Caeté
HR-474	9	8	24	2	10	(G 10)	1500	7,1	Formação Sabará	Caeté
HR-475	19	8	30	1	10	6,2	(10000)	7,0	Formação Sabará	Acuruí
HR-476	23	8	24	2	10	(G 10)	4900	6,5	Formação Sabará	Caeté
HR-480	26	14	40	6	10	G 10	(G 10000)	6,8	Formação Cercadinho	Caeté
HR-504	20	7	35	2	L 10	G 10	(G 10000)	7,5	Formação Cercadinho	Acuruí
HR-510	21	16	35	1	10	(G 10)	(G 10000)	7,8	Formação Sabará	Acuruí
HR-511	12	(50)	19	L 1	10	2,9	3000	6,7	Formação Sabará	Caeté
HR-516	28	18	40	1	10	3,8	7800	5,7	Formação Sabará	Acuruí
HR-569	13	6	18	(6)	L 10	4,0	1200	5,7	Formação Sabará	Caeté
HR-574	35	24	(110)	8	40	4,0	350	6,7	Grupo Nova Lima	Caeté
HR-579	50	8	(110)	2	L 10	4,1	3000	6,5	Formação Sabará	Caeté
HR-582	21	9	(45)	N 1	10	2,4	270	6,6	Complexo Basal	Caeté
HR-586	10	(40)	28	N 1	L 10	1,5	190	6,4	Complexo Basal	Belo Horizonte
HR-587	22	10	24	(7)	L 10	4,1	600	6,4	Formação Sabará	Belo Horizonte
JJ- 13	28	9	35	(28)	10	2,6	2400	6,9	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
JJ- 18	50	16	(95)	2	20	5,8	4400	6,6	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
JJ- 19	(85)	16	65	2	10	4,6	2900	7,4	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
JJ- 20	(75)	7	80	1	10	4,0	3000	6,0	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
JJ- 31	55	(160)	(90)	(160)	40	7,1	6200	6,8	Formação Gandarela	Ouro Preto
JJ- 32	11	30	29	(45)	40	6,6	3500	7,6	Formação Gandarela	Ouro Preto
JJ- 52	50	10	(95)	7	20	4,0	2600	7,0	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
JJ- 57	40	20	(90)	(40)	20	7,2	7600	6,7	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
JJ- 67	50	(45)	(140)	2	10	5,0	400	6,4	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
JJ- 69	(95)	16	65	(15)	20	8,4	3000	6,7	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
JJ- 80	35	3	25	6	(80)	2,7	2000	6,7	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
JJ- 82	35	15	45	(20)	L 10	5,8	3200	6,9	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
JJ- 96	35	14	45	3	40	7,0	(G 10000)	5,6	Grupo Caraça	Ouro Preto
JJ-152	(65)	8	50	3	10	5,4	G 10000	7,6	Formação Gandarela	Ouro Preto
JJ-165	14	(50)	30	(50)	10	3,4	3000	6,5	Formação Gandarela	Ouro Preto
JJ-166	28	8	22	4	10	4,6	(G 10000)	6,6	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
JJ-169	55	28	55	(45)	20	5,0	3200	6,9	Formação Gandarela	Ouro Preto
JJ-177	40	11	40	6	(80)	4,6	1300	6,4	Grupo Piracicaba	Itabirito
JJ-193	50	(45)	45	4	20	6,3	1600	6,3	Formação Gandarela	Itabirito

Obs: ( ) - Teor anômalo do elemento

CPRM

TABELA 20 (cont.)

ANOSTRAS	ELEMENTOS (ppm)							pH	UNIDADE GEOLÓGICA	FOLHA (1:50.000)
	Cu	Pb	Zn	Sb	As	Fe%	Mn			
JJ-197	45	9	55	4	(60)	2,6	1900	6,4	Grupo Piracicaba	Itabirito
JJ-206	30	23	35	(15)	10	8,3	(9400)	6,4	Grupo Piracicaba	Itabirito
JJ-225	5	(35)	8	N 1	L 10	2,0	150	6,8	Complexo Basal	Itabirito
JJ-236	(130)	7	65	2	L 10	7,5	730	6,9	Formação Cercadinho	Itabirito
JJ-244	(65)	18	23	11	20	7,4	1100	7,0	Grupo Nova Lima	Rio Acima
JJ-253	(80)	12	35	1	10	9,0	240	7,1	Grupo Nova Lima	Rio Acima
JJ-255	40	(45)	30	(45)	40	4,4	430	7,2	Grupo Nova Lima	Rio Acima
JJ-260	(40)	23	30	L 1	10	6,2	1300	6,1	Grupo Itacolomi	Rio Acima
JJ-270	8	3	8	(15)	10	3,4	1200	6,4	Grupo Piracicaba	Itabirito
JJ-271	17	10	14	(60)	(80)	5,0	3400	7,0	Grupo Piracicaba	Itabirito
JJ-272	45	(65)	17	(85)	(80)	7,8	730	6,7	Grupo Caraça	Itabirito
JJ-275	50	(55)	40	(40)	60	8,4	900	6,8	Grupo Nova Lima	Itabirito
JJ-282	6	22	10	(12)	10	(6,4)	3000	7,4	Grupo Itacolomi	Itabirito
JJ-311	16	10	16	(20)	60	G 10	3700	7,7	Formação Cercadinho	Itabirito
JJ-329	(130)	12	40	(15)	10	5,3	1300	6,7	Formação Fecho do Funil	Itabirito
JJ-332	15	9	14	(15)	(80)	G 10	3900	5,1	Formação Cercadinho	Itabirito
JJ-338	(120)	15	24	7	10	10	2500	5,4	Formação Cercadinho	Itabirito
JJ-340	65	11	(100)	1	10	3,8	1500	6,5	Formação Fecho do Funil	Rio Acima
JJ-341	15	12	29	N 1	10	G 10	(G 10000)	6,3	Formação Cercadinho	Rio Acima
JJ-346	14	3	21	N 1	L 10	G 10	(G 10000)	6,4	Formação Cercadinho	Itabirito
JJ-366	(130)	16	55	3	10	9,8	10000	5,8	Formação Cercadinho	Rio Acima
JJ-390	27	12	14	2	20	(G 10)	5500	6,4	Complexo Basal	Rio Acima
JJ-395	35	(35)	28	2	L 10	6,4	620	6,1	Formação Fecho do Funil	Rio Acima
JJ-397	14	6	35	N 1	10	(G 10)	9700	5,9	Formação Fecho do Funil	Rio Acima
JJ-424	(100)	8	65	2	10	5,5	7900	7,2	Formação Candarela	Rio Acima
JJ-427	14	4	18	6	10	8,4	(G 10000)	7,0	Grupo Nova Lima	Rio Acima
JJ-431	35	16	(40)	2	L 10	(5,8)	490	5,8	Grupo Itacolomi	Rio Acima
JJ-435	40	(35)	30	5	10	5,5	290	6,1	Grupo Piracicaba	Itabirito
JJ-437	24	8	50	1	L 10	(G 10)	2100	6,3	Grupo Piracicaba	Itabirito
JJ-440	8	3	8	4	L 10	(G 10)	140	5,4	Grupo Piracicaba	Itabirito
JJ-443	3	5	8	N 1	10	(G 10)	510	6,7	Grupo Piracicaba	Itabirito
JJ-444	18	17	18	4	10	(G 10)	470	5,5	Grupo Piracicaba	Itabirito
JJ-447	(80)	(85)	(100)	15	20	8,3	790	5,5	Formação Candarela	Ouro Preto
JJ-448	23	30	50	(35)	60	9,4	9000	6,3	Formação Candarela	Ouro Preto
JJ-449	12	(35)	24	(40)	20	2,6	2300	6,8	Formação Candarela	Ouro Preto
JJ-450	14	30	28	(30)	10	2,8	1700	6,8	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
JJ-4[illegible]	45	10	40	(60)	60	4,9	210	6,8	Grupo Nova Lima	Itabirito

Obs: ( ) - Teor anômalo do elemento

CPRM

TABELA 21

VALORES ANÔMALOS EM

CONCENTRADOS DE MINERAIS PESADOS

AMOSTRAS	ELEMENTOS (ppm)						UNIDADE GEOLÓGICA	FOLHA (1:50 000)
	Cu	Pb	Zn	Au	Sb	As		
HR- 27	(110)	30	100	N 0,05	25	20	Grupo Nova Lima	Ouro Preto
HR- 30	(110)	25	100	N 0,05	10	10	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
HR- 72	19	4	20	N 0,05	(80)	20	Formação Fecho do Funil	Ouro Preto
HR-128	4	4	8	(9,0)	20	(120)	Grupo Nova Lima	Mariana
HR-132	10	5	18	(7,0)	2	(G 300)	Formação Sabará	Mariana
HR-371	18	28	27	N 0,05	(260)	80	Complexo Basal	Brumadinho
HR-377	45	27	19	N 0,05	(430)	20	Formação Moeda	Brumadinho
JJ- 27	12	85	(130)	N 0,05	6	L 10	Grupo Caraça	Ouro Preto
JJ-131	75	23	(140)	N 0,05	(85)	80	Grupo Piracicaba	Ouro Preto
JJ-188	18	10	29	0,6	(110)	20	Formação Gandarela	Itabirito
JJ-192	(170)	(230)	(150)	N 0,05	25	60	Grupo Piracicaba	Itabirito
JJ-217	(210)	(230)	(220)	N 0,05	25	40	Grupo Piracicaba	Itabirito
JJ-225	24	(190)	40	N 0,05	2	20	Complexo Basal	Itabirito
JJ-347	(210)	28	(300)	N 0,05	6	40	Formação Cercadinho	Itabirito
JJ-456	12	10	21	(31)	40	10	Formação Gandarela	Ouro Preto
JJ-461	80	70	80	1,5	(420)	80	Grupo Nova Lima	Itabirito

Obs: ( ) - Teor anômalo do elemento

7 - CONCLUSÕES

- A amostragem e determinações químicas referentes ao presente estudo podem ser consideradas como muito boas, tomando por base os resultados da análise de variância e a consistência dos dados correspondentes aos testes de frações granulométricas, embora estes últimos sejam de caráter subjetivo. No caso do elemento arsênio, ocorreram alguns problemas de ordem analítica, visto que o limite inferior de detecção é semelhante ao teor médio.

- Foram alcançados os principais objetivos a que se propunha o projeto, quais sejam, a identificação de zonas mineralizadas na região do Quadrilátero Ferrífero, como a estudada no levantamento orientativo, entre outras, além da definição de um quadro de possibilidade geoeconômicas, com a fixação de unidades geológicas, elementos e localidades mais promissores.

- Os processos de contaminação na área trabalhada mostraram-se insignificantes e podem ser controlados satisfatóriamente, quase não havendo dados de natureza duvidosa, o que desfaz uma idéia antiga e bastante arraigada a respeito do assunto.

- O cobre revelou-se de certa forma desvinculado da mineralização sulfetada existente no horizonte carbonático (Formação Gandarela) do morro do Bule, ao sul do Complexo de Bação. Contudo, em outros locais há uma relação perceptível entre as anomalias deste elemento e a referida unidade, inclusive com os dolomitos Fecho do Funil.

- O chumbo apresenta uma distribuição bastante discreta nos sedimentos de corrente, e apenas as anomalias do morro do Bule encerram algum interesse geoquímico, na medida em que se confundem com uma zona mineralizada.

- A dispersão clástica desempenha um papel pouco significativo no comportamento e abundância de metais-traço como Cu, Pb, Zn na drenagem. Já no caso dos elementos Sb, As e Au, esta forma de dispersão pode atingir níveis particularmente expressivos, a julgar pelos resultados logrados com os minerais pesados.

- O arsênio teve as suas características de elemento farejador confirmadas pelos valores, ainda que discretos, nos sedimentos do córrego Morro do Bule, e pelo seu comportamento junto às regiões auríferas de Mariana e Barão de Cocais, onde despontam anomalias em sedimentos e concentrados de bateia ao longo de grandes extensões do Grupo Itabira, evidenciando uma correlação geoquímica entre as oscilações positivas e os ambientes mais ricos em ferro.

- O panorama da distribuição do elemento antimônio, classificado como indicador, permite estabelecer também algumas características de farejador. Contudo, importantes aspectos do comportamento geoquímico-mineralógico deste metal no ambiente secundário ainda não foram suficientemente esclarecidos.

- Embora detectado com alguma frequência nos concentrados de bateia, o ouro apresenta anomalias com contrastes relativamente baixos, quando examinados dentro do contexto de uma área reconhecidamente mineralizada, o que permite supor a introdução de critérios subjetivos nos

processos de concentração, redudando numa depleção da quantidade do metal no produto final.

- A frequência incomum do ferro e manganês nas drenagens da área trabalhada distingue nitidamente o denominado Quadrilátero Ferrífero, em especial o Grupo Itabira. Por outro lado, esta característica constitui num problema na prospecção geoquímica, pelas dificuldades que causa na interpretação dos dados.

- A litogeoquímica corroborou um ambiente de sedimentação raso das rochas dolomíticas do Super-Grupo Minas, como se depreende dos baixos conteúdos dos metais Cu, Pb, e Zn, em concordância com outros dados geológicos.

- Os processos de coprecipitação dos metais-traço com os elementos maiores inscrevem-se entre os principais fatores controladores do ambiente secundário, embora não tenham sido verificados coeficientes de correlação excepcionalmente altos, nem haja uma sistemática associação de valores anômalos. Estes aspectos são percebidos principalmente através de estudos específicos, cujo aprofundamento interdepende de avanços paralelos nas técnicas analíticas.

- Os fenômenos de adsorção, coprecipitação e oclusão de metais-traço dão-se em qualquer fração granulométrica, mas são mais marcantes nos sedimentos mais finos e nos mais grosseiros. Nas frações intermediárias, em especial a que varia de 80 a 120 mesh, as concentrações limoníticas são mais discretas, diminuindo também a incidência daqueles processos.

- Os testes geoquímicos efetuados durante a

Mod. 002

NE 7530.0210.0343

prospecção orientativa levaram à determinação das frações granulométricas mais apropriadas para a análise de sedimentos de corrente (-40 mesh) e solos (-80 mesh), sendo que para os últimos, as profundidades de amostragem superiores a 30 cm resultaram mais eficientes.

- Com base no estudo da região do morro do Bule, portadora de uma ocorrência sulfetada pouco expressiva, enquanto a detecção de valores significantes (em termos objetivos) através da amostragem de sedimentos de corrente, dá-se até a 1 km da fonte, no caso dos solos a malha deve ser bem mais densa, com um espaçamento de, no máximo, 50 m. Neste contexto, dentre os elementos investigados cabe destacar as associações Pb-Sb-Zn nos sedimentos e Sb-Pb-Zn-Ag-Au em solos.

- A influência do ambiente secundário na dispersão geoquímica é particularmente perceptível nos solos dos horizontes carbonáticos, onde a abundância de quase todos os metais-traço e elementos maiores sofre acentuados enriquecimentos secundários.

8 - RECOMENDAÇÕES

- Nas zonas que encerram anomalias de As, Au e Sb, onde a forma predominante de dispersão é clástica, os trabalhos deverão ter um prosseguimento bastante mais objetivo. É importante notar que a sistemática de investigação deve atingir também as regiões à montante de mineralizações já conhecidas, quando englobadas nas referidas zonas.

- O Grupo Nova Lima (Super-Grupo Rio das Velhas) apresenta anomalias de Cu e Sb que despertam um interesse todo particular, tendo em vista a presença de rochas metavulcânicas em meio à sequência metassedimentar. Os dados de outros levantamentos geoquímicos anteriormente levados a termo no âmbito desta unidade, e que não foram dados a público, deveriam ser integrados com o presente estudo, no sentido de que pudessem ser estabelecidas zonas de razoável potencial mineral. Dependendo dos resultados da interação de informações, uma prospecção sistemática poderia ser extendida a esta unidade pois se adicionam anomalias de As e grandes perspectivas para Au.

- Quaisquer estudos posteriores que incluam na sua pauta uma metodologia com coleta de concentrados de bateia, deverão sofrer estágios de separação magnética, haja visto os resultados observados com relação a metais com dispersões tipicamente clásticas, como Au, Sb e As, cujas anomalias quase não fazem presentes ou mesmo não foram percebidas na fração magnética. Tal procedimento é indicado também para os estudos mineralógicos das frações pesadas, que deverão incidir sobre o material da fração não-magnética.

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

- Nas áreas anômalas para sedimentos de corrente, deverão ser desenvolvidas investigações rápidas e específicas, no sentido de estabelecer o tipo de dispersão e outros fatores controladores dos níveis de concentração dos metais objetivados.

- A inclusão de análise de Pb em zonas com algum potencial quanto a mineralizações de Zn em dolomitos, justifica-se na medida em que aquele metal mostrou ser um indicador (ou provável farejador), em função dos resultados obtidos em sedimentos, solos e rochas. Também a prata merece ser considerada com este objetivo, pelo menos na prospecção em solos.

- Uma característica inerente aos levantamentos geoquímicos essencialmente regionais, nos quais se enquadra o presente trabalho, é a seleção de áreas anômalas, de maior ou menor amplitude, mas sem um vínculo mais estreito com o que se entende por potencial mineral. Este deve ser definido normalmente à luz de campanhas ulteriores, a iniciar pela reanálise e reamostragem dos materiais portadores das anomalias metálicas, execução de análises fracionárias, estabelecimento das zonas de "cut-off" e origem das anomalias, até a sua classificação como significantes ou falas (não relacionadas a mineralizações). A proposição de estudos mais específicos e detalhados foi estendida a um número relativamente grande de áreas, selecionadas de acordo com os resultados alcançados para um ou mais metais-traço. Assim, são formuladas as seguintes recomendações de prospecções geoquímicas de detalhamento de zonas anômalas: serra do Itabirito (Sb, As, Au, Cu e Zn), serra Três Irmãos (Sb), serra da Piedade (Zn), serra

do Ouro Preto (As e Au), Dom Bosco (Cu, Zn, Sb, As e Au)e Barão de Cocais (As, Au, Cu e Zn).

CPRM

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, Aziz Nacib. O relevo brasileiro e seus problemas. In: AZEVEDO, Aroldo de, ed - Brasil; a terra e o homem; as bases físicas. São Paulo, Nacional, 1968, p. 135-217.

BARBOSA, O - Contribuição a geologia do Centro de Minas Gerais. Mineração Metalurgia, 14(79): 3-19, maio 1949.

BOANOVA, Francisco de Paula. Estudos dos minerais de chumbo, zinco e antimônio do Morro do Bule, Ouro Preto. In: BRASIL. Ministério da Agricultura Industria e Comercio. Departamento Nacional da Produção Mineral. Serviço Geológico e Mineralógico - Relatório annual do director; 1929. Rio de Janeiro, 1930, p. 25-27.

CAMPOS, L. F. C - Fisiografia da zona ferrífera de Minas Gerais. Mineração Metalurgia, Rio de Janeiro, 7 (38): 65-8, maio/jun. 1943.

CASSEDANNE, J. P. et alii - Prospecção sistemática com bateia na região de Dom Bosco - Morro do Bule, Minas Gerais. Mineração Metalurgia, Rio de Janeiro, 38(357): 48-55, nov. 1974.

DARDENNE, Marcel Auguste & CAMPOS NETO, Mário da Costa - Estromatólitos colunares na Série Minas, MG. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, 5(2): 99-105, jun. 1975.

DERBY, Orville A - The Serra do Espinhaço, Brazil. Journal of Geology, Chicago, 14(3): 394-401, 1906.

DORR II, J. V. N - The Cauê Itabirite and the Ganda-

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

rela Formation. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 7(2): 61-64, set. 1958.

DORR II, J. V. N.- Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero ferrífero, Minas Gerais, Brazil. U. S. Geol. Survey; prof. paper; Washington, (641-A): A-1 - A-110, 1969.

DORR II, J. V. N. et alii. Esboço geológico do Quadrilátero Ferrífero - Rio de Janeiro, DNPM, 1961. 120 p. (BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Divisão de Fomento da Produção Mineral, publicação especial, 1).

_____. _____ - Jazidas de manganês de Minas Gerais, Brasil. Rio de Janeiro, DNPM, 1958. 95 p. (BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Divisão de Fomento da Produção Mineral, boletim, 105).

_____. _____ - Origem dos minérios de ferro brasileiros, Rio de Janeiro, DNPM, 1953. p. 11-38. (BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Divisão de Geologia e Mineralogia, boletim, 144).

_____. _____- Revisão de estratigrafia pré-Cambriana do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Rio de Janeiro, DNPM, 1957. 31p. (BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Divisão de Fomento da Produção Mineral, avulso, 81).

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - Geografia do Brasil; Região Sudeste. Rio de Janeiro, 1977. 667 p.

GAIR, Jacob E - Age of mineralization at the Morro Velho and Raposos mines, Minas Gerais. Boletim da

Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 7(2): 39-45, set. 1958.

GAIR, Jacob E - The Sabará Formation. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 7(2): 68 _9, set. 1958.

GUILD, P. W. Geology and mineral resources of the Congonhas District, Minas Gerais, Brazil. U. S. Geol. Survey; prof. paper, (290): 5-110, 1957.

GUIMARÃES, Djalma. Arqui - Brasil e sua evolução geológica. Rio de Janeiro, DNPM, 1951. 314p. (BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Divisão de Fomento da Produção Mineral, boletim, 88).

_____ - Jazida de minério auro-cupro-antimonífero de Bico de Pedra, Rodrigo Silva, Municipio de Ouro Preto. Rio de Janeiro, DNPM, 1944. (BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral, avulso, 59).

HARDER, E. C. & CHAMBERLIN, R. T - The geology of central Minas Gerais, Brazil. Journal of Geology, Chicago, 23(4): 341-378, jul/ago. 1915.

_____. _____ - Journal of Geology, Chicago, 23(5): 385-424, sep/oct. 1915.

HAWKES, H. E. & WEBB, J. S - Geochemistry of mineral exploration, New York, Harper & Row, 1962.

HERZ, Norman. Metamorphic rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. U. S. Geol. Survey; prof. paper, Washington, (641-C): C-1-C-81, 1978.

HERZ, Norman & DUTRA, C. V - Preliminary spectrochemical and age determination results on some granitic

Mod. 002 NE 7530.0210.0343

ROSE, H - Beiträge zur Kentniss des Atopits von Miguel Burnier, Minas Gerais, Brasilien. Centralblatt fur Mineralogie, Geologie und Palæontologie, Stuttgart, (1919): 268-71, 1919.

RYNEARSON, Garn A. et alii - Contato basal da Série Minas na parte ocidental do Quadrilátero Ferrífero. Rio de Janeiro, DNPM, 1954. 18p. (BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Divisão de Geologia e Mineralogia, avulso, 34).

RYNEARSON, Garn A - Cobre na Serra da Moeda. Rio de Janeiro, DNPM, 1958. p. 86-89. (BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Divisão de Fomento da Produção Mineral, boletim, 97).

SIMMONS, George C - The Fecho do Funil Formation. In: SYMPOSIUM on the stratigraphy on the Minas Series in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 7(2): 66-7, set. 1958.

SIMMONS, George C. & MAXWELL, C. H.- Grupo Tamanduá da Série das Velhas. Rio de Janeiro, DNPM, 1961. 28p. (BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Divisão de Geologia e Mineralogia, boletim, 211).

SUSZCZYNSKY, E. F.- Sobre a origem e metalogenia das jazidas auríferas da área do Quadrilátero Ferrífero e seus arredores. Sociedade de Intercâmbio Cultural e Estudos Geológicos, Ouro Preto, (17): 137-185, 1977.

WALLACE, Robert M - The Moeda Formation. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 7(2): 59-60, set. 1958.

rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 7(2): 81-95, set. 1958.

HUSSAK, Eugen. Nota sobre o atopito das minas de manganês de Miguel Burnier. Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto, 9: 125-32, 1970.

KING, L. C. - A geomorfologia do Brasil Central. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 18(2): 147-265, 1965.

MAXWELL, C. H - The Batatal Formation. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 7(2): 60 61, set. 1958.

MEDEIROS, J. B. et alii - Projeto Jequitinhonha; relatório preliminar. Belo Horizonte, s. ed, 1975. (Relatório Inédito DNPM/CPRM): v. 1 77p. map. geol.

POMERENNE, J. B. - Barreiro Formation. In: SYMPOSIUM on the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 7(2): 67-68, set. 1958.

_____ - The Cercadinho Formation. In: SYMPOSIUM on the stratigraphy on the Minas Gerais in Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 7(2): 64-5, set. 1958,

_____ - Taboões quartzite. In: SYMPOSIUM on the stratigraphy on the Minas Series in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 7(2): 66-7, set. 1958.

Mod. 002

NE 7630.0210.0343

CPRM

10 - DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

FOTO 1 - Aspecto morfológico da região do morro do Bule, observando-se a intensa erosão que afetou as rochas menos resistentes dos Grupos Piracicaba e Itabira, denunciada pela presença de vales profundos.

FOTO 2 - Dolomito esbranquiçado a cinza claro do morro do Bule, contendo mineralizações sulfetadas associadas principalmente ao sistema de fraturamento.

FOTO 3 - Vista parcial da serra do Ouro Branco, notando-se a abrupta escarpa quartzítica pertinente ao Grupo Caraça, em contraste com o relevo suave apresentado pelos xistos e filitos do Grupo Nova Lima.

FOTO 4 - Relevo de "cuestas" dos filitos e quartzitos do Super-Grupo Minas, na região de Ouro Preto.

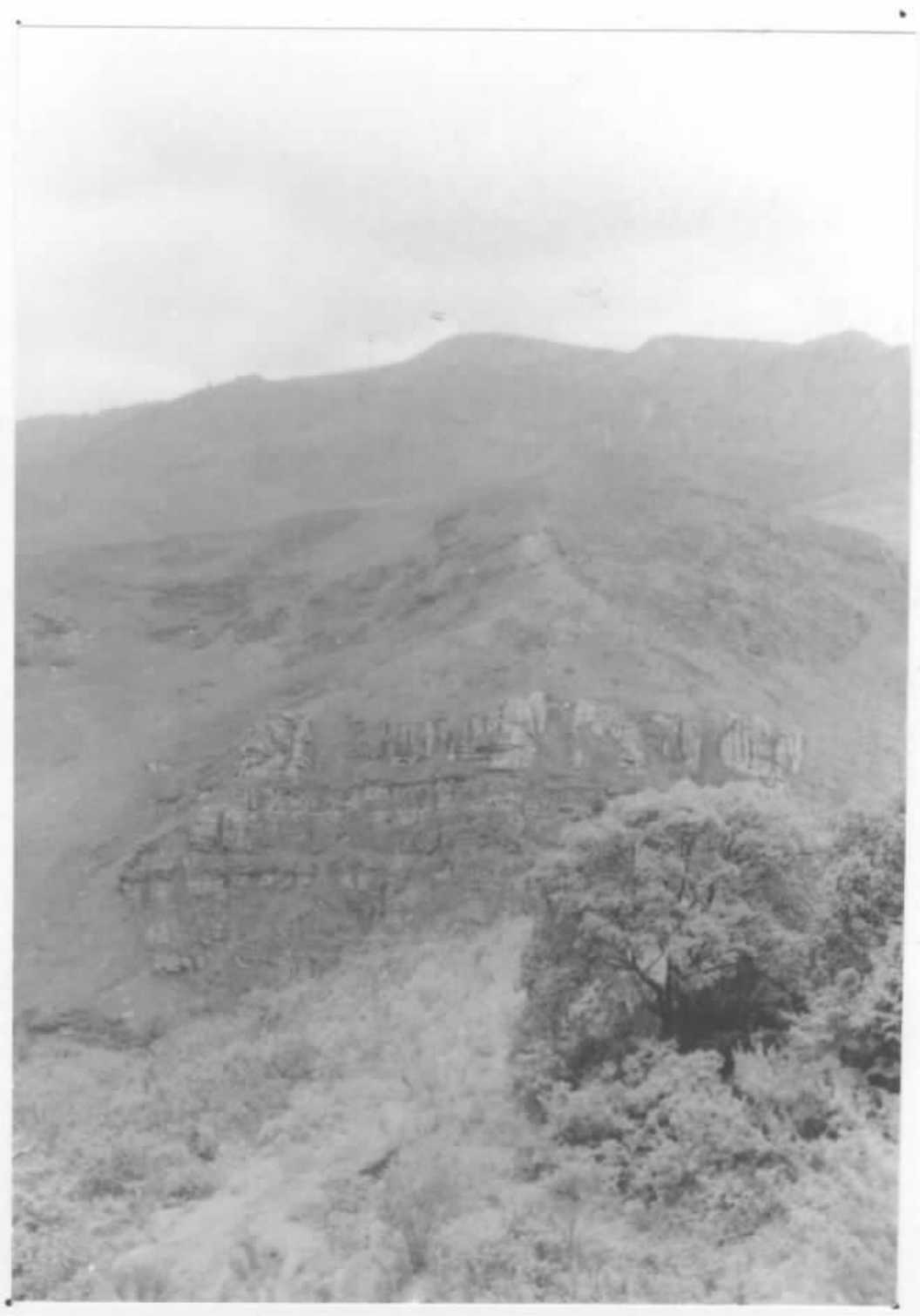


FOTO 5 - Sucessão estratigráfica observada entre as cidades de Ouro Preto e Mariana, aparecendo em primeiro plano as litologias da Formação Gandarela, sotopostas aos filitos e xistos com intercalações quartzíticas do Grupo Piracicaba, e ao fundo o relevo escarpado característico dos quartzitos do Grupo Itacolomi.

FOTO 6 - Afloramento de itabirito da Formação Cauê (Grupo Itabira) na rodovia BR-040, próximo à FERTECO - Mineração S/A.

FOTO 7 - Dolomito da Formação Gandarela, bem estratificado, esbranquiçado a avermelhado, pouco fraturado e em parte recristalizado, situado nas proximidades do córrego Gandarela.