

MINERAIS DO PARANÁ S.A.

PROSPECÇÃO DE DETALHE PARA  
PB - ZN NO ALVO BUGIO  
FORMAÇÃO AGUA CLARA - PARANÁ

MARCOS VITOR FABRO DIAS

CURITIBA

SET / 88

MINERO PAR  
Minerais do Paraná S/A.  
BIBLIOTECA

PROSPECÇÃO DE DETALHE PARA PB-ZN NO ALVO BUGIO  
FORMAÇÃO ÁGUA CLARA - PARANÁ.

Este relatório está sendo apresentado em substituição a monografia exigida para obtenção do grau de Especialista em Geologia Exploratória, pelo Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná.

Marcos Vitor Fabro Dias

M  
65:546  
72/74  
(86.22A)  
D 541

Curitiba  
SET/88

Registro n. 3678



Biblioteca/Mineropar

MINEROPAR  
Minerais do Pará S.A.  
BIBLIOTECA  
REG. 3678 DATA 05/10/88

## **AGRADECIMENTOS**

O autor agradece à Diretoria da MINEROPAR S/A, pela oportunidade concedida na participação do Curso de Geologia Exploratória, bem como na confecção deste relatório, em especial ao Diretor Técnico Mário Lessa Sobrinho. Deseja agradecer também aos professores João Carlos Biondi e Paulo Cesar Soares pela orientação, bem como aos colegas Marco Cesar Ceballos Bonatto pelas discussões e incentivo e a Ana Maria Gapiski pela correção e datilografia.

## SUMÁRIO

1 - Introdução .....	01
2 - Localização e Acesso .....	01
3 - Trabalhos Executados .....	03
4 - Geotectônica .....	05
5 - Geologia da Formação Água Clara .....	06
6 - Granodiorito São Sebastião .....	10
7 - Geologia do Alvo Bugio .....	12
8 - Resultados da Prospecção .....	23
9 - Interpretações e Sugestões de Modelo .....	42
10 - Conclusão .....	49

### Referências Bibliográficas

### Anexos

- 1 - Mapa de Pontos e Caminhamento
- 2 - Mapa de Integração das Anomalias da Geoquímica de solo (200 x 25 m) e Escavações (Cu, Pb, Zn, Ni, Co e Mn)
- 3 - Mapa de Isovalor Pb em ppm (solo)
- 4 - Mapa de Isovalor Zn em ppm (solo)
- 5 - Correlação Furo de Sonda - Trincheira
- 6 - Mapa de Integração Geologia - Geofísica - Geoquímica

## 1 - INTRODUÇÃO

O programa de exploração na Formação Água Clara foi idealizado de forma centrípeta, iniciando-se por prospecção geoquímica, acompanhada de reconhecimento geológico em âmbito regional, passando por uma fase de semidetalhe (geologia e geoquímica) em área selecionada, culminando com a seleção de quatro alvos para prospecção de detalhe (Fig. 01).

Das quatro anomalias padrão selecionadas (alvos), o Arroio do Bugio foi o que se mostrou mais favorável, prosseguindo-se a pesquisa em diferentes épocas e tipos de trabalho, que serão objeto do presente relatório.

Os trabalhos desenvolvidos sobre o alvo consistiram em: fotointerpretação, mapeamento geológico, orientativo de solo, geoquímica de solo em malha, escavações, litogeoquímica, análise petrográfica, geofísica e sondagem.

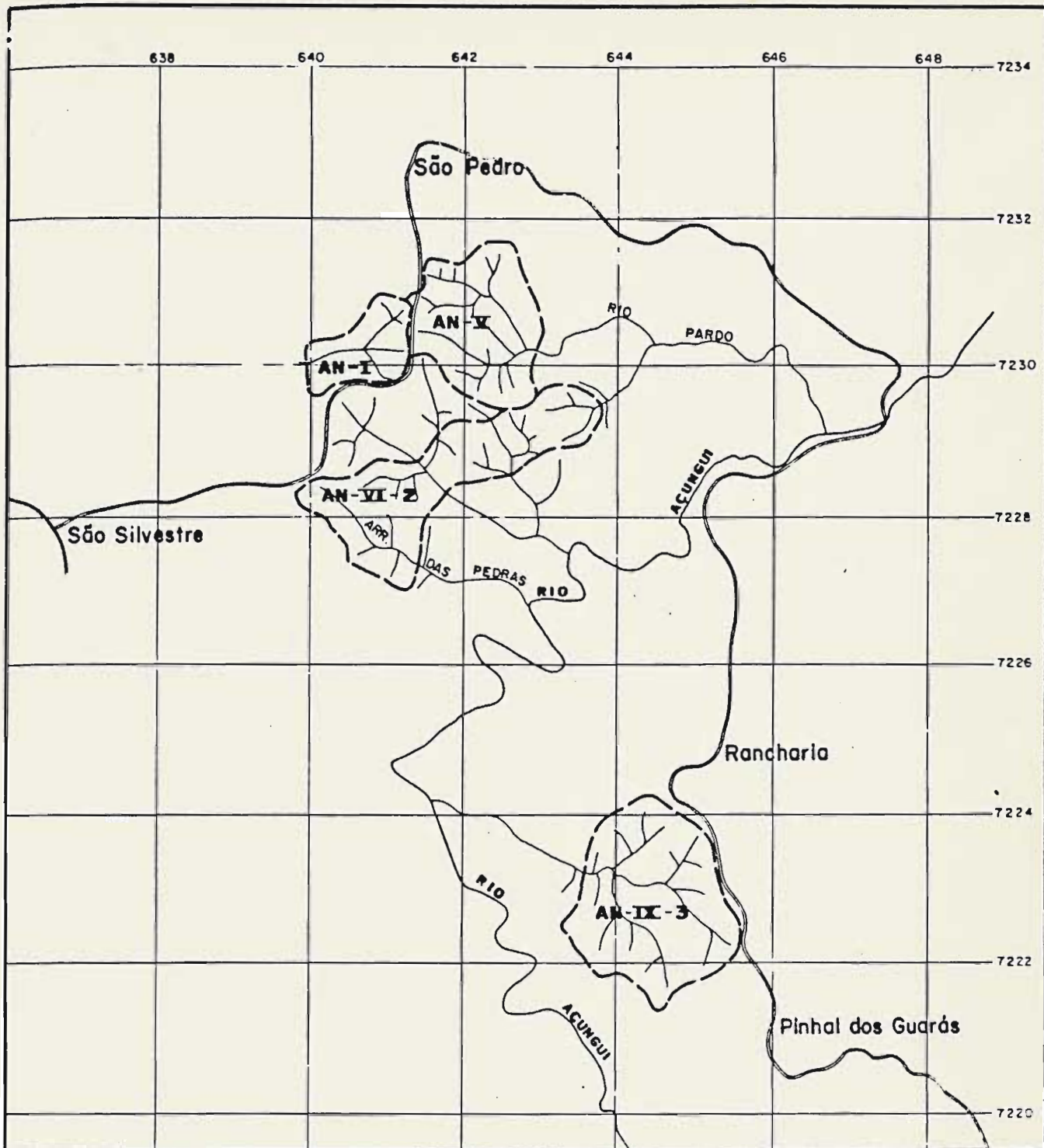
Os resultados desta pesquisa aliados as observações de trabalhos anteriores, permitiram se fazer especulações a respeito do modelo exploratório possível para o alvo, e por extensão à Formação Água Clara.

## 2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O alvo investigado localiza-se a noroeste de Curitiba (PR), distante cerca de 50 km em linha reta da Capital, à sudoeste da localidade de São Silvestre, na margem esquerda do Rio Açungui, onde o mesmo sofre uma inflexão em forma de cotovelo, de noroeste para nordeste.

A área de trabalho fica compreendida entre as localidades Pinhal dos Guarás (norte) e Rancharia (sul).

O acesso é feito partindo de Curitiba pela rodo via PR-092 por cerca de 30 km até o entroncamento que dá acesso à Fábrica de Cimento Itaú, chegando-se a localidade de Itaperussu. Deste ponto toma-se a estrada macadamizada em direção a São Pedro, por cerca de 15 km (proximidade do acampamento da Trombini), tomando-se a estrada secundária à esquerda, em



**MAPA DAS ANOMALIAS PADRÃO SELECIONADAS (PONTES E SALAZAR,1982)**

- AN-IX-3** RIBEIRÃO DO BUGIO (Pb-Zn-Mn-Au)
- AN-VI-2** RIBEIRÃO DAS PEDRAS E PAVÃOZINHO (Cu-Zn-Pb-Co)
- AN-V** ARROIO BELA VISTA (Pb)
- AN-I** ARROIO BELISSÁRIO (Au-Sn)

Fig. 01

direção a localidade Pinhal dos Guarás por mais 15 km (Fig. 02).

### 3 - TRABALHOS EXECUTADOS

Os trabalhos executados no Alvo Bugio podem ser separados em duas porções: os executados no alvo como um todo (cerca de 5 km<sup>2</sup>) e os executados sobre a porção anômala do alvo (cerca de 0,5 km<sup>2</sup>).

#### Alvo Bugio

Fotointerpretação (1:25.000) e mapeamento geológico (1:5.000) com perfilagem geológica de 10,7 km, 21 análises petrográficas de rocha e 38 análises químicas de rocha para Cu, Pb e Zn por espectrofotometria de absorção atômica, após abertura total (fluorização) na fração menor que 200 mesh.

Geoquímica de solo em malha 200 x 25 metros, com análise de 495 amostras, precedida de orientativo, através da análise de 61 amostras, todas elas analisadas para Cu, Pb, Zn, Ni, Co e Mn por espectrofotometria de absorção atômica após abertura com água régia 3:1 à quente, na fração menor que 80 mesh.

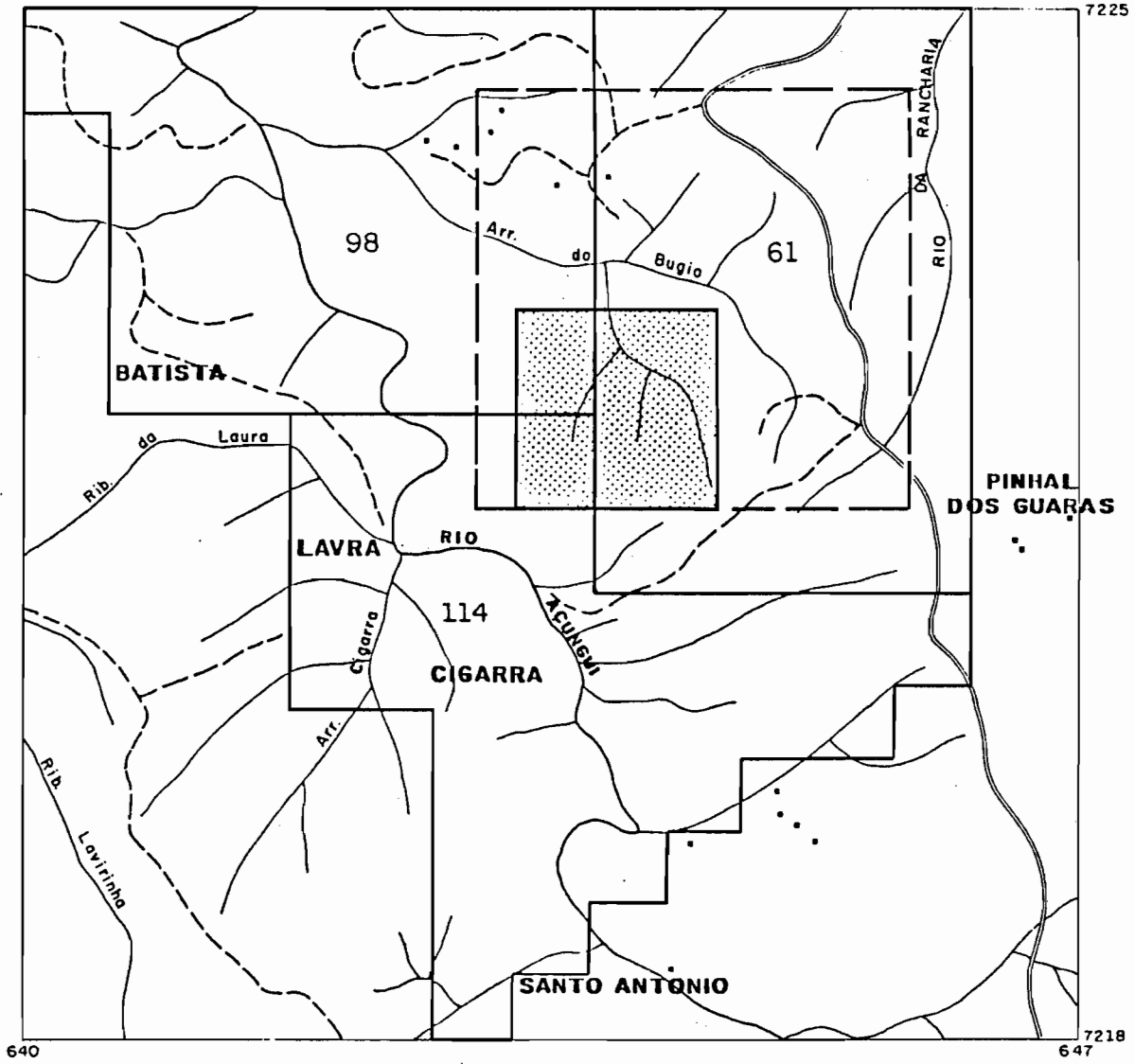
As escavações foram em número de 17 poços e 3 trincheiras com 151 amostras de canal analisadas para Cu, Pb, Zn, Ni, Co e Mn na mesma rotina das análises de rocha.

#### Zona Anômala do Alvo

Geoquímica de solo 100 x 25 metros com análise de 354 amostras para Pb e Zn, conforme metodologia anterior.

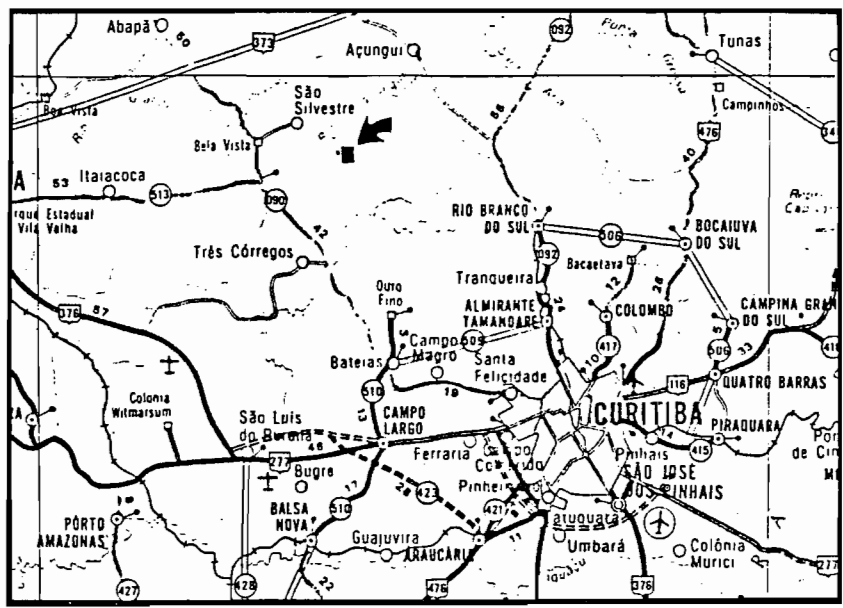
Levantamento Geofísico de Polarização Induzida de 2.475 metros de linha, com espaçamento dipolo-dipolo de 25 metros, até seis níveis de profundidade teórica (25, 37, 49, 61, 73 e 85 metros) realizada pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo (IPT - DMGA). Utilizou-se para este levantamento o conjunto de Polarização Induzida - Transmissor TSQ-3



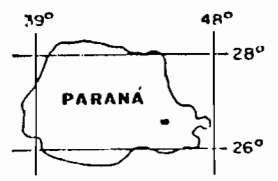


- ÁREA DNPM**
- ALVO BUGIO**
- ESTRADA**
- DRENAGEM/RIO**
- CASA**
- ZONA ANOMALA**

Escala 1:50.000



■ ALVO BUGIO (detalhe acima)



Escala 1:1.000.000

Fig. 02

-30 kw e Receptor IPR-10, ambos de fabricação SCINTREX.

As escavações foram em número de 23 poços e 4 trincheiras com análise de 34 amostras para Pb e Zn, conforme metodologia anterior.

Todas as informações foram integradas em mapa 1:2.500 com o intuito de otimizar a locação de furo de sonda de 138,54 m de comprimento, onde se analisou 74 metros de testemunho (30 amostras) para Pb, Zn e Au ou Ag, bem como, 7 análises petrográficas.

#### 4 - GEOTECTÔNICA

A Formação Água Clara pertence ao Complexo Água Clara-Perau-Setuva, de Soares (1987), que numa modelização geotectônica enquadra a mesma numa bacia de retro-arco no proterozóico médio (1,4 - 1,2 m.a.), deformado posteriormente com subducção num evento de colisão arco/continente, sobre uma litosfera continental super atenuada.

A tectônica deformadora inclui dobramento isoclinal com xistosidade plano axial nas condições termodinâmicas da zona de biotita e granada (6 Kb a 500°C), até mesmo estauroлита (7 Kb a 500°C), acompanhado de um intenso achatamento e cisalhamento dúctil com transposição e transporte tectônico deste Complexo.

A tectônica de cavalgamento do ciclo subsequente (Grupo Açungui) reempilhou localmente as unidades metamórficas, com cisalhamento dúctil-rúptil, e proporcionou a geração de batólitos graníticos e granodioríticos calco-alcalinos, de idade suposta 650-750 m.a.. Estes batólitos, que teriam sido gerados e mobilizados para um nível estrutural inferior ao do cavalgamento, dentro da infra-estrutura (6 Kb), provocaram um acentuado e extensivo termometamorfismo no Grupo Setuva.

A deformação do Grupo Açungui foi contemporânea a um metamorfismo que no máximo chegou ao início da zona de biotita (T450°C e P4Kb).

No evento posterior (geração de bacias de ante

país, retro arco) é aventada a fusão parcial da crosta e geração de magmas de composição monzogranítica, que foram mobilizados para níveis superiores, correspondendo aos granitos tardi-orogênicos (600 m.a., Rb/Sr).

O estágio final de colisão se processou concomitantemente com o evento transcorrente Lancinha gerando falhas de empurrões e dobras N30-40E, falhas sintéticas N60-80E e antitéticas N0-20W. Associado a este evento (sistema transcorrente) houve ascensão de isothermas e núcleos de decompressão, onde se formaram magmas no manto e crosta inferior, que correspondem a granitos alcalinos, cuja idade pode ser atribuída a cerca de 550 m.a..

Na fase pós-colisional (reversão do movimento Lancinha) houve geração de bacias de transtensão (Grupo Castro) com vulcanismo e provavelmente intrusões graníticas pós-orogênicas alcalinas, com características de granitos de intra-placa.

## 5 - GEOLOGIA DA FORMAÇÃO ÁGUA CLARA

A Formação Água Clara ocorre principalmente bordejando ou formando estreitas faixas sobre o Maciço Três Córregos (Fig. 03).

Foi subdividida e descrita por Pontes, J. B. (1982) em duas fácies: vulcano-sedimentar (basal) e carbonática (superior).

### **Fácies Vulcano-Sedimentar**

Essa fácies é caracterizada pela associação rítmica de seus diferentes termos litológicos, representados geralmente por delgados níveis de metapelitos, metapsamitos, rochas carbonáticas impuras, principalmente mármore silicosos e rochas de origem ígnea, indicando ambiente marinho profundo para sua deposição.

As litologias de origem clástica, predominantes

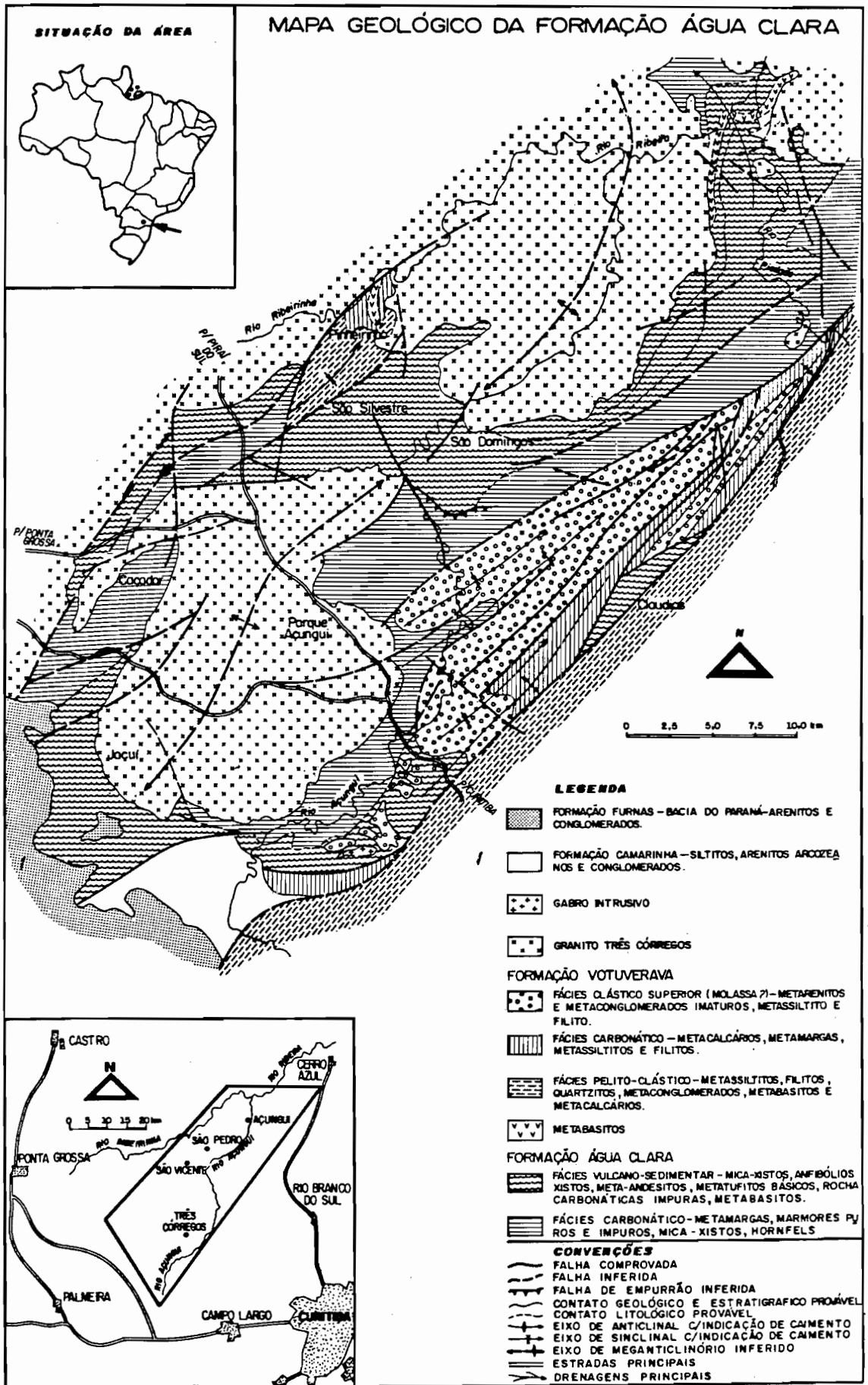


Fig. 03

nesses fácies, são representadas por quartzo-mica-xistos (clorita, biotita, muscovita), sempre de granulação fina, e por quartzitos finos, micáceos, que ocorrem quase sempre em delgadas intercalações. Dentro das rochas carbonáticas são comuns as metamargas (clorita, biotita, flogopita, tremolita/actinolita-xistos), mármore impuros e mais raramente puros.

As meta-ígneas são representadas principalmente por rochas vulcânicas, de composição intermediária a básica, e pelos metabasitos (anfíbolitos). Dentre as vulcânicas destacam-se os metatufitos básicos e os metaandesitos. Apresentam-se atualmente xistificados e polimetamorfizados, gerando clorita-albita-quartzo-xistos, a partir dos andesitos, e rochas anfíbolíticas-hornblenda (possivelmente actinolíticas), plagioclásio (andesina as vezes albitizadas), clorita magnésiana, ortoclásio e quartzo.

Os metabasitos, possíveis sills, são caracterizados pela composição mineralógica (hornblenda e plagioclásio-andesina, as vezes em cristais ripiformes remanescentes) e texturas reliquiais indicativas de origem ígnea.

Ocorrência generalizada de rochas xistosas compostas essencialmente por clorita, cummingtonita e quartzo, com freqüentes intercalações de delgados níveis e metachert mangano-ferruginoso, ricos em granada e epídoto é uma característica da fácies vulcano-sedimentar.

Segundo Soares (1987), essa associação situa-se na parte intermediária à superior do Compelxo Água Clara-Perai-Setuva com calcários impuros, calcilito, vulcânicas andesíticas e basálticas, tufos, camadas de cherts ferríferos e manganíferos, sendo sobreposto por uma unidade carbonática superior (calco-xistos, clorita-epídoto-anfíbólio-xistos, granada-epídoto-hornblenda-xistos com teor variável de carbonatos; inclui mármore cinzentos em geral bandados) originada à partir de seqüência calcilitítica e de calcários calcíticos puros e impuros, rico em manganês, depositado em plataforma ou bacia profunda. É sotoposto por uma unidade carbonática inferior, correspondente a seqüência batial ou plataformal profunda, dominada por calcilitos, associações rítmicas de mármore e calco-xistos, biotita-xistos, carbonato quartzitos e gonditos.

O Alvo Bugio está enquadrado no fácies vulcano-sedimentar de Pontes (1982).

### **Fácies Carbonática**

Esse fácies é composto por uma seqüência litológica predominantemente carbonática, com raras intercalações de rochas pelito-clásticas, destacando-se os calco-xistos (com quartzo, biotita, clorita, sericita, granada e epidoto), com cores esverdeadas e freqüentes intercalações de mármore calcítico, cinza-clara a branca, em geral bem cristalizados. Mais raramente são constatadas intercalações de mica-xistos (com biotita, sericita e clorita) e quartzitos micáceos finos.

Os mármore são nitidamente foliados e, quando impuros, minerais micáceos desenvolvem-se nos planos de estratificação (ou foliação de transposição).

Intercalações restritas de rochas carbonáticas de origem clástica (metacalcirruditos quartzosos e brecha sedimentar), aliadas a identificação de estratificação cruzada e possíveis fendas de dissecação em mármore impuros carbonosos, parecem indicar um ambiente marinho raso (intertidal e supratidal) para deposição desses fácies (Pontes, 1982).

Nenhuma ocorrência de estrutura organógena foi constatada nas rochas carbonáticas da Formação Água Clara.

### **Metamorfismo**

A análise da evolução metamórfica das rochas da Formação Água Clara é bastante dificultada pela superposição do metamorfismo termal, provocado pela intrusão do Batólito Três Córregos, em uma seqüência já afetada por eventos de metamorfismo dinamothermal.

Pontes (1982) verifica uma fase inicial de metamorfismo regional na parte superior do grau fraco (localmente atingiu parte inferior do grau médio) e evidências de fase de retrometamorfismo.

A fase de metamorfismo termal associado a intrusão do Complexo Três Córregos é constatada pela identificação

de paragênese minerais típicas, geralmente em cristais porfiropoiquiloblásticos, incluindo diopsídio, hornblenda, epidoto, granada, escapolita, titanita.

## 6 - GRANODIORITO SÃO SEBASTIÃO

O Complexo Três Córregos pode ser subdividido geograficamente em Batólito Três Córregos à sul e São Sebastião à norte. Passaremos a discorrer sobre o granodiorito que ocorre no bordo sudeste da intrusão São Sebastião (Martini, 1981) posicionado a nordeste do Alvo Bugio.

O Granodiorito São Sebastião é texturalmente semelhante ao restante do corpo principal do Complexo Três Córregos. É característico o desenvolvimento de porfiroblastos centimétricos de microclínio que englobam minerais da matriz granular grosseira. Essa feição é típica do Complexo como um todo, colocando-a entre os denominados tipos sintectônicos (Marmo, 1971 in Martini, 1981).

A proporção porfiroblastos/matriz é pouco variável (20-30%). A matriz contém abundante hornblenda e proporções variáveis de biotita, além dos componentes quartzo-feldspáticos. Só localmente a biotita é predominante, podendo eventualmente faltar hornblenda. Este predomínio geral de hornblenda parece caracterizar uma diferença composicional sensível entre o segmento São Sebastião e o corpo principal do Complexo Três Córregos. A matriz do primeiro é granodiorítica enquanto do último é granítica.

Uma feição bastante comum no Granodiorito São Sebastião é a ocorrência de xenólitos métricos de dolomito, quartzo, quartzo-biotita-xisto e "hornblendito" (metabasito?). Próximo a estes xenólitos, o granito mostra variações composicionais e texturais relacionadas com o tipo de rocha englobada.

### Corpos Alasquíticos Tabulares

Sills, diques e bolsões de rochas graníticas alasquíticas são muito comuns no Granodiorito São Sebastião. Texturalmente, as intrusões tabulares incluem microgranitos, aplitos, pegmatitos e tipos porfiróides. A grande maioria destas rochas tem composição ou tendência alasquítica.

Entre os hábitos de ocorrência destes corpos, salienta-se a escassez ou inexistência de minerais raros associados aos veios pegmatóides. Além da assembléia quartzo-feldspática normal, apenas minerais como muscovita, biotita, hornblenda e turmalina são observados localmente e em pequena quantidade.

Não está ainda definida a relação direta entre a suíte de corpos tabulares acima descrita e a intrusão sintectônica principal. Neste sentido é sugerido que:

a) Os corpos tabulares porfiróides, alasquíticos ou não, sejam geneticamente relacionados com o Granodiorito São Sebastião.

b) Os diques de microgranito sejam bem mais jovens (pós-tectônicos ?) do que a intrusão principal.

Fragments de granito porfiróide são as vezes encontrados dentro do microgranito, isto é, os diques foram posicionados após a "blastese tardia". Salienta-se aqui que conforme Marmo (1971; in Martini, 1981), o metassomatismo potássico responsável pela "blastese", pode ocorrer até 300 m.a. após a formação de certos minerais da matriz.

### Relações de Contato

Os contatos do Complexo Granítico Três Córregos são em geral do tipo intrusivo, sendo muitas vezes também verificados contatos por falha. Nos contatos do tipo intrusivo são observados principalmente os seguintes casos, (Pontes, 1982):

a) Contato com o fácies carbonático, brusco, gerando hornblenda-hornfels e albita-epidoto-hornfels, à partir



de litologias argilo-carbonáticas e mármore intensamente recristalizados, a partir de calcários puros, os quais estão localmente também escarnitizados.

b) Contato com o fácies vulcano-sedimentar (metamargas, mármore silicosos, mica-xistos e metatufitos intercamados), com desenvolvimento de hornfels calcossilicáticos (diopsídio, grossulária, tremolita, hornblenda), nos quais constam-se intercalações de verdadeiros níveis de microgranitos alaskíticos, equigranulares, que diminuem de intensidade e espessura com o afastamento da borda do granito.

As transformações mineralógicas são mais intensas e perceptíveis nas bordas carbonáticas impuras do que nas litologias clásticas e vulcânicas. É possível, nesse caso, também uma intensa atuação metassomática (Willians-Jones, 1982 in Pontes, 1982) na formação dos minerais referidos.

c) Contatos transicionais com litologias essencialmente clásticas (biotita, clorita, sericita-quartzo-xistos), com geração de uma auréola de rochas, nas quais além de uma reorganização mineralógica sob influência termal, também parece evidente a atuação de processos metassomáticos. Nessas faixas, as vezes com espessura de até 300 metros, observa-se xistos feldspáticos e gnaisses hornfelsicos, com biotita, plagioclásio, muscovita, cordierita, antofilita, silimanita, bem como níveis de granito porfiróide introduzidos concordantes ou parcialmente discordantes da foliação reliquiar dos xistos e gnaisses.

## 7 - GEOLOGIA DO ALVO BUGIO

O Alvo Bugio está inserido na fácies vulcano-sedimentar de Pontes (1982) da Formação Água Clara. Geologicamente o alvo pode ser subdividido em duas unidades: fácies vulcano-sedimentar propriamente dita e hornfels calcossilicática, além da zona anômala.

A fácies vulcano-sedimentar ocorre em faixa alinhada na direção N80-90E, com espessura aflorante variando de

700 a 400 metros, adelgando-se no sentido nordeste. Mergulha in variavelmente a norte (predominantemente nordeste) com cerca de 35°. Encontra-se bordejada (a sul e a norte) pela unidade hornfels calcossilicática.

A unidade hornfels calcossilicática ocorre mais representativamente na porção central do alvo, englobando a zona anômala e litofácies de quartzo-xisto brechado e silicificado.

A zona anômala ocorre associada a zona de falha cortando as unidades hornfels calcossilicática. Possui direção N70W com comprimento da ordem de 600 metros e largura aproximada de 30 metros.

### **Fácies Vulcano-Sedimentar**

As principais características destas fácies são:

- a) Grande ritmicidade, com alternância de níveis de composição variada, normalmente em escala centimétrica.
- b) Predominância de rochas de granulação fina (pelítica) subordinadamente arenosa, raramente grosseira.
- c) Freqüentes intercalações métricas a decimétricas de rochas de origem ígnea, predominando os metatufitos básicos a intermediários.
- d) Presença bastante generalizada de níveis com enriquecimento residual de manganês.
- e) Presença constante de delgadas intercalações de níveis de metachert mangano-ferruginoso ou formação ferro-manganesífera (gonditos).
- f) Lentes de rochas calcossilicáticas.
- g) Normalmente são rochas xistosas e na maioria das vezes a xistosidade é paralela ou levemente oblíqua ao bandamento.

Macroscopicamente, os principais constituintes deste fácies intensamente interestratificado são: anfibólio-xistos, biotita-anfibólio-xisto; biotita-quartzo-xisto; granada quartzito (gonditos), metabasitos e rochas calcossilicáticas.

Micropetrograficamente, a presença de uma xisto

sidade é evidente em todas as lâminas, não raramente identificada como paralela ao bandamento (So ?), bem como presença de clivagem cataclástica ou de fratura, cortando a xistosidade.

O metamorfismo regional que afetou as mesmas é de baixo grau (xisto-verde) e não raramente são observados metamorfismo termal superimposto e retrometamorfismo, este evidenciado pela presença da clorita. É freqüente a presença de porfiroblastos (opacos, granada), pós-tectônicos, formados em evento hidrotermal.

Normalmente as rochas de origens são sugeridas como ígnea básica, vulcânica intermediária (tufo básico ?) e mais remotamente a partir de rocha pelito margosa, calcada em critérios texturais (textura ígnea reliquiar) e composição mineralógica.

As evidências mais importantes de hidrotermalismo são a presença de veios hidrotermais, normalmente com carbonato, clorita, quartzo, óxido de ferro e feldspato e mais remotamente algumas alterações como: plagioclásio (albita) para plagioclásio sericitizado; anfibólio (hornblenda, actinolita) para carbonato, opacos, clorita, epidoto/zoizita).

A composição mineralógica essencial é anfibólio (actinolita-hornblenda-tremolita/actinolita), plagioclásio, biotita e subordinadamente quartzo. Como acessórios tem-se opacos, clorita, carbonato, allanita, apatita, titanita e subordinadamente turmalina, muscovita, clorita, granada e zircão.

Para as rochas metabásicas intercaladas a esta fácies constata-se a presença de uma xistosidade interceptada por clivagem de fratura. Evidências de processo hidrotermal, com porfiroblastos pós-tectônicos e macro-cristais de turmalina associados a núcleos de opacos e biotita.

### **Fácies Hornfels Calcossilicática**

Essa fácies, aparentemente ocorre na transição da fácies vulcano-sedimentar para a fácies carbonática (mármore Serrinha, Pontes, 1982).

As principais características deste fácies são bandamento rítmico em escala centimétrica, caracterizado por bandas escuras e claras.

- Bandas claras normalmente carbonáticas impuras (quartzosas) e bandas escuras especialmente anfibolíticas com piroxênio e micas.

- São rochas carbonáticas impuras (metamargas), bandadas ou laminadas, ritmicamente, com foliação pouco pronunciada à ausente, às vezes com intercalação de delgados níveis mais quartzosos (quartzitos finos a muito finos) recristalizados e quase sempre com cimento carbonático.

Micropetrograficamente, invariavelmente apresentam evidência de metamorfismo de contato sendo classificados como hornfels calcossilicáticas ou calcossilicatadas hornfêlsicas. Às vezes apresentam intercalações de anfibólio (actinolita, tremolita) - mica (flogopita, clorita, biotita) xistos.

A composição mineralógica dos hornfels calcossilicáticos, é: carbonato, anfibólio (actinolita, tremolita), quartzo, piroxênio (diopsídio), mica (flogopita, clorita, biotita, sericita) plagioclásio, opacos, titanita, epidoto/zoizita, escapolita, apatita e sulfeto.

A textura predominante é granoblástica subordinadamente granoblástica/porfiroblástica. Normalmente apresentam sinais de cataclase.

O metamorfismo regional é fraco, superimposto por metamorfismo térmico que localmente chega a fácies hornblenda hornfels.

As principais evidências de hidrotermalismo são os veios hidrotermais com: carbonato, clorita, biotita, flogopita, quartzo, actinolita, óxido de ferro e minerais fêlsicos.

Ocorrem ainda situações de crescimento mineral englobando outros como: diopsídio englobando carbonato + quartzo + plagioclásio + titanita + opacos; escapolita + epidoto/zoizita + actinolita englobando quartzo + titanita + opacos + feldspato; actinolita + diopsídio englobando quartzo e carbonato, e tremolita/actinolita + diopsídio englobando quartzo + plagioclásio + escapolita.

Dentro deste fácies ocorrem lentes de quartzo-xisto brechado e silicificado, que se confundem em parte com a zona anômala.

Os quartzo-xistos macroscopicamente são caracte

rizados pela intensa presença de vênulas brancas milimétricas de quartzo, crescidos perpendicularmente à parede das vênulas, em rocha quartzosa de granulação fina, esbranquiçada.

As vênulas brancas separam fragmentos de rocha em tamanhos milimétricos a centimétricos, que dão aspecto brechóide para as litologias. As vênulas por vezes estão afetadas por deslocamentos em falhas de rejeito milimétrico.

Na microscopia os fragmentos são compostos de quartzos granoblásticos em granulação muito fina e formando cristais alongados, iso-orientados e por vezes deformado.

Contém grande quantidade de hematita e limonita na forma de poeira pigmentante, também acumulados entre os grãos e ao longo de superfície de deslocamento. Leucoxênio e alguns minúsculos cristais carbonáticos (calcíticos ?) também foram detectados em inclusão.

A estrutura atual da rocha, em escala microscópica não deixa dúvida de tais fragmentos pertencerem a uma rocha xistosa dobrada, atualmente inteiramente hidrotermalizada (silicificada) (originalmente era metasiltito) (Coutinho, 1983).

As vênulas se compõem de quartzo hidrotermal e alguma hematita.

A composição modal é quartzo (80%), óxidos de ferro (10-20%), carbonato e leucoxênio.

Nas duas lâminas analisadas deste fácies (MV-01 e 03) a classificação dada é xisto metassedimentar brechado e silicificado.

### **Zona Anômala**

A zona anômala do Alvo Bugio ocorre associada a zona de falha, cortando a fácies de hornfels calcossilicática e associada em parte com lentes de xisto metassedimentar brechado e silicificado.

A geologia desta porção está calcada em trincheiras e furos de sonda realizados para investigação da mesma (Fig. 04).

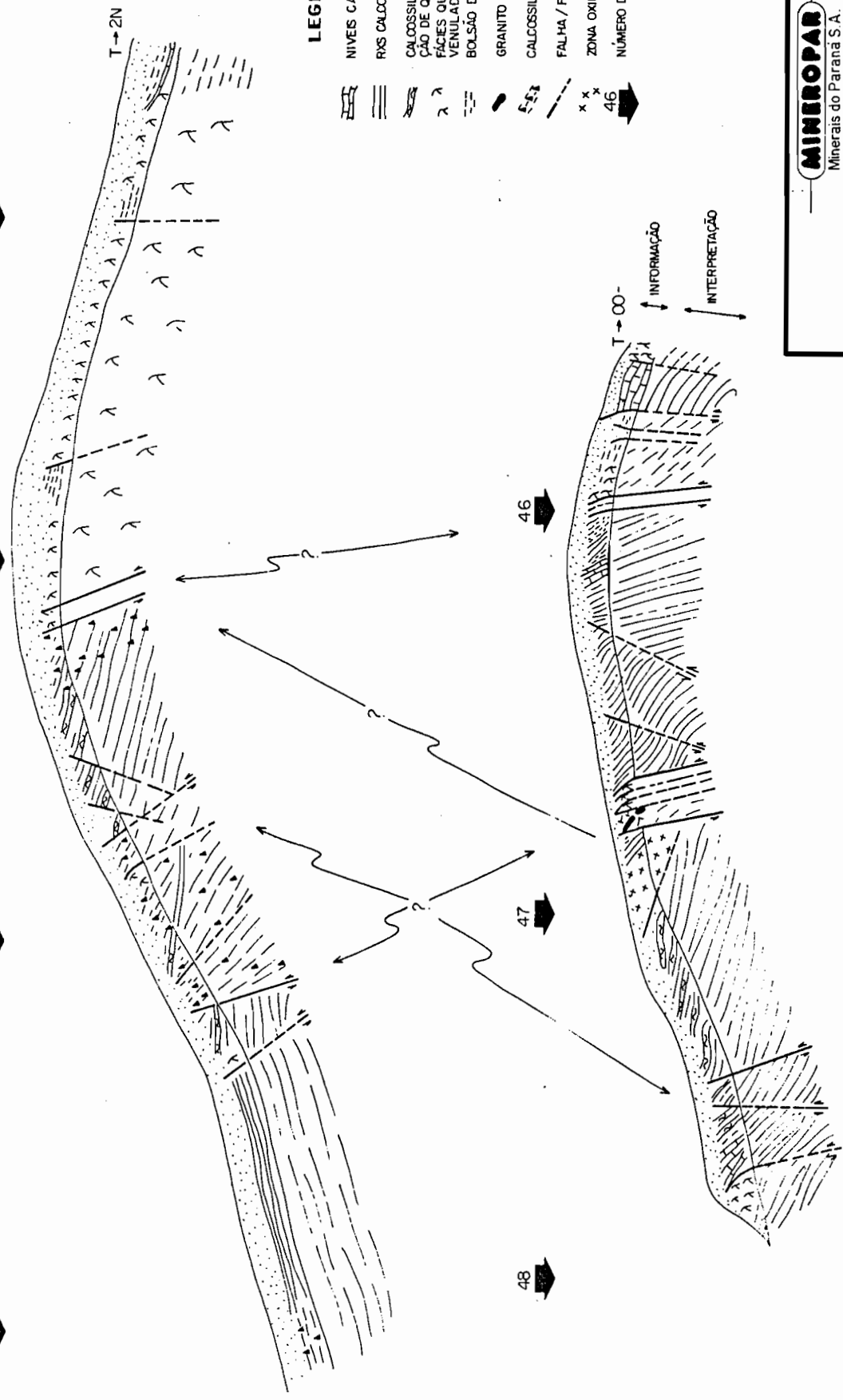
As principais litofácies desta porção em superfície inclui rochas das fácies hornfels calcossilicática e

51 → DIREÇÃO N45E  
48 →

49 →

50 →

51 →



**LEGENDA**

- NIVES CARBONATICOS
- RVS CALCOSSILICATA BANDADA
- CALCOSSILICATA COM INTERCALAÇÃO DE QUARTZO XISTO
- FÁCIES QUARTZOSA BRECHADA E VENULADA
- BOLSÃO DE ARGILA
- GRANITO ALASOQUÍCIO
- CALCOSSILICATA BRECHADA
- FALHA / FRATURA
- ZONA OXIDADA E CIZALHADA
- NÚMERO DO PIQUETE

**MINEROPAR**  
Minerais do Paraná S.A.

AUTOR	MARCOS	DDNF
EXECUTOR	MARCOS	COB/09
DATA	AGO/87	FOLHA
ESCALA		
DESENHO	CESAR	

CORRELAÇÃO ENTRE AS TRINCHEIRAS (Linha 02N e 00)

Fig. 04

quartzo-xisto brechado e silicificado em íntima associação; a crecida de intenso hidrotermalismo.

Macroscopicamente as rochas desta porção são descritas como:

a) Rocha quartzosa brechada, hidrotermalizada com venulações quartzosas milimétricas, sem padrão definido, presença incipiente de bandamento preservado como macrolitos em zona brechada e hidrotermalizada, cor de alteração amarelada-esverdeada com venulação esbranquiçada.

O processo de alteração lembra uma "granitização" dando cores esbranquiçadas, presença de feldspatização (argilização rosada) e as venulações são mais intensas nesta litofácies.

Próximo ou associado a esta litofácies ocorrem bolsões métricos de argila com cores creme, rósea-avermelhada, com fragmentos de rocha brechada e hidrotermalizada.

A composição básica da litofácies é quartzo muito fino (fração silte/arenosa) lembrando a litofácies de quartzo-xisto brechado e silicificado porém com processo hidrotermal ou de alteração mais proeminente.

b) Rocha bandada centimetricamente, cores de alteração esverdeadas, amareladas. Aparentemente trata-se de rocha calcossilicática com bandamento centimétrico devido a diferenças composicionais (bandas mais carbonáticas com bandas mais anfibolíticas). Intercala-se neste litofácies lentes decimétricas de rocha carbonática finamente laminada, mais pura, com cores de alteração tendendo a preto, baixa densidade e alta porosidade na alteração.

c) Rocha bandada centimetricamente com níveis avermelhados (cor de alteração) dada por rocha micácea, bastante xistosa (mica-quartzo-xisto). Aparentemente trata-se de rocha calcossilicática bandada, interestratificada com bandas de mica-quartzo-xisto as vezes em leitos descontínuos.

d) Ocorre ainda lentes métricas de rocha extremamente deformada, litificada, cor de alteração avermelhada com óxido de ferro (5%), bastante contorcida (milonitizada ?) bem como leitos de quartzo centimétrico boudinado, seixos de rocha

granítica alterada, granulação fina com baixa percentagem de máficos (alaskítica).

A zona como um todo encontra-se recortada por venulações quartzosas, fraturas e porções métricas com intenso fraturamento (brechas). As venulações são mais intensas e frequentes próximas a zona de fratura/falhas.

A nível de subsuperfície (furo de sonda) o comportamento da litofácies é conforme segue (Anexo 1):

a) De 0 a 40 metros a rocha apresentou-se alterada, com litologias semelhantes a da superfície.

b) De 40 até 138,54 metros (final do furo) é apresentado por rocha carbonática impura com bandamento ora decimétrico ora centimétrico, com variações em intensidade de: foliações (xistosa), presença de pontuações elípticas esbranquiçadas, presença de veios calcíticos (venulações), presença de pirita e de zonas brechadas.

c) As zonas de brecha mais significativas ocorrem de 102 a 108 metros e de 127,5 a 134 metros, ambos em torno de 6 metros de espessura aparente.

d) Em termos de ocorrência mineral, tem-se disseminações de pirita em diversos intervalos, e, verificou-se duas ocorrências pontuais de galena. Uma contida em nível calcítico, de cor esbranquiçada de 118,20 a 118,70 metros com veio milimétrico de galena. Vale ressaltar que foi o único veio calcítico decimétrico (0,5 metros), via de regra possuem espessura milimétrica. Outra contida em um nível calcítico de coloração mais clara que a usual, incluso em brecha (121 a 121,40 metros) onde ocorrem duas pontuações de blenda/galena. As duas ocorrências ficam posicionadas entre as duas zonas de brechas mais significativas.

e) Em algum intervalo onde foi possível se fazer um detalhamento, verificou-se que as piritas e as pontuações esbranquiçadas, possuem forma elíptica e estão controladas pela foliação, possuindo mais alongação na direção desta. Já as venulações calcíticas, não possuem um controle específico, porém são deslocadas pela foliação cataclástica até se paralelizarem a elas em casos extremos. Às vezes possuem orienta



ção perpendicular as mesmas, sendo deslocadas tanto pela foliação como por outros veios calcíticos concordantes com a foliação.

f) A foliação, via de regra é subparalela ao bandamento, ocorrendo deslocamento ao longo da mesma, como salientado acima.

A nível micropetrográfico (furo de sonda) tem-se que em todas as lâminas são assinaladas a presença de uma foliação cataclástica e presença de veios hidrotermais.

A composição mineralógica destes litofácies é: quartzo, carbonato, opacos, micas (sericita, clorita), titanita, feldspato (albita) e allanita.

Os veios hidrotermais são representados por: carbonato, clorita, quartzo, feldspato (albita), opacos e sericita.

Todos os veios encontram-se recristalizados e associados a duas fases hidrotermais; concomitante e posterior ao evento cataclástico.

Todas as fácies do Alvo Bugio apresentam em menor (São Silvestre) ou maior escala (zona anômala) evidência de hidrotermalismo, sendo a principal manifestação representada por veios hidrotermais. Os minerais comuns a todas elas são: carbonato, quartzo, clorita. Os óxidos de ferro são comuns tanto na fácies vulcano-sedimentar quanto na hornfels calcossilicática, encontrando seu correspondente na fácies anômala como opacos. Os feldspatos são comuns a fácies vulcano-sedimentar e fácies anômala só que nesta classificados como albita.

A flogopita, biotita e actinolita são específicas da fácies hornfels calcossilicática. Os minerais félsicos são comuns tanto na fácies hornfels calcossilicática quanto na fácies anômala. A sericita é exclusiva da fácies anômala.

As descrições petrográficas da zona anômala salientam o caráter cataclástico e hidrotermal desta zona. Trata-se de rocha carbonática impura, constituída por uma massa de quartzo e carbonato principalmente, mais clorita, titanita e allanita impregnada por uma poeira de opacos.

Essas rochas foram submetidas a metamorfismo cataclástico associado a processo hidrotermal numa primeira fase

MIN  
 Minerais do Estado S/A.  
 B/D-1-1-A

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DAS FÁCIES		
Vulcano-sedimentar	Hornfels Calcossilicática	Zona Anômala
Quartzo, Carbonato, Opacos, Clorita, Titanita, Apatita	Quartzo, Carbonato, Opacos, Clorita, Titanita, Apatita	Quartzo, Carbonato, Opacos, Clorita, Titanita, Apatita
Actinolita, Tremolita/Actinolita, Plagioclásio, Biotita	Actinolita, Tremolita/Actinolita, Plagioclásio, Biotita	
Allanita		Allanita
	Sericita, Diopsídio, Epidoto, Escapolita, Epidoto/Zoizita, Sulfeto	Sericita, Diopsídio, Epidoto, Escapolita, Epidoto/Zoizita, Sulfeto
Hornblenda, Turmalina, Zircão, Granada, Muscovita	Tremolita, Flogopita, Microclínio, Leucoxênio	Albita
REAÇÕES/ALTERAÇÕES		
Biotita+Óx.Fe + Opacos	Diopsídio englobando Carbonato, Quartzo, Plagioclásio, Titanita, Opacos	Recristalização de Veios Hidrotermais
Hornblenda substituída por Clorita, Opacos, Carbonato, Biotita	Escapolita, Epidoto/Zoizita, Actinolita englobando Quartzo, Titanita, Opacos e Feldspato	
Anfibólio altera-se Opacos, geração de macro-cristais + Turmalina e Carbonato	Actinolita, Diopsídio englobando Quartzo e Calcita	
	Tremolita/Actinolita, Diopsídio englobando Quartzo, Plagioclásio, Escapolita	
	Plagioclásio Sericitizado	
VEIOS HIDROTERMAIS COM		
Clorita + Óx.Fe + Carbonato	Carbonato + Biotita + Clorita	Clorita + Opacos
Clorita + Quartzo + Carbonato	Carbonato + Quartzo + Clorita + Flogopita + Actinolita	Carbonato + Quartzo + Opacos
Carbonato + Feldspato	Minerais Félsicos	Quartzo + Feldspato + Opacos + Clorita
	Óxido de Ferro	Quartzo + Calcita + Albita + Opacos
		Carbonato + Minerais Félsicos Carbonato + Quartzo + Albita + Sericita
Clorita, Óx. Ferro, Carbonato, Quartzo	Clorita, Óx. Ferro, Carbonato, Quartzo	Clorita, Opacos, Carbonato, Quartzo
Feldspato		Feldspato
	Minerais Félsicos	Minerais Félsicos
	Biotita, Flogopita, Actinolita	Albita, Sericita

compressional, com posterior brechação e hidrotermalismo, numa segunda fase extensional (brechas constituídas por fragmentos de rocha com orientação cataclástica).

Os eventos hidrotermais preenchem veios (venulações), todos recristalizados e é mais efetivo nas zonas brechadas.

Quando alterados os veios mostram-se desprovidos de material na sua parte central e os minerais de quartzo se prostam de modo perpendicular a parede das vênulas. As rochas quartzosas da superfície são porosas, produtos da alteração destes carbonatos impuros, onde a parte carbonática é lixiviada, permanecendo a quartzosa com venulações de quartzo.

No furo da sonda, a parte alterada (de 0 a 40 metros) é composto pela intercalação de rocha quartzosa brechada e hidrotermalizada com venulações quartzosas, intercalada por camadas de rocha xistosa finamente laminada, muito provavelmente um clorita-calco-quartzo-xisto.

Micropetrograficamente nota-se a presença de uma xistosidade reliquiar (obliterada pelo evento termal-hidrotermal posterior), sinais de cataclase e fraturas preenchidas. O metamorfismo sofrido pela fácies é regional de grau fraco (fácies xisto-verde) com retrometamorfismo (presença de clorita) e metamorfismo termal e hidrotermal que oblitera as características do evento anterior.

A rocha original sugerida é metassedimentar pelítica, margosa, para as rochas calcossilicáticas e metassiltitos para os xistos metassedimentares brechados e hidrotermalizados.

### Arranjo Estrutural

A fácies São Silvestre apresenta como moda estatística (polo da foliação de transposição paralela à subparalela ao bandamento) atitude; N80W com mergulho em torno de 35° para nordeste (Fig. 05).

Na fácies de hornfels calcossilicática mais zona anômala, as atitudes do bandamento se distribuem mais caoticamente em função da zona de falha presente na porção central

desta, e são como moda duas atitudes de bandamento; N76E, 26NW e N47E, 22NW (Fig. 06).

O diagrama geral do Alvo Bugio (200 medidas) dão como moda, atitudes de bandamento, direções próximas da E-W, (N80E e E-W) e mergulhos em torno de 35° Norte e 20° Sudeste (Fig. 07). Este último polo de mergulho a sudeste fortemente influenciado por medidas obtidas em escavações (que não fizeram parte das estatísticas anteriores), a sul da zona da falha. Raramente se observam mergulhos a sudeste na porção norte da zona de falha, em contrapartida são comuns a sul desta.

O diagrama de polos de falhas/fraturas foram confeccionadas a partir de dados das escavações sobre a zona de falha. Possui duas modas, uma com atitude de N84E, com mergulho da ordem de 70° Nordeste, e outra com atitude N48E, 85NW (Fig. 08).

O Alvo Bugio apresenta portanto direções gerais tendendo a este-oeste, com mergulhos suaves (25-35°) para norte. Os mergulhos a sul ficam mais restritos a sul da zona de falha.

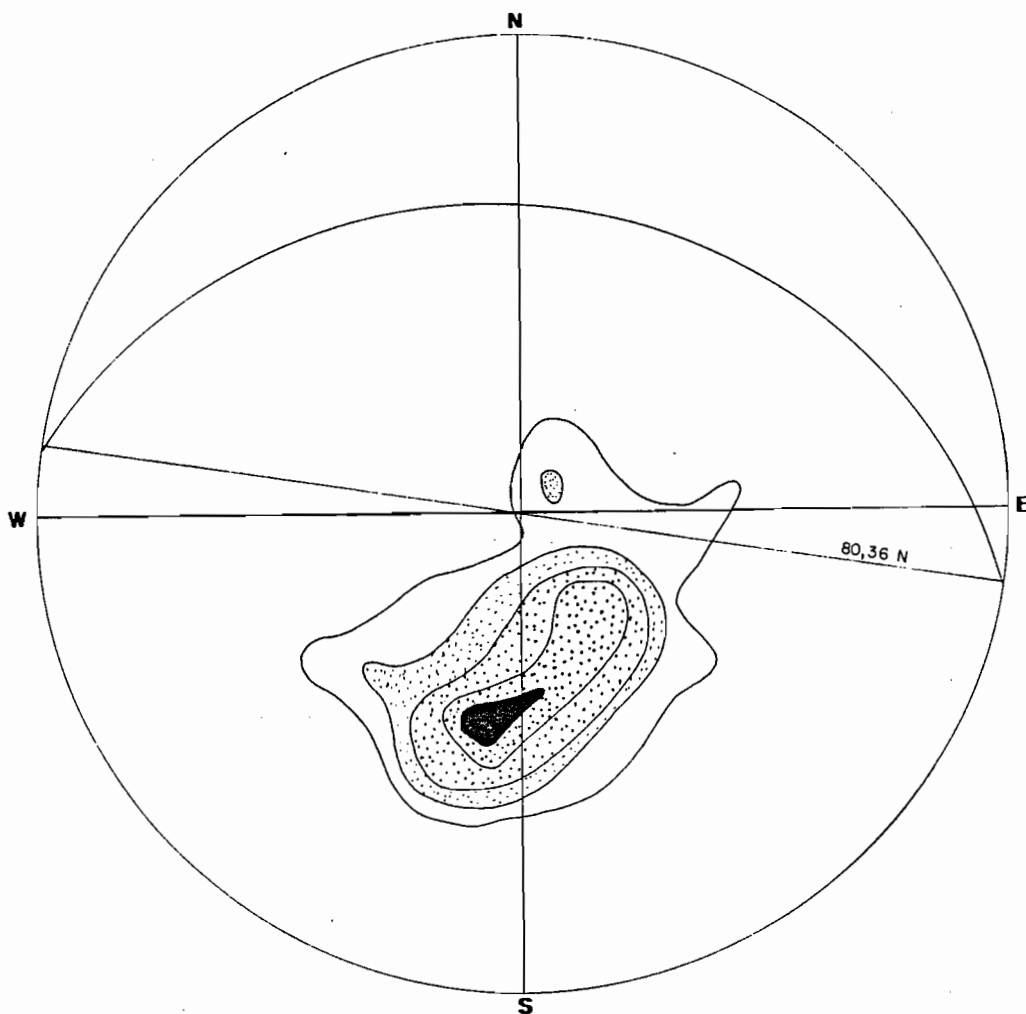
A zona de falha apresenta direções variadas (N80-50E), com mergulhos a noroeste subverticais (70-85°). A moda de atitude N48E, 85NE influencia a fácies de hornfels calcossilicática que passa a ter direção subparalela a este e mergulhos em torno de 20° Nordeste. As direções do falhamento e bandamento são subparalelas de maneira geral.

## 8 - RESULTADOS DA PROSPECÇÃO

### Geoquímica de Solo

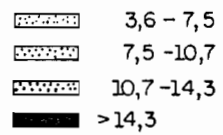
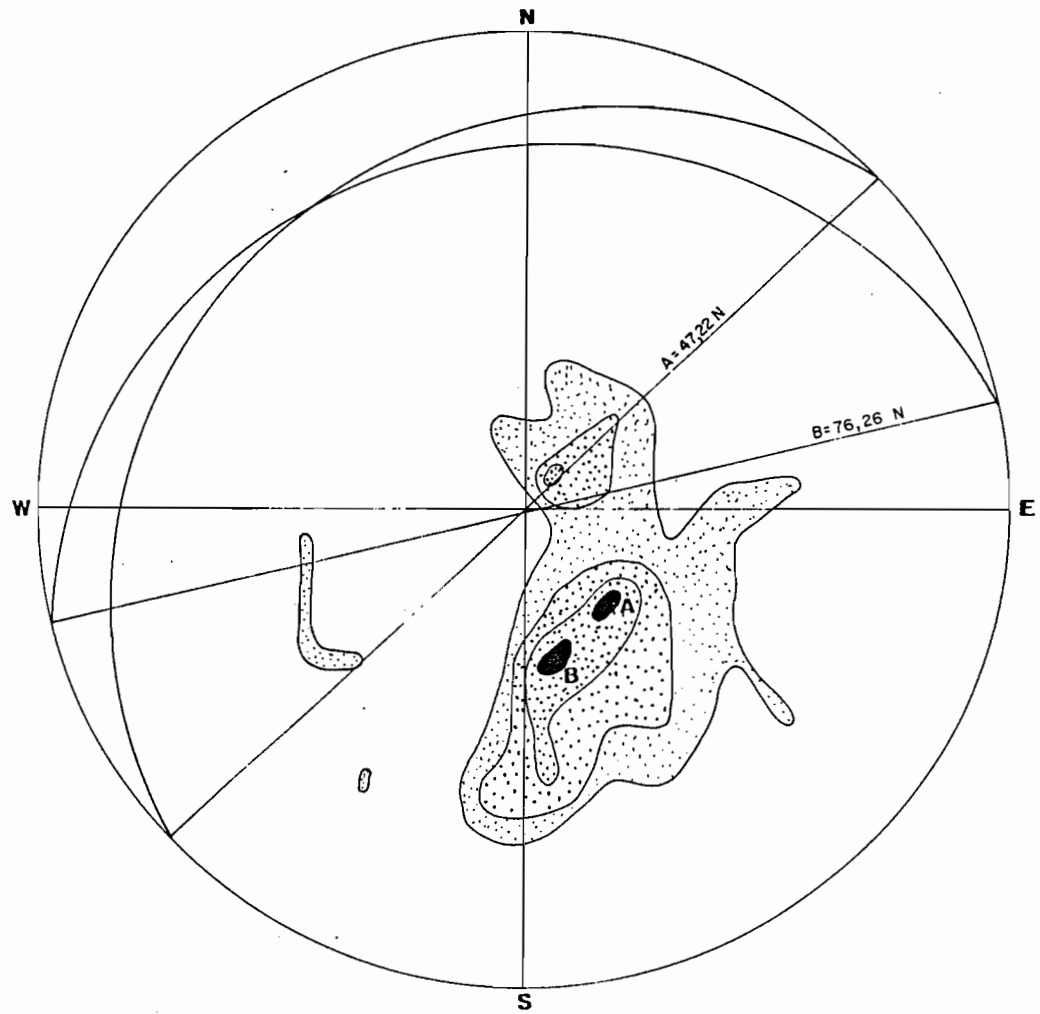
O tratamento estatístico dispensado para os resultados de análise de solo foi o cálculo da média e desvio padrão (Quadro 1).

As principais observações, advindas da comparação, do mapa de resultados anômalos com o mapa geológico do Alvo Bugio são:

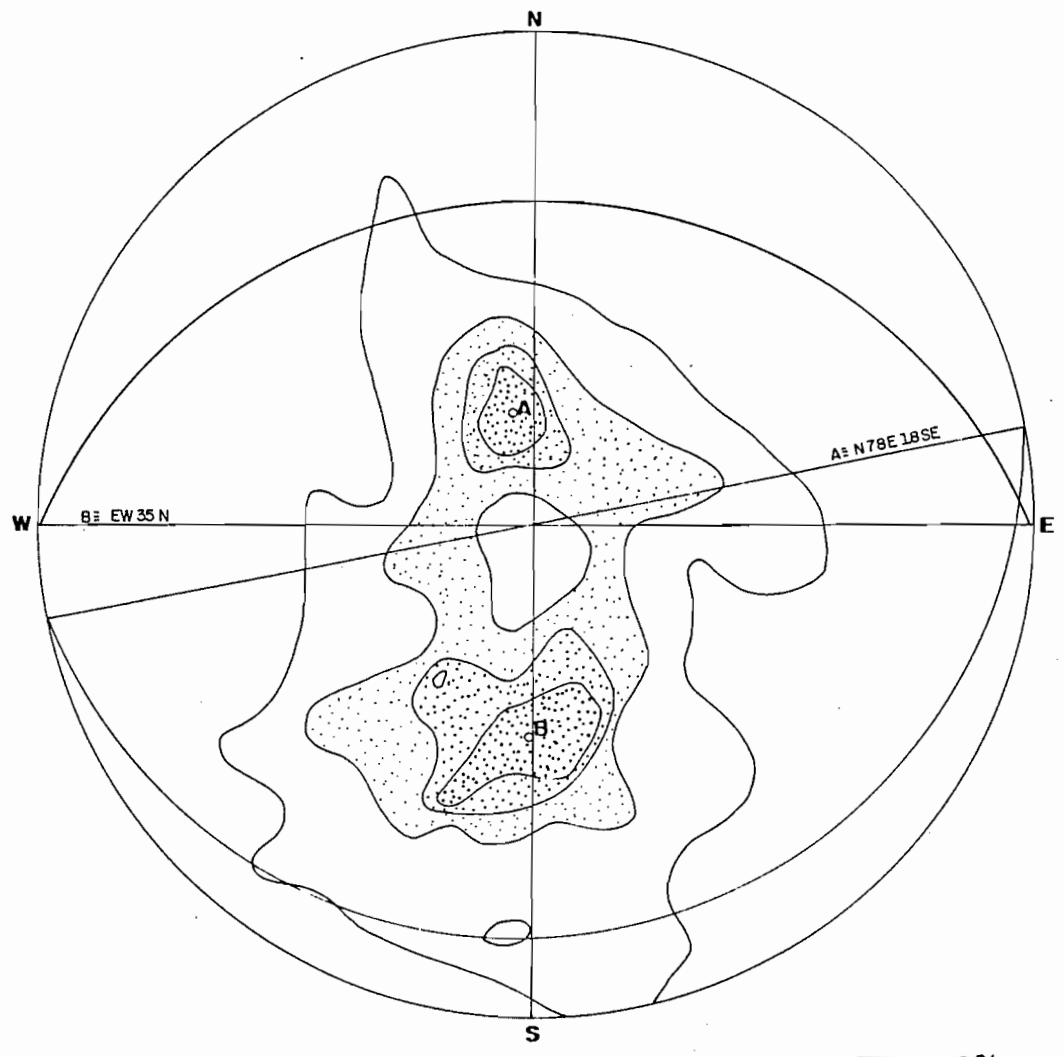






- 2,5-5,0
- ▨ 5,0-7,5
- ▩ 7,5-10,0
- ▧ 10,0-12,5
- 12,5-15,0

<b>(MINEROPAR)</b> Minerais do Paraná S.A.		
AUTOR MARCOS		TÍTULO S
EXECUTOR S		LOCAL S
DATA AGO/87		ESCALA S
ESCALA S	POLOS DO BANDAMENTO(Si//So) DA SÃO SILVESTRE — 80 MEDIDAS	BASE CART. NUTR. S
DESENHO CESAR		Fig.05

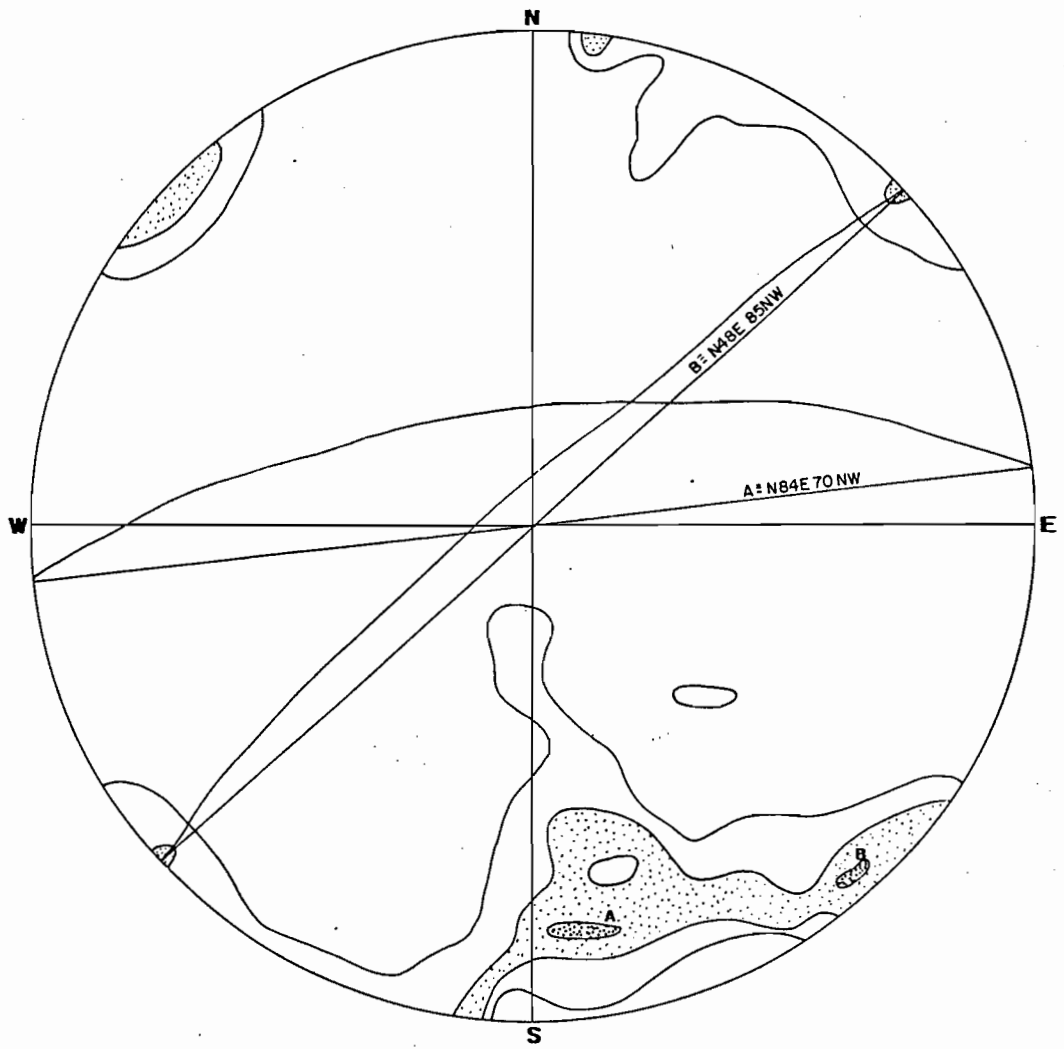


<b>MINEROPAR</b> Minerais do Paraná S.A.		
AUTOR MARCOS		CONFERIDO
EXECUTOR		DATA
DATA AGO/87		FOLHA
ESCALA	POLOS DO BANDAMENTO (S <sub>1</sub> //S <sub>0</sub> ) DA LITOFACIES BRECHADA E HI- DROTHERMALIZADA (Z ANOM) 28 MEDIDAS	BASE CARTOGRAFICA
DESENHO CESAR		Fig. 06



-  ≥ 6 %
-  ≥ 5 < 6
-  > 3 < 5
-  > 1 < 3

<b>MINEROPAR</b> Minerais do Paraná S.A.		
AUTOR MARCOS		TITULO
EXECUTOR MARCOS		LOCAL
DATA AGO/87		ESCALA
ESCALA	DIAGRAMA DE POLOS DO BANDAMENTO 200 METROS	BASE CARTOGRAFICA
DESIGNADO CESAR		Fig. 07



>9%  
 >6<9  
 >3<6

<b>(MINEROPAR)</b> Minerais do Paraná S.A.		
AUTOR MARCOS		REFERENC
EXECUTOR MARCOS		LUGAR
DATA AGO/87		FOLHA
ESCALA	DIAGRAMA DE POLOS DE FALHAS E FRATURAS-33 MEDIDAS	BASE CART: CALPA.2
DESENHO CESAR		Fig.08



**Quadro 1:** Tratamento Estatístico dos Resultados da Geoquímica de Solo

Elemento 80 mesh AR 3:1 AR	média ppm ( $\bar{x}$ )	desvio padrão ppm (s)	$\bar{x} + S$ An. 3a. ordem ppm	nº de pontos anômalos	$\bar{x} + 2S$ An. 2a. ordem ppm	nº de pontos anômalos	$\bar{x} + 3S$ An. 1a. ordem ppm	nº de pontos anômalos	valor máximo ppm	valor mínimo ppm	nº total de pontos anômalos
Cu	19,9	20,2	40,1	15	60,3	6	80,6	9	230	7	30
Pb	37,8	49,2	87,0	10	136,2	4	185,4	9	570	11	23
Pb / EDTA	7,2	16,8	24,0	12	40,8	6	57,6	10	130	1	28
Zn	64,5	61	125,6	24	186,7	3	247,8	12	580	14	39
Ni	10,5	4,9	15,4	44	20,4	7	25,3	5	40	1	56
Co	13,9	5,8	19,7	56	25,5	10	31,2	3	38	1	69
Mn	1233,7	1361,5	2595,1	36	3956,6	16	5318,1	11	8.600	94	63

a) A associação das anomalias de cobre (primeira, segunda e terceira ordem) e de níquel (primeira e segunda ordem) estão intimamente associados a corpos de dique (diabásio ?).

b) Existe uma correlação quase perfeita entre as anomalias (primeira, segunda e terceira ordem) de chumbo ataque com água régia e ataque por EDTA, associado a zona brechada e hidrotermalizada (quartzitos e calcossilicatadas) (zona anômala).

c) Existe uma correlação muito boa entre as anomalias de zinco (primeira e segunda ordem) com as de chumbo (primeira, segunda e terceira ordem), associadas a fácies brechadas e hidrotermalizadas (quartzitos e calcossilicatadas) (zona anômala).

d) As anomalias de cobalto e manganês bem como seus resultados analíticos, permitem associações muito tênues com o substrato rochoso, porém, dissociado de certa forma, da zona brechada e hidrotermalizada ou melhor, não possuem boa correlação com as anomalias de chumbo e zinco.

Na zona anômala a média aritmética dos valores de análise do solo dão 88 ppm para o chumbo e 121 ppm para o zinco.

Grosso modo a zona anômala de solo para chumbo e zinco margeiam a zona de falha, estando mais distante a sul cerca de 100 metros da mesma.

O "trend" principal possui orientação N70W com comprimento da ordem de 600 metros e largura estimada em torno de 30 metros. Este trend sofre uma inflexão em forma de cotovelo, se dirigindo para sudeste com direção N45W aproximadamente, comprimento da ordem de 300 metros, posicionado a sul da zona de falha.

### **Litogeoquímica**

As amostras de rocha fresca analisadas quimicamente para o Alvo Bugio (Quadro 2) (fase de mapeamento) revelam que:

**Quadro 2:** Litogeoquímica de Amostras Frescas do Alvo Bugio  
(mapeamento geológico)

Amostra	Cu	Pb	Zn	Mn	Descrição Sumária (Localização)
MV-02	182	10	60		carbonato-biotita-plagioclásio-actinolita-xisto ou metabasito (D1-03)
MV-04	26	25	116		clorita-carbonato-biotita-actinolita-xisto feldspático (DF-37)
MV-07	89	13	59		biotita-anfibólio-xisto (DC-22)
MV-09	27	25	45		metabasito ou clorita-biotita hornblenda-xisto feldspático (DC-37)
MV-09	23	28	105		idem MV-09
MV-13	110	30	112		hornfels calcossilicático (DC-44)
MV-15	38	34	61		calcossilicatada (D2-55)
MV-16	110	32	128		calcossilicatada (D3-03)
MV-18	80	92	320		calcossilicatada (D3-30)
MV-31	24	32	163		calco quartzo-xisto (D3-33)
MV-43	04	47	1250	10000	carbonato impuro (D3-6)
MV-45	18	42	45	10100	calcossilicatada (D3-13)
MV-33	48	30	71	3165 (Flúor)	calcossilicatada brechada (dolina)
MV-34	16	28	74	1528 (Flúor)	brecha calcossilicática (escarpa)
MV-51	59	33	120	3500	calcossilicática brechada e hidrotermalizada (D3-34)
MV-32	08	66	69		mãmore serrinha (escarpa)
MV-41	22	55	350	23000	rocha alternada (escarpa)
MV-42	16	36	60	6700	mãmore serrinha (escarpa)
MV-17	91	1100	1000		quartzito brechado alterado (D3-18)
MV-44	70	1400	1000	2800	quartzito-xisto (D3-11)
MV-46	10	620	400	5600	quartzito brechado (D3-16)
MV-48	11	140	250	1600	quartzito brechado (D3-23)
MV-49	44	1000	370	5000	quartzito brechado (D3-34)

a) Os menores valores de chumbo estão associados a fácies São Silvestre (anfíbólio-xisto (3 amostras) metabasito (2 amostras)) com valores de 10 ppm para chumbo e 45 ppm para zinco.

b) Os maiores valores de chumbo e zinco estão intimamente associados a rochas quartzosas brechadas e hidrotermalizadas, contidas ou coincidentes em parte, com a zona anômala de chumbo e zinco da geoquímica de solo.

c) Não existe correlação direta entre manganês e chumbo, bem como manganês e zinco.

d) Nas duas amostras analisadas para Flúor (zona anômala) resultaram em valores elevados (3.165 e 1.528 ppm).

Das análises litogeoquímicas realizadas em amostras de canal sobre pontos anômalos da geoquímica de solo, para melhor visualização, será apresentada a média dos valores obtidos para chumbo e zinco em partes por milhão (ppm) nos horizontes: A mais B, interface do horizonte B com C e horizonte C (rocha alterada), acrescido do tipo de substrato (Quadro 3).

Esses resultados estão expressos em ppm e produto das médias de análises efetuadas em amostras de canal.

Nota-se, nestes resultados, um enriquecimento de cerca de duas vezes do horizonte A mais B (solo) para o substrato rochoso (interface B/C e horizonte C). Os valores acusados para a rocha, grosso modo, são duas vezes superiores que no solo.

Dos resultados da análise química de rocha o que mais se destaca são os obtidos na trincheira T-1 (02\$/31\$) onde constatou-se um contato, tanto litológico, como litoquímico, chegando-se a resultados analíticos da ordem de 1% para chumbo (10.000 ppm) Quadro 4.

Nesta escavação também foi encontrada a primeira ocorrência de mineral não identificado, porém, constatada, através de microtestes, a presença dos elementos Tálho e Prata.

A ocorrência está associada às vênulas de quartzo milimétricas que recortam a rocha de maneira desordenada (fraturamento hidráulico ?) recobrando-a na forma de filme.

Nas escavações adicionais realizadas foi analisado somente o horizonte C (rocha alterada) e revelou que os

**Quadro 3: Litogeoquímica dos Pontos Anômalos para Chumbo e Zinco na Geoquímica de Solo (substrato rochoso alterado)**

POÇO	LOCALI- ZAÇÃO	Média do Chumbo			Média do Zinco			Substrato rochoso alterado Classificação precária
		Horiz. A + B	Interf. B/C	Horiz. C	Horiz. A + B	Interf. B/C	Horiz. C	
P-1	02\$/31\$	452*	1680*	547+	225	280	780+	calcossilicatada brechada
P-2	02\$/39\$	294+	160	440+	398+	200	391	calcossilicatada brechada
P-3	02\$/41\$	360+	900*	1150*	570*	540+	563+	quartzito brechado e hidrotermalizado
P-4	00 /47\$	265+	1200*	910+	275+	600+	535+	calcossilicatada
P-5	00 /39\$	100	35	17	300+	840*	1200*	quartzito brechado e calcossilicatada
P-6	00 /42\$	265	123	34	148	118	156	calco-xisto
P-7	00 /46\$	-	410	410+	-	300	290	calco-xisto brechado
P-8	00 /48\$	-	285	685+	-	260	375	calcossilicatada, silicificada e hidrotermalizada
P-9	02N/27\$	103	90	209	253	290	320	biotita-xisto (São Silvestre)
P-10	06N	104	-	-	200	-	-	solo de diabásio ?
P-11	02\$/34\$	49	47	204	164	137	337	calcossilicatado
P-12	02\$/44\$	208	448+	260	359+	1246*	1000*	quartzito brechado carbonático
P-15	00 /53\$	77	94	225	236	413	362	quartzito brechado carbonático
P-16	02N/48\$	160	140	98	103	148	231	quartzito brechado venuloso
P-17	00 /48\$	280+	-	473+	300+	-	382	calcossilicatada
Média Geral		209	434	406	271	413	494	

\* Valores maiores que 2 vezes a média + Valores maiores que a média

Obs.: a interface B/C são horizontes onde a contribuição de fragmentos dos substratos rochosos dominam sobre a matriz arenosa-argilosa do solo propriamente dito.

**Quadro 4: Litogeoquímica da Trincheira T-1 (02\$/31\$)**

Metragens (metros)	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Co ppm	Ni ppm	Mn ppm	Descrição
00 - 02	08	550	800	12	07	5000	Rocha alterada, bandada, interes- trafificada, brechada com venula- ções de quartzo. Ocorrências de me- tal na forma de filme. contato
02 - 04	18	1700	800	14	05	7300	
04 - 06	46	7000	1000	40	13	16000	
06 - 08	45	2600	1100	22	05	6200	
08 - 10	78	10000	2100	60	05	14000	
10 - 12	30	170	290	12	04	1400	Rocha maciça, alterada, brechada, com alta incidência de venulações de quartzo.
12 - 14	10	49	135	05	03	480	
14 - 16	14	89	147	13	08	2300	
16 - 18	46	69	200	12	04	1500	
18 - 20	28	270	200	18	13	7800	

pontos anômalos para chumbo e zinco estão associados a quartzitos brechados e hidrotermalizados com cimento carbonático. Os pontos anômalos para o zinco estão mais associados a rocha calcossilicática (Quadro 5).

Na trincheira (T-26/01N-53) embora se tenha alternância de camadas calcossilicatadas bandadas e rochas mais quartzosas brechadas e venuladas, não foi possível de estabelecer uma correlação muito nítida entre substrato rochoso e valores anômalos, mesmo porque nestas escavações todos os pontos deram altos valores. Em média o chumbo ficou com 1.890 ppm e o zinco 595 ppm.

Os melhores resultados para o chumbo desta fase, ficaram nesta escavação com valor de 3.000 ppm.

O "trend" da geoquímica de solo é confirmado pela litogeoquímica das escavações e representado pelos seguintes pontos:

Linha 03N: P-35

Linha 02N: P-31; P-29

Linha 01N: P-28; P-27; T-26; P-25

Linha 00: P-8; P-4; P-7; P-5

Linha 01\$: P-39 acrescido das amostras MV-43, 44, 46, 48, 49 e 17

Linha 02\$: P-12; P-3; P-2; P-1.

Nos testemunhos de sondagem alguns intervalos foram selecionados para análise química, sendo, nestes casos enviados um quarto do testemunho para tanto.

Todas as amostras foram dosadas para chumbo e zinco. Na parte alterada dosou-se também para ouro e na parte de rocha sã dosou-se para prata (Quadro 6).

Os valores obtidos para ouro não ultrapassaram 0,05 ppm e os de prata não ultrapassaram 2 ppm.

Para chumbo e zinco constatou-se um enriquecimento na parte alterada, seguido de um empobrecimento até o topo da primeira brecha, com novo enriquecimento até o topo da segunda brecha.

O quadro a seguir mostra os resultados das análises.

**Quadro 5: Litogeoquímica dos Pontos Anômalos da Geoquímica de Solo (horizonte C) (escavações adicionais)**

Poço	Localização	Resultado p/Chumbo	Resultado p/Zinco	Descrição Sumária das Litologias
P-18	02\$/32	82	115	rocha carbonática escura
P-19	02\$/35	22	91	quartzito mica-xisto
P-20	02\$/37	22	200	calcossilicática brechada
P-21	02\$/40	192	250	quartzito mica-xisto
P-22	02\$/42	62	157	calcossilicatada
P-24	00 /41	21	320	calcossilicatada/quartzito-xisto
P-25	01N/46	640*	440+	quartzito carbonático brechado e hidrotermalizado
P-27	01N/54	16	590+	calcossilicatada
P-28	01N/55	30	600+	calcossilicatada
P-29	02N/49	1500*	1250*	quartzito brechado, venulado
P-30	02N/50	16	157	quartzito brechado, venulado
P-31	02N/52	500*	470+	quartzito brechado, venulado
P-32	02N/53	26	115	carbonática fraturada
P-33	03N/49	83	165	calcossilicatada brechada
P-34	03N/50	130	190	carbonática brechada
P-35	03N/52	17	1570*	carbonática
P-36	03N/51	60	80	quartzosa/carbonática brechada, venulada
P-37	00 /54	25	200	calcossilicática
P-38	01\$/43	190	185	quartzito brechado com cimento carbonático
P-39	01\$/44	590*	200	-
P-41	01\$/53	55	167	contato calcossilicatada com quartzito venulado
P-42	01\$/54	110	100	calcossilicatada
Media Geral		200	346	

\* Valores maiores que duas vezes a média.

+ Valores superiores a média.

Obs.: Os pontos que mais se destacam são: P-29, P-25, P-31 para chumbo e zinco e os pontos: P-27, P-28, P-35 para o zinco e P-39, para o chumbo.



**Quadro 6: Resultado da Litogeoquímica dos Testemunhos de Sondagem**

Sigla	Metragem	Pb/ ppm	Zn/ ppm	Ag/ ppm	Au/ ppm	Observação
MV-171	5,7 a 7,4	949	407		0,05	
MV-172	7,4 a 9,3	230	456		< 0,05	
MV-173	9,3 a 9,8	344	718		< 0,05	
MV-174	9,8 a 12,2	580	348		0,05	
MV-175	12,2 a 15,5	733	440		< 0,05	
MV-176	15,5 a 19,2	1099	888		< 0,05	
MV-177	19,2 a 24,8	1912	722		< 0,05	
MV-158	24,8 a 28,0	1200	510	< 2	< 0,05	
MV-178	28,0 a 32,2	432	341		< 0,05	
MV-179	32,2 a 34,0	795	470		< 0,05	
MV-180	34,0 a 36,8	605	273		< 0,05	
MV-181	36,8 a 38,7	37	243		< 0,05	
MV-182	38,7 a 40,8	22	233		< 0,05	
MV-183	40,8 a 43,6	99	350		0,05	
MV-184	43,6 a 44,1	277	480		< 0,05	
MV-139	45,4 a 45,7	33	102	< 2		
MV-140	47,7 a 48,7	23	268	< 2		
MV-141	55,4 a 56,1	17	80	< 2		
MV-142	58,8 a 59,2	27	112	< 2		
MV-149	60,3 a 65,2	53	156	< 2		
MV-150	65,2 a 69,7	28	136	< 2		
MV-143	73,6 a 74,2	23	124	< 2		
MV-144	74,8 a 75,8	25	88	< 2		
MV-145	77,1 a 78,0	23	86	< 2		
MV-146	86,4 a 86,6	20	88	< 2		
MV-197	92,0 a 92,2	25	53	< 2		
MV-148	93,0 a 93,2	23	98	< 2		
MV-159	94,0 a 96,0	20	75	< 2		
MV-160	96,0 a 98,0	20	84	< 2		
MV-161	98,0 a 100,0	23	109	< 2		
MV-162	100,0 a 102,0	32	96	< 2		
MV-163	102,0 a 104,0	252	327	< 2		brecha
MV-164	104,0 a 106,0	68	98	2		brecha
MV-165	114,0 a 116,0	83	171	< 2		
MV-166	116,0 a 118,0	106	130	< 2		
MV-167	118,0 a 119,0	533	418	2		ocorrência
MV-168	121,0 a 121,5	304	869	< 2		ocorrência
MV-169	126,0 a 127,0	210	198	< 2		topo da 2ª brecha
MV-170	127,0 a 130,0	68	64	< 2		brecha

lises químicas dos testemunhos em partes por milhões (ppm).

Para uma visualização melhor da zonação dos valores para chumbo e zinco tem-se:

Metragem	Teor Médio		Teor Máximo		Teor Mínimo		Seqüência de Rocha
	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn	
00 - 37	807	506	1912	888	230	273	Rocha alterada
37 - 102	40	153	227	480	17	53	Rocha sã até o topo da 1ª brecha da falha
102 - 130	203	284	533	869	68	64	Porção entre as 2 brechas de falha, inclusive

Na parte alterada os valores absolutos mais elevados estão associados a zona argílica de cor esbranquiçada, aparentemente derivada de hidrotermalismo "granítico" acentuado.

O enriquecimento na parte alterada pode ser explicado pela lixiviação da porção carbonática com conseqüente enriquecimento em minerais opacos (sulfetos) detectados na petrografia como constituintes da mesma.

Os resultados das análises litogeoquímicas permitem concluir que uma das fontes das anomalias está associada a zona de falha, dissociada de certa forma do tipo de rocha, já que tem-se valor elevado tanto na litofácies quartzosa brechada e hidrotermalizada, como associado a zonas com concentrações de óxidos de ferro, como associada a litofácies calcossilicática brechada e hidrotermalizada. O ponto comum, entre todos os valores elevados na litogeoquímica, está na presença de brechação e hidrotermalismo.

O furo de sonda ArB-01, veio a caracterizar a zona de falha como um dos alvos do prospecto, onde se detectou ocorrências minerais, posicionadas entre as duas brechas de falha e associadas a veios calcíticos. Foi a primeira ocorrência, de mineral de minério de chumbo e zinco dos alvos.

## Geofísica e Cheque de Anomalias Geofísicas

Os trabalhos geofísicos foram executados sobre parte da zona anômala.

Da análise do relatório elaborado pelo Agrupamento da Divisão de Minas e Geologia Aplicada do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), pode-se extrair os seguintes tópicos:

a) Rocha altamente polarizável nos últimos níveis de investigações das linhas 00, 01\$ e 02\$ que parece mergulhar desta última em direção a linha 00.

b) Uma cobertura muito polarizável e resistente (laterita ?) é bastante constante na área.

c) Observa-se um condutor em todas as linhas menos na linha zero (cobertura resistente e polarizável pode ter mascarado seu efeito). Este condutor na linha 1N é bem típico de falhamento ou corpo tipo dique. Admite-se a continuidade deste condutor desde a linha 2S até 3N.

d) Em nenhum local existe correlação nítida deste condutor com as anomalias de cargabilidade.

Das anomalias de cargabilidade tem-se:

a) Na zona de cobertura resistente e polarizável como nas linhas 1S, 00 e 1N é difícil prever qualquer superposição de anomalias.

b) Na linha 2S e 1S foram posicionadas fontes anômalas, embora pareçam provenientes de disseminação em rocha.

c) A partir da linha 1N para norte aparecem anomalias com melhor definição, cujas fontes podem tratar-se de corpos tabulares subverticais. Estas fontes tem as seguintes características:

Projeção do Topo na Superfície	Profundidade ao Topo
L-1N/51-52S	< 25 m
L-1N/45-46S (P-25)	< 25 m
L-2N/51-52S (P-31)	< 25 m
L-2N/49S (P-29)	rasa
L-3N/51-62S (P-35)	≅ 37 m
L-3N/49S (P-33)	< 25 m

As conclusões apresentadas para a área é de que a cobertura resistente e polarizável pode ter prejudicado a qualidade dos resultados.

A continuidade do levantamento IP precisaria ser programada com maior espaçamento intereletródico mesmo com perda de resolução lateral.

Os dados sobre as fontes anômalas detectadas são os apresentados acima.

Após os resultados da geofísica procedeu-se a abertura de duas trincheiras para se checar as seguintes informações:

1 - Linha 2N - trincheira do piquete 48 a 51

- . Anomalia de cargabilidade; rasa no piquete 49 e menor que 25 metros entre os piquetes 51 e 52.
- . Presença de condutor típico de falha ou dique.
- . Anomalia geoquímica de solo para Pb e Zn (piquete 49).
- . Anomalia litogeoquímica de Pb e Zn (piquete 49).

2 - Linha 00 - trincheiras do piquete 45 a 48

- . Ausência de corpo condutor presente desde a linha 2S até 3N e supostamente cortaria a linha 00 na altura dos piquetes 46 e 47.
- . Presença de cobertura muito resistente e polarizável.
- . Anomalia geoquímica de solo para Pb e Zn (piquetes 46, 47 e 48).
- . Anomalia litogeoquímica para Pb (piquetes 47 e 48).

- . Anomalia de cargabilidade superficial entre os piquetes 46 e 47.
- . Rocha altamente polarizável nos últimos níveis de investigação.

### Cheque de Anomalias

Linha 00 - piquetes 45 a 48

As litofácies distinguíveis nesta escavação são: rochas calcossilicatadas bandadas alterada, rocha carbonática finamente laminada, rocha xistosa alterada (quartzo-mica-xisto ?) rochas cataclásticas associadas a: blocos de rocha granítica, zonas brechadas e hidrotermalizadas com venulações e zonas com intensa ferrificação.

Entre os piquetes 46 e 47 onde se dispunha de anomalias de geoquímica de solo e litogeoquímica e, supostamente, a presença de descontinuidade geofísica e anomalia de cargabilidade se constatou:

- . Presença de falhamento que confirma a descontinuidade geofísica.
- . Em análises litoquímicas feitas em amostras desta porção confirma-se a fonte de anomalias de Pb e Zn, com valores de Pb de até 0,5%, além de prata (2,3 ppm) e Fe (5%).
- . A presença de zona ferrificada (processo supergênico ?) explica a constatação pela geofísica de cobertura muito polarizável e resistente sugerida como provocada por laterita.
- . Ainda com respeito a cobertura muito polarizável e resistente uma outra constatação que explicaria este fato é de que a seqüência mapeada como rocha silicosa (xisto metassedimentar brechado e silicificado) ou (fácies brechada, hidrotermalizada com venulações quartzosas) contém na sua composição de 10 a 20% de óxidos de ferro (hematita e limonita), na forma de poeira pigmentante.

Linha 02N entre os piquetes 48 a 51

As litofácies distinguíveis nesta escavação são: rocha brechada e hidrotermalizada com venulações quartzosas; rocha calcossilicática alterada, bandada; rocha xistosa alterada (quartzo-mica-xisto ?) e rochas cataclásticas.

No piquete 49 onde se tinha a presença de anomalias de cargabilidade rasa; presença de condutor típico de falha ou dique e anomalias de geoquímica de solo e litogeoquímica se constatou:

- . Contato por falha entre as litofácies: brechada e hidrotermalizada (processo de granitização suspeitada) e a litofácies xistosa (quartzo-mica-xisto) interestratificada com a litofácies calcossilicática.
- . Em nova análise litoquímica efetuada na fácies brechada e hidrotermalizada, próximo ao local com suspeita de granitização, se constatou a fonte das anomalias relacionadas a esta fácies dando 1.500 ppm Pb e 480 ppm para Zn.

Dos resultados da geofísica pode-se fazer as seguintes constatações e interpretações:

a) Rocha altamente polarizável nos últimos níveis de investigação. Este dado pode ser interpretado como possível presença de sulfeto em subsuperfície como também presença de plug granítico sub-aflorante.

b) Cobertura polarizável e resistente é bastante constante na área. Esta informação pode ser explicada tanto pela presença da litofácies de xisto metassedimentar com 10 a 20% de óxido de ferro (hematita e limonita) na forma de poeira pigmentante, como pela presença de concentrações de óxidos de ferro com até 5% deste elemento, associado a zona de falha.

c) Presença de condutor típico de falhamento ou dique. Esta informação foi comprovada tanto nas escavações como em furos de sonda, evidenciando-se a presença de falhamento.

d) Inexistência de correlação nítida entre corpo condutor (falha ou mineralização sulfetada) com anomalias de

cargabilidade. Este fato acusado pela geofísica denota a pouca probabilidade da existência de corpo sulfetado em subsuperfície, porém, como a presença de cobertura resistente e polarizável deve ter prejudicado a qualidade dos resultados, esta informação deve ser interpretada com reservas.

e) Presença de anomalias de cargabilidade. As anomalias de cargabilidade, em sua grande maioria são acompanhadas por anomalias de solo e ou litogeoquímica, o que denota boa correlação entre os dois resultados de prospecção. Acresce-se ainda que algumas anomalias estão posicionadas sobre a falha principal (zona anômala) e que todas elas são rasas (máximo à 40 m).

Esta baixa profundidade das anomalias de cargabilidade é acompanhada pelos resultados da litogeoquímica do furo ArB-01 onde os maiores valores tanto para chumbo como para zinco ficam na porção alterada (00 a 37 metros de profundidade).

## 9 - INTERPRETAÇÕES E SUGESTÕES DE MODELO

A pesquisa executada permitiu se entender melhor as relações litológicas até então verificadas. A zona anômala, pode ser interpretada da seguinte forma.

A fácies é representada por rochas calcossilicadas bandadas centimetricamente, constituídas por bandas carbonáticas, bandas mais anfíbolíticas e bandas mais quartzosas. Intercalada a seqüência existem camadas carbonáticas mais puras de espessura métrica.

Essas rochas sofreram alteração hidrotermal, associadas a eventos cataclásticos.

Essa alteração é mais evidente próxima a falhas e fraturas notando-se desde a alteração incipiente onde as estruturas da rocha original são preservadas, até um processo de alteração total, onde as rochas originais são descaracterizadas dando rochas híbridas descritas em campo como: rocha brechada, hidrotermalizada, com venulações quartzosas milimétricas

cas sem padrão definido. Cor de alteração amarela-esverdeada com venulações esbranquiçadas. As vezes como é o caso da trincheira da linha 02N, piquetes 48 a 51 o processo de descoloração é total, produzindo rocha esbranquiçada, muito quartzosa, pouco argilosa, lembrando aspecto de microgranito alaskítico de granulação muito fina.

Na trincheira da linha 00 - piquetes 45 a 48, associados a zona de falha foi constatada a presença de rocha granítica alterada, de granulação fina, baixa porcentagem de máfico.

Acresce-se ainda como evidência indireta do hidrotermalismo a presença de bolsões de argila nas duas trincheiras.

Dado o exposto acima julga-se que a causa do hidrotermalismo seja proveniente de um plug granítico subaflorante na área, compatível com as informações geofísicas que acusa a presença de rocha altamente polarizável nos últimos níveis de investigações das linhas 00, 01\$ e 02\$, que parece mergulhar desta última em direção a linha 00 (hipótese não testada na sondagem que foi realizada na linha 02N).

Este corpo deve ter provocado um fraturamento hidráulico (venulações) muito intenso na rocha encaixante do teto do plug, procurando condutos de escape através das falhas e fraturas que devem ter sido concomitantes ao evento.

Esses fraturamentos (venulações) em superfície, são de espessura milimétrica, sem padrão definido (tipo stockworks) e normalmente preenchidas por quartzo dispostos perpendicularmente e alongação principal da fratura. A parte central das vênulas é destituída de material, o que vale dizer, que foi lixiviado por processos intempéricos, ou, não foram preenchidas totalmente pelos fluidos hidrotermais (possibilidade mais remota).

A litofácies de quartzito brechado e hidrotermalizado conforme detectada em lâmina (MV-01 e 03) seria um dos produtos finais da alteração. Esta atualmente inteiramente hidrotermalizada (silicificada) e embora a rocha original sugerida seja metasiltito, pode ser também sugerida a origem a partir da seqüência calcossilicática enriquecida pelas bandas mais



quartzosas (hidrotermalismo com silicificação).

Ainda com respeito a suspeita de plug granítico no Alvo Bugio pode-se dizer que o baixo mergulho verificado nesta área pode ser interpretado como uma evidência indireta deste fato. Acresce-se ainda a constante presença de plugs graníticos em meio as rochas da Formação Água Clara como um todo, seja na forma de plugs de granito porfirítico, ou na forma de diques e sills de microgranitos alaskíticos pós-tectônicos. Essas evidências sugerem que os metamorfitos constituem uma delgada capa sobre as rochas graníticas.

O furo de sonda executado confirma a existência de falhamento, ocorrência mineral e existência de processo hidrotermal associado. Este falhamento condiciona, em superfície, as anomalias geoquímicas (solo e rocha).

Outro fator indireto de atuação do processo hidrotermal é a redução do número de componentes mineralógicos da litofácies de hornfels calcossilicática na zona anômala. Nesta porção é verificada a ausência de tremolita e flogopita como constituintes da massa rochosa. Acresce-se ainda, na constituição dos veios, a ausência de biotita, flogopita e actinolita. Talvez estes fatores possam ser interpretados como uma lixiviação nesta porção. O aparecimento de albita e sericita com exclusividade nesta porção pode ser interpretado como geração de novos constituintes.

Na atualidade, os sistemas hidrotermais são entendidos como resultados da atuação de fases hidratadas "sensu lato" que, submetidas a elevação do gradiente térmico local, atuam ativamente no sentido de solubilizar e transportar os elementos constituintes das fases minerais primitivas, proporcionando a neoformação de associações mineralógicas estáveis em novas condições de pressão e temperatura (Santos, 1987).

O modelo Lowel e Guilbert (1970) prevê entre outras alterações que:

a) A biotita altera-se para sericita e posteriormente em rutilo e leucoxênio (zona fílica). O rutilo e o leucoxênio estão presentes na bacia anômala, apontados em análises mineralógicas feitas nesta porção, além, do leucoxênio estar

também presente na litofácies de quartzo-xisto brechado e silicificado.

b) No processo de sericitização (zona fílica) é gerada grande quantidade de quartzo, que proporciona uma silicificação significativa. Este fato também é descrito no alvo para a litofácies de quartzo-xisto brechado e silicificado.

c) A zona argílica é caracterizada pela alteração do feldspato a caolim, quando próximo ao corpo de minério ou em montmorilonito quando mais distante. No alvo (zona anômala) são constatadas a presença de bolsões de argila.

d) Para a zona propilítica tem-se que a clorita é o mineral mais comum, ocorrendo também a pirita, a calcita e o epidoto. No alvo, a clorita e a calcita são constituintes presentes em todos os veios hidrotermais. A pirita está presente tanto no alvo, como em maior concentração na zona anômala (furo de sonda). O epidoto é constituinte mineralógico do fácies hornfels calcossilicático como da zona anômala.

No bordo sudeste do Granodiorito São Sebastião, Martini (1981), fez algumas considerações:

a) A associação mais comum do processo hidrotermal é clorita-carbonato-epidoto-pirita.

b) Verifica-se nestas rochas que a biotita e a hornblenda em geral estão ausentes. Isto sugere que a assembléia de alteração surgiu principalmente por alteração destes minerais e a introdução de água, enxofre e  $CO_2$ .

c) A espessura das zonas alteradas raramente ultrapassada uma dezena de metros.

d) Mais comumente a alteração se manifesta apenas através de veios milimétricos à centimétricos formados por quartzo e epidoto microcristalinos, desprovidos de sulfetos.

A alteração hidrotermal também afeta os corpos tabulares alasquíticos. Em enclave de granito porfiróide em microgranito, mostra a hornblenda completamente transformada em actinolita/tremolita. Isto sugere que a ação hidrotermal, ao menos em parte, está geneticamente ligada ao evento microgranito.

Acresce-se ainda que as ocorrências minerais detectadas no Alvo Bugio (prata, tálio, chumbo e zinco) estão ge

neticamente ligadas a processos hidrotermais.

No modelo escarnito, que são formados por substituição de rochas originalmente ricas em carbonatos, os principais processos de substituição incluem (Einaudi, et alii, 1981):

a) Recristalização metamórfica de marga, folhelho carbonático ou rochas ricas em sílica-carbonato e metais, com pouco ou nenhuma introdução de componentes químicos, referidos como "hornfels calcossilicáticos", "eskarn-recristalizado" ou "escarnóide" (Zharikov, 1970). No Alvo Bugio existe toda uma seqüência de rochas classificadas como hornfels calcossilicáticos.

b) Troca local de componentes entre litologias distintas durante o metamorfismo regional de alto grau ou de contato, processo discutido primeiramente por Magnusson (1930) e Eskola (1939), hoje referido como "reação eskarn" (Magnusson, 1960), "troca local" ou "skarn difusão bimetassomática" (Kazhinsk, 1964, 1965), e "bandas calcossilicáticas" (Vidale, 1969).

Na Formação Água Clara essas evidências são constatadas por Pontes (1982) e Martini (1981) e de certa forma no Alvo Bugio, conforme discutido.

c) Troca local de componentes entre magma e rocha carbonática a alta temperatura, referido como "skarn primário" (Tilley, 1951; Watanabe, 1960) ou "skarn de estágio magmático" (Pertsev, 1974).

d) Transferência de componentes em larga escala, ampla faixa de temperatura, entre fluidos hidrotermais (geralmente presumidos como sendo de origem predominantemente magmática) e rochas carbonáticas predominantemente referidas como "skarn", "skarn secundário", "skarn substituição" ou "skarn mineralizado" (Watanabe, 1960) e "skarn de estágio pós-magmático" (Pertsev, 1974). Escarnitos deste tipo exemplificam processo de infiltração.

Todos esses processos, sozinhos ou em combinação podem resultar na formação de escarnito. O primeiro é metamórfico e não envolve a introdução de componentes dentro do sistema sedimentar; transferência de massa de componentes não voláteis ocorrem somente em escala local.

O segundo é também metamórfico, mas somente se visto em escala de seqüência completa de litologia interacamada; em escala local, o processo envolve transferência metassomática de componentes sobre distância de várias dezenas de centímetros.

O terceiro e quarto processo envolve introdução de componentes em fase aquosa.

Martini (1981) após caracterização em escala local (bordo sudeste do Granodiorito São Sebastião) de que o mesmo é uma intrusão cata a mesozonal e para-autóctone, isto é, um corpo posicionado em níveis crustais profundos, sugere que esta situação é característica para depósitos tipo pegmatito, greisen e escarnito em sua porção superior e completamente estéril na sua porção inferior. O autor afirma que o corpo São Sebastião não é apical o que torna remota as chances geológicas para jazimentos apicais tipo greisens e veios hidrotermais. O potencial exploratório, para a porção sudeste do Granodiorito São Sebastião fica simplificado ao binômio escarnito-pegmatito.

A escassez de escarnitos segundo Martini (1981) é explicada pela interposição de um pacote clástico "unidade de transição" entre a intrusão e a seqüência carbonática da Formação Água Clara.

Outros fatores importantes no desenvolvimento do processo de escarnitização e hidrotermal que poderiam ser levados em conta para explicar a pouca efetividade dos mesmos na área, ou, na Formação Água Clara como um todo são: (Santos, 1987; Einaudi et alii, 1981) preparação tectônica ou índice de preparação estrutural das rochas (fraturamento), composição do magma, composição do fluido metassomático e sua fonte (disponibilidade de fluidos ativos), ambiente local onde esses fluidos infiltram reatividade das litologias envolvidas, profundidade do alojamento do corpo granítico, diferencial do gradiente térmico e tempo de atuação do processo, entre outros.

É evidente que a análise destes fatores fogem ao escopo deste trabalho, dos dados disponíveis e da capacidade do autor, entretanto se fará algumas considerações.

No entendimento ao autor a aplicabilidade do modelo escarnítico é compatível com os dados disponíveis.

Com respeito as intrusivas que aparecem associadas com depósitos escarníticos de zinco-chumbo temos: de composição granodiorítica (Pewabic, New México; Schmitt, 1939) para leucogranito (Ban Ban, Austrália; Ashley, 1980) e em batólitos holocristalinos equigranulares de textura de assentamento profundo (South Mountain, Idaho; Sorenson, 1927) para stocks hipobassais porfiríticos e diques (Nakatatsu, Japão, Imai, 1978) e diques riolíticos afaníticos e "pipes" de brecha "Santa Eulália, México; Newitt, 1968).

Com respeito a profundidade do alojamento do corpo granítico tem-se que: escarnitos com wolfrâmio (associados à fase de subducção, nas margens das placas continentais) existem neste ambiente quase sempre associados a batólitos graníticos de mise-en-place a grandes profundidades, entre 5 e 15 km. Algumas ocorrências de cobre, molibdênio, zinco e chumbo associam-se a estes batólitos em posições mais distantes dos contatos. Nos locais onde o plutonismo estacionou a profundidades médias (1 a 6 km), encontram-se plutões e chaminés granodioritos com auréolas de metamorfismo menores que aqueles dos batólitos, contendo depósitos ricos em sulfetos com minério de cobre, cobre e ferro ou zinco e chumbo, e com subprodutos localmente importantes de molibdênio, ouro e prata (Einaudi, et alii, 1981, in Biondi, 1986, p. 440).

Com respeito ao ambiente local tem-se que os depósitos de escarnitos cálcicos de zinco e chumbo são caracterizados por suas ocorrências em direções estruturais ou contatos litológicos a alguma distância de contato do plutão (Einaudi et alii, 1981). O Alvo Bugio fica posicionado entre os Complexos Batolíticos Três Córregos e São Sebastião sendo que, a zona anômala para chumbo e zinco é controlada por falha.

Na literatura (Einaudi, et alii, 1981) tem-se que os depósitos escarníticos contendo mineralizações são encontrados próximos a contatos do plutão ígneo com rochas sedimentares ou em fissuras distais em rochas carbonáticas. Em algumas literaturas esses depósitos são referidos como "metamórfico hidrotermal" (Lindgren, 1905), "tactito" (Hess, 1919) pirometassomático (Lindgren, 1922); em textos mais recentes são identificados como "metamórficos ígneos" (Park and McDiarmid, 1972) ou

"contato metassomático" (Jensen e Bateman, 1979).

Escarnito de Mineral King (Knopf e Thelen, 1905) e Cooney Zinco (Sandon e Tucker, 1940) na Califórnia, South Mountain (Sorenson, 1927) em Idaho, e Crescent Tillei Lakes (Dowson e Dick, 1978) em Yukon, Canadá, são formados ao longo da falha e planos de acamamento por várias centenas de metros do contato intrusivo; as intrusivas raramente estão alteradas.

Para o Alvo Bugio sugere-se baseado nos dados da pesquisa, a aplicabilidade do modelo escarnítico (Zn-Pb) acompanhado de desenvolvimento de processo hidrotermal. Estes fenômenos seriam associados a "plugs" de microgranito alasquítico subaflorante no alvo e em associação com zona de falha.

## 10 - CONCLUSÃO

A Formação Água Clara sofreu influência térmica das intrusões dos complexos batolíticos e outras manifestações magmáticas posteriores, registradas em maior ou menor intensidade à depender de fatores como profundidade de alojamento do corpo granítico, diferencial do gradiente térmico do corpo e encaixante, tempo de atuação do processo, tamanho da intrusão, etc.

Estas intrusões propiciaram o desenvolvimento de células hidrotermais e processo de escarnitização que atuaram com maior ou menor intensidade dependendo da composição e disponibilidade de fluidos, preparação estrutural, reatividade das rochas envolvidas, etc.

No Alvo Bugio a atuação de processos térmicos e hidrotermais está nas diferentes litofácies, em especial na zona anômala para chumbo e zinco.

Os processos hidrotermais estão marcados por manifestações como preenchimento de veios e vênulas, alterações mineralógicas, presença de porfiroblastos e macrocristais, crescimento mineral, silicificação, argilização, etc.

O desenvolvimento dos processos hidrotermais de forma mais acentuada na zona anômala se deve principalmente ao

preparo estrutural aí ocorrido, com desenvolvimento de mais de uma fase de fenômenos tectônicos.

Além de fenômenos hidrotermais característicos, a zona anômala também é marcada por resultados elevados para zinco e chumbo em solo e rocha, bem como ocorrência mineral com tâlio, prata, zinco e chumbo.

Os fenômenos de escarnitização são observados no Alvo Bugio, bem como descritos em outras porções da Formação Água Clara.

No Alvo Bugio a suspeita de plug granítico subaflorante está fundamentada na presença de fragmentos graníticos associados a zona de falha, além de evidências indiretas como anomalia estrutural e geofísica, e evidências diretas como os fenômenos hidrotermais e ocorrências minerais relacionadas a este processo.

Acresce-se ainda a constante presença de manifestações deste tipo em toda a Formação Água Clara.

A aplicabilidade do modelo escarnítico acompanhado de processos hidrotermais no Alvo Bugio encontra respaldo nos dados da pesquisa.

A atuação de processos hidrotermais é evidenciada por fenômenos de lixiviação e geração de novos constituintes na zona anômala, bem como algumas evidências de transformações ocorridas, compatíveis com a zona fílica, propílica e argílica deste modelo.

Os fenômenos de escarnitização ocorridos no Alvo Bugio são bastante evidentes em sua fase inicial com recristalização metamórfica e troca local de componentes e menos evidentes na fase final, descrito no modelo como transferência de componentes em larga escala. Esta última fase parece ser mais restrita à zona anômala.

Dos fatores essenciais para o desenvolvimento de processo de escarnitização e hidrotermal a Formação Água Clara possui todos, sendo que o Alvo Bugio se destaca talvez devido ao preparo estrutural aí ocorrido.

Para concluir podemos dizer que os trabalhos desenvolvidos até esta fase permitiram avanços significativos no conhecimento da Formação Água Clara, em especial do Alvo Bugio,

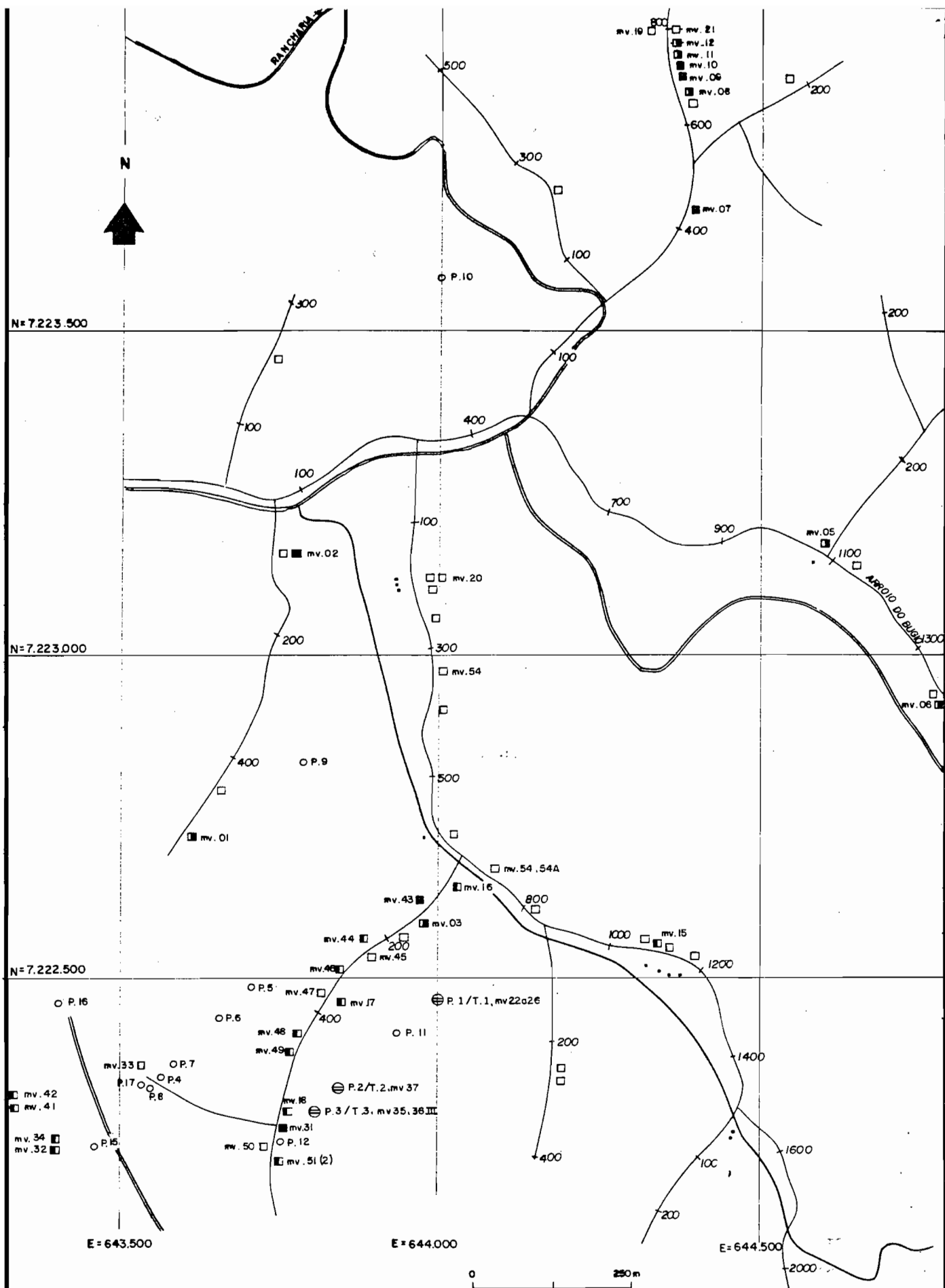
porém, não foram suficientes o bastante para permitir conclusões categóricas à respeito do real potencial do Alvo.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 BIONDI, J. C. Depósitos de minerais metálicos de filiação magmática. São Paulo, T. A. Queiroz: CBMM, 1986. 602 p.
- 02 BRANCO, P. de M. Dicionário de mineralogia. 2ª ed. rev. e ampl. Porto Alegre, Ed. da Universidade, 1982. 264 p.
- 03 COUTINHO, J. M. V. Relatório de consultoria petrográfica. Curitiba, MINEROPAR, 1981. p. Inédito.
- 04 \_\_\_\_\_. Relatório de consultoria petrográfica. Curitiba, MINEROPAR, 1982. p. Inédito.
- 05 \_\_\_\_\_. Relatório de consultoria petrográfica. Curitiba, MINEROPAR, 1983. p. Inédito.
- 06 \_\_\_\_\_. Relatório de consultoria petrográfica. Curitiba, MINEROPAR, 1986. p. Inédito.
- 07 DIAS, M. V. F. Relatório de etapa do Alvo Bugio: fase II. Curitiba, MINEROPAR, 1984. p. Inédito.
- 08 \_\_\_\_\_. Relatório de etapa do prospecto São Silvestre (cheque de anomalias). Curitiba, MINEROPAR, 1984. p. Inédito.
- 09 \_\_\_\_\_. Relatório final do projeto São Silvestre (Alvo Arroio Bugio). Curitiba, MINEROPAR, 1987. 54 p., 15 mapas. Inédito.
- 10 DIAS, M. V. F. & SALAZAR Jr., O. Relatório de etapa do prospecto São Silvestre; alvo Arroio do Bugio (AN-IX-3). Curitiba, MINEROPAR, 1983. p. Inédito.
- 11 EINAUDI, M. T. et alii. Skarn deposits. In: SKINNER, Brian, J. ed. Seventy-fifth anniversary volume 1905-1980. New Haven, The Economic Geology Company, 1981. p: 317-392.
- 12 EINAUDI, M. T. & BURT, D. M. Terminology, classification and composition of skarn deposits. Econ. Geol., 77(3):745-754, 1982.
- 13 LOWEL, J. D. & GUILBERT, J. M. Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits. Econ. Geol., 65:373-408, 1970.

- 14 MARTINI, S. L. Reconhecimento do Bordo Sudeste do granodiorito São Sebastião. Curitiba, MINEROPAR, 1981. p., 2 mapas. Inédito.
- 15 PONTES, J. B. Geologia e potencialidades economicas da formação Água Clara (PR). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., Salvador, 1982. Anais. Salvador, SBG, 1982. p. 1002-1016.
- 16 \_\_\_\_\_. Geologia e potencialidades economicas na região de São Silvestre - PR. Curitiba, MINEROPAR, 1982. p. Inédito.
- 17 RIGOTI, A. & BLANCO, R. G. Ensaio geofísicos aplicados a prospecção mineral; relatório nº 22.995. São Paulo, IPT, 1985. 2 v.
- 18 SANTOS, J. F. dos. Tipologia e genese do deposito de tungstênio Pedra Preta - PA. São Paulo, USP, 1987. 100 p. Tese, Mestrado, Universidade de São Paulo.
- 19 SOARES, P. C. Seqüência tecto-sedimentares e tectonica deformadora no centro-oeste do Escudo Paranaense. In: SIMPÓSIO SULBRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1987. Atas. Curitiba, SBG, 1987. p. 743-772.
- 20 SOUZA, R. M. de. Fichas de descrição petrografica de rochas da formação Água Clara. In: PONTES, João Batista. Geologia e potencialidades econômicas da formação Água Clara - PR. Curitiba, MINEROPAR, 1981. Inédito.
- 21 \_\_\_\_\_. Fichas de descrição petrografica de rochas da formação Água Clara. In: PONTES, João Batista. Geologia e potencialidades economicas da formação Água Clara - PR. Curitiba, MINEROPAR, 1982. Inédito.
- 22 \_\_\_\_\_. Fichas de descrição petrografica de rochas do Alvo Bugio. In: DIAS, Marcos Vitor Fabro & SALAZAR Jr., Oscar. Relatório de etapa: prospecto São Silvestre Alvo do Arroio do Bugio (AN.IX-3). Curitiba, MINEROPAR, 1983. Inédito.
- 23 \_\_\_\_\_. Fichas de descrição petrografica de rochas do Alvo Bugio. In: DIAS, Marcos Vitor Fabro. Relatório final do projeto São Silvestre (Alvo Arroio do Bugio). Curitiba, MINEROPAR, 1987. Inédito.



POÇO

P.2/T.2, mv. 37 POÇO E TRINCHEIRA E P.3/T.3, mv. 35, 36 III

□ PONTO AMOSTRADO P/ESTUDO.

□ " " SERRADO

■ " " COM ANÁLISE QUÍMICA

■ " " COM PETROGRAFIA

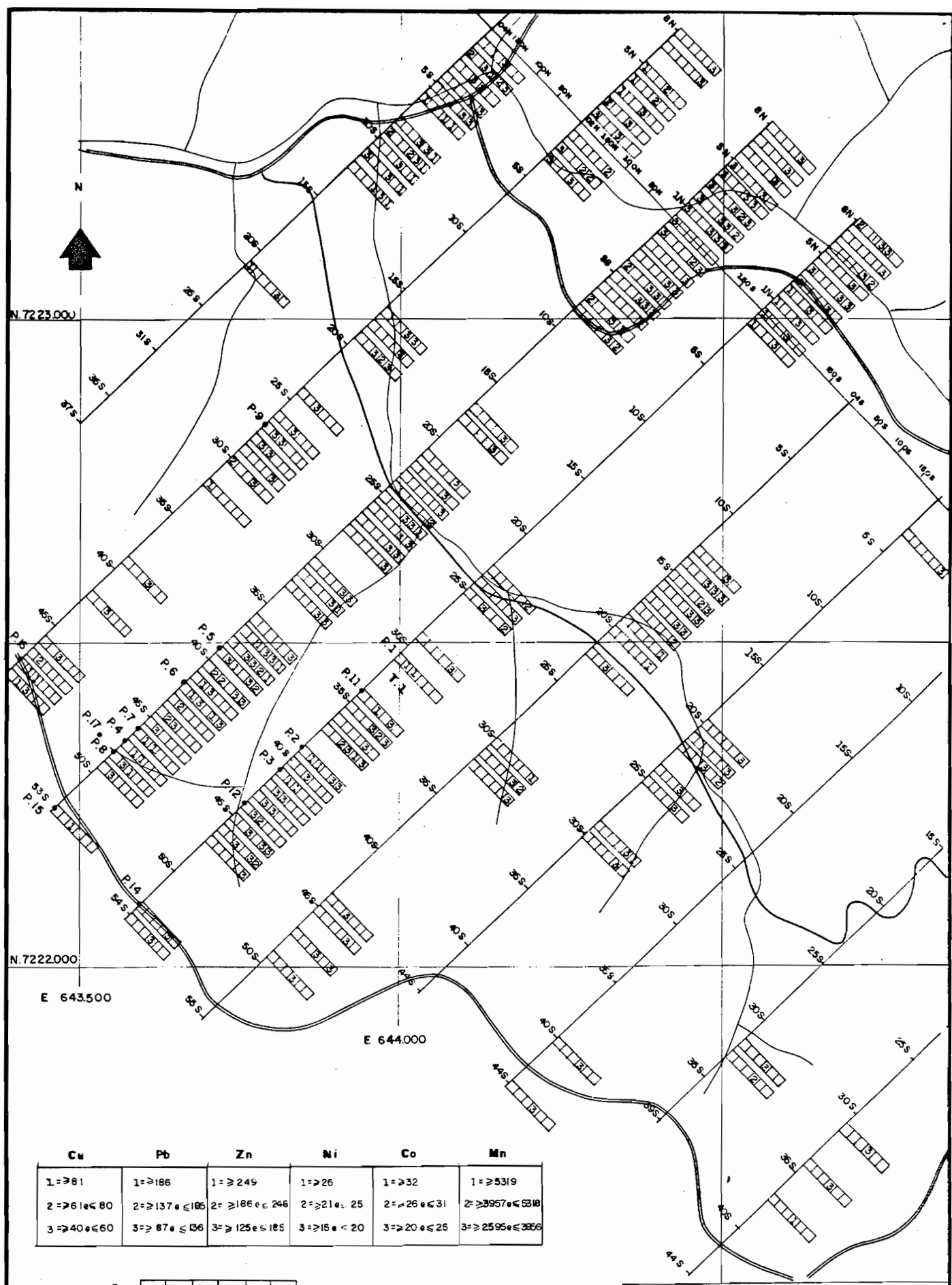
□

AMOSTRAS FORA DO MAPA

DC/44 □ mv. 13

DC/47 □ mv. 14

<b>MINEROPAR</b> Minerais do Paraná S.A.		
MUNICÍPIO RIG BRANCO DOS	GERÊNCIA DE PROSPECÇÃO	BASE CARTOGRAFICA
ESTADO PARANÁ		
DATA	PROJETO SÃO SILVESTRE	
ESCALA 1:25.000	MAPA DE PONTOS E CAMINHAMENTO	ANEXO 01
DESENHO ROSENEIDE		



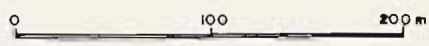
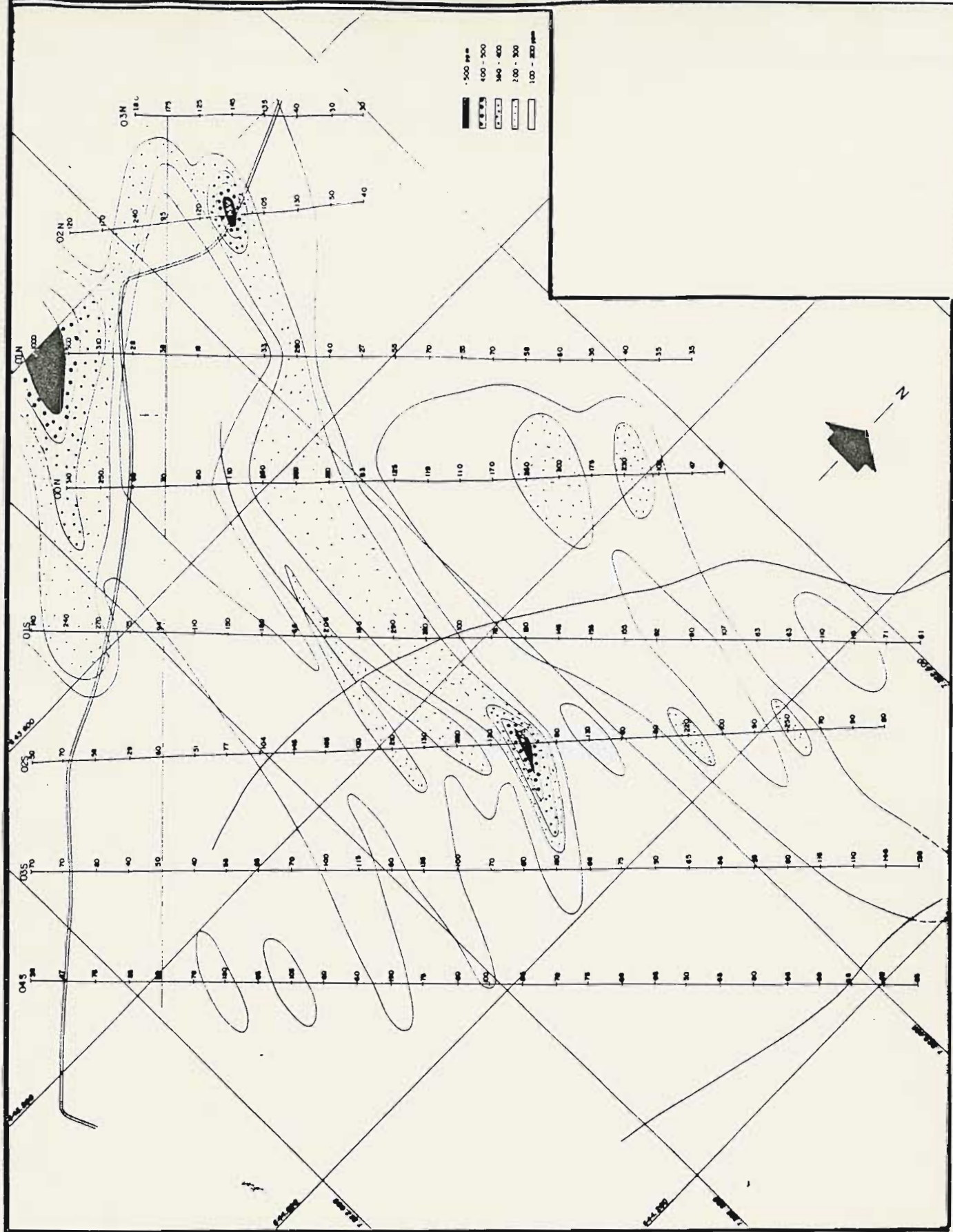
Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Mn
1=>81	1=>186	1=>249	1=>26	1=>32	1=>5319
2=>61e<80	2=>137e<186	2=>186e<246	2=>21e<25	2=>26e<31	2=>3957e<5318
3=>40e<60	3=>87e<136	3=>125e<185	3=>15e<20	3=>20e<25	3=>2595e<3956

• Cu Pb Zn Ni Co Mn  
 — TRINCHEIRAS

E 644.500  
 250m

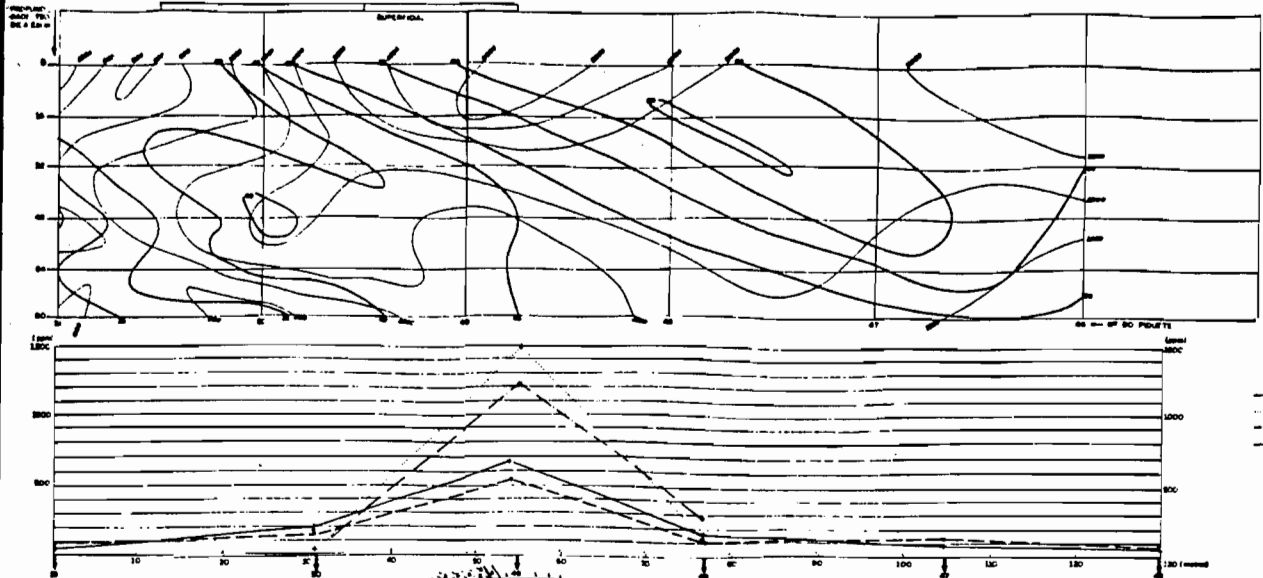
<b>MINEROPAR</b> Minerais do Paraná S.A.		
AUTOR	GERÊNCIA DE PROSPECÇÃO	SALE CARTOGRAFICA
EXECUTOR		
DATA	PROJETO SÃO SILVESTRE	
ESCALA	MAPA DE INTEGRAÇÃO DAS ANO. MALIAS DA GEOQUÍMICA DE SOLO (200x25m) E ESCAV.(Cu,Pb,Zn,Ni,Co,Mn)	
DESENHO		
ANEXO 02		



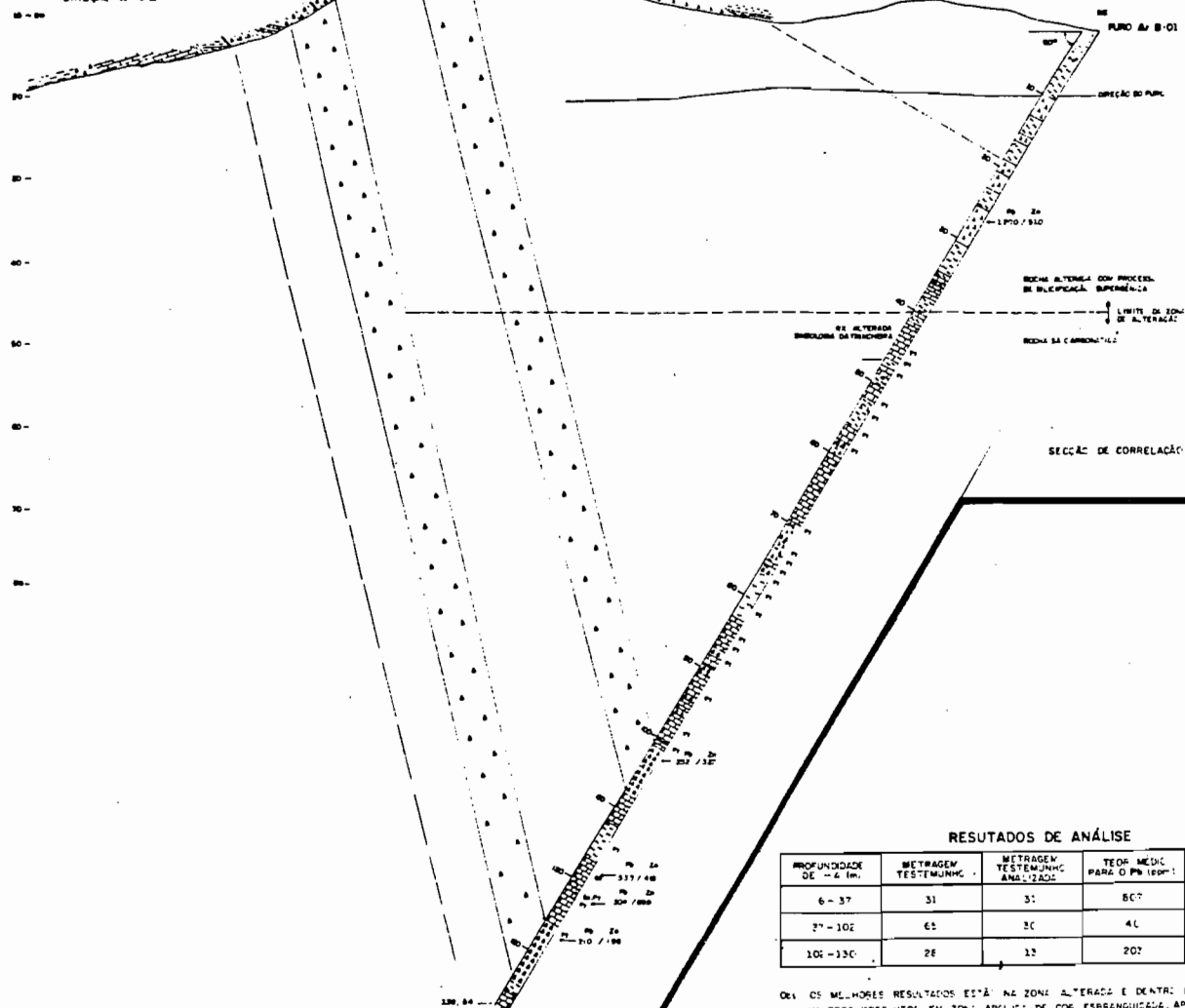


<b>MINEROPAR</b> Minerais do Paraná S.A.		
ESTADO PARANÁ	GERÊNCIA DE PROSPECÇÃO	BASE CARTOGRAFICA
MUNICÍPIO BUGIO	PROSPECTO SÃO SILVESTRE	
DATA		
ESCALA	ALVO BUGIO	
DESENHO ROSENEIDE	MAPA DE ISOVALOR Zn EM ppm (solo)	ANEXO 04

— PSEUDO SECÇÃO DE RESISTIVIDADE APARENTE  
 — PSEUDO SECÇÃO DE CARGABILIDADE (mv/v)



PERFIL DA TRINCHEIRA 02 N/48 e 51  
 DIREÇÃO N40E



SECCÃO DE CORRELAÇÃO - TRINCHEIRA 02 N  
 COM FURO A e B - 01

RESULTADOS DE ANÁLISE

PROFUNDIDADE DE - 2 (m)	METRAGEM TESTEMUNHO	METRAGEM TESTEMUNHO ANALIZADO	TEOR MÉDIO PAR. O Pb (100%)	TEOR MÉDIO PAR. O Zn (100%)
6 - 37	31	31	80%	50%
27 - 102	65	30	4%	15%
102 - 120	28	13	20%	28%

Obs: OS MELHORES RESULTADOS ESTÁ NA ZONA ALTERADA E DENTRO DESTA OS MAIORES VALORES ABSOLUTOS EM ZONA ÁRQUICA DE COF. ESBRANQUIÇA, APARENTEMENTE DERIVADA DE HIDROTHERMALISMO GRANÍTICO (DE 20 A 30 m APROXIMADAMENTE)

- Py PRESEÇA DE PIRITA
- Gg PRESEÇA DE GALENA
- ROCHA CARBONÁTICA, CALCOSSILICÁTICA BANDA CENTIMÉTRICAMENTE OU COM FOLIÇÃO MILIMÉTRICA ACENTUADA (XISTOSA)
- ROCHA CARBONÁTICA, CALCOSSILICÁTICA MACIO OU BANDADA DECIMÉTRICAMENTE
- IDEM BRECHADA
- IDEM COM PRESEÇA DE VEXOS MILIMÉTRICOS CILÍNDRICOS (VEMULOAÇÕES)



**MINEROPAR**  
Minerais do Paraná S.A.

AUTOR MARCOS V.F. DIAS	SUB GERÊNCIA VALE DO RIBEIRA	BASE CARTOGRAFICA
EXECUTOR	<b>PROJETO SÃO SILVESTRE</b> ALVO - ARROIO DO BUGIO Correlação Furo de Sonda - Trincheira	
DATA		
ESCALA		
REVISÃO		

ANEXO 05





