

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**GEOLOGIA DO DEPÓSITO DE Zn, Pb, Ag e Cd
JOÃO NÉRI-MUNICÍPIO DE GUAPIARA-SP**

Cassio Roberto da Silva

Orientador: Prof. Dr. Jorge Silva Bettencourt

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia

**SÃO PAULO
1995**

**Aos meus pais
João e Maria
grato pelo presente**

**Aos meus filhos
Clarice e Maurício
alegria do futuro**

**Aos meus irmãos
Toninho, Lia e João
Carlos
pela união e amizade**

**À minha esposa
Mara
grato pelo incentivo e
carinho**

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Jorge da Silva Bettencourt, especial agradecimento pela orientação final, sugestões, críticas e discussão na elaboração desta dissertação.

Ao professor Dr. Aledir Paganelli Barbour, primeiro orientador desta dissertação, meus agradecimentos pelo incentivo e sugestões no decorrer do trabalho.

À Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais pela liberação dos dados e ajuda financeira. Aos colegas da CPRM, Luiz Sguissardi do Carmo, José Carlos Garcia Ferreira, Ídio Lopes Jr., Mário Mota Câmara, Luiz Antônio Chierigati, Hermes A. V. Inda, Valter José Marques, Carlos Oiti Berbert, José Peres Algarte, Lauro G. Pizzatto, Marília Ribeiro Brambilla, Maria A. Lovato, Rommel da Silva Souza, Jaime Estevão Scandolara, Luiz Gilberto Dall'Ignea, Antonieta Barros G. Lelo, Rda. Delci da Silva Molitor, Terezinha de Jesus, Fatima Franzé, Marina das Graças Perin e Maria de Assunção X. de Alencar, pelo incentivo e colaboração.

Aos colegas Luiz Carlos da Silva e Gilmar José Rizzotto pela grande ajuda na descrição das seções delgadas.

Ao Professor Dr. C. C. G. Colombo Tassinari pela colaboração na execução e interpretação dos resultados geocronológicos da área de estudo e ao Professor Dr. João B. Moreschi pela obtenção das fotomicrografias bem como discussão das seções polidas estudadas.

Ao relator Prof. Dr. Johann Hans Daniel Shorscher, sinceros agradecimentos pelas críticas, sugestões e correções efetuadas no texto, que melhoraram substancialmente esta dissertação

Finalmente agradecemos a todos aqueles que, de alguma, forma contribuíram para o planejamento, execução e finalização deste projeto de pesquisa.

RESUMO

O depósito João Néri, localiza-se no sul do Estado de São Paulo, no Município de Guapiara. Encontra-se numa seqüência de rochas metavulcano-sedimentares de direção nordeste denominada de Formação Água Clara do Grupo Setuva, a qual está inserida no domínio geotectônico da Faixa de Dobramentos Apiaí. A deposição dos sedimentos e o episódio vulcânico associado ocorreram, provavelmente, entre, 1,8 e 1,5 b.a.. As rochas foram afetadas por metamorfismo entre 1,3 a 1,0 b.a., com superimposição de um evento metamórfico próximo a 700 m.a., no Proterozóico Superior.

As rochas da Formação Água Clara sofreram três processos deformacionais, revelados pelas superfícies S_1 , de direção NE, paralela ao acamamento S_0 ; S_2 de direção NE, porém com mergulho mais acentuado e S_3 , de direção NW, que impôs ondulações nos rumos de mergulhos dos eixos de dobras NE, dando à região um padrão estrutural do tipo "domos e bacias". A assembléia mineral constituída, predominantemente, por margarita, flogopita, granada, diopsídio, tremolita e plagioclásio é indicativa de metamorfismo da fácies xisto verde superior possivelmente atingindo a fácies a anfibolito inferior (Yardley, 1989).

A formação Água Clara ocorre de forma alongada na direção NE, provavelmente condicionada por grandes lineamentos. É constituída, predominantemente, por metacalcários impuros com estratificação cruzada. Essas características expressam que o ambiente deposicional foi de plataforma, posteriormente afetado por um regime tectônico distensivo

As mineralizações de Zn, Pb, Ag e Cd do depósito João Néri estão associadas a metachert carbonático que, por sua vez, está encaixado, concordantemente, com metacalcários silicosos. Os principais controles identificados são de natureza: estratigráfica (Formação Água Clara); litológica (metachert) e mineralógica (barita). A assembléia mineral típica do depósito é constituída por: pirrotita, pirita₁, blenda₁, galena, calcopirita, arsenopirita, pirita₂ e blenda₂. A ganga é representada principalmente por quartzo, calcita e dolomita, e subordinadamente margarita e plagioclásio.

Os estudos isotópicos de Pb do depósito João Néri apontaram idade de formação das mineralizações ao redor de 1600 m.a., a qual deve também expressar a idade de deposição dos metamorfitos da Formação Água Clara.

Dentre os tipos conhecidos na literatura o depósito João Néri aproxima-se mais das jazidas estratiformes de origem vinculada a processos vulcano-exalativo sin-sedimentares. O ambiente tectôno-estratigráfico, a forma de ocorrência, a associação litológica, a paragênese mineral da mineralização, assim como os dados isotópicos de Pb, levam-nos a correlacionar este depósito com aqueles do "tipo Perau", já qualificados como sendo francamente do tipo exalativo-sedimentar.

ABSTRACT

The João Néri deposit is located in the southern part of São Paulo state near Guapiara town. The ore body lies on a segment of a NE trending metavolcanic rock sequence which is part of the Água Clara Formation-Setuva Group, all included in the geotectonic domain of the Apiai Fold Belt, considered as of lower Proterozoic age. The rocks of the Água Clara Formation exhibit typical features of a plataformal depositional environment which has been affected by extensional deformation. Later they underwent three deformational events, as represented by penetrative structures which are the following:

$S_1 = S_0$: compositional banding foliation;

S_2 : NE trending and oblique to $S_1 = S_0$;

S_3 : NW trending and imposing ondulation on the NE fold axis.

Alltogether these structures give a dome and basin structural interference pattern to this region, at a regional and local scale. There is convincing mineral paragenetic evidence of a medium grade metamorphism which affected the Água Clara Formation.

The Zn, Pb, Ag and Cd mineralization observed in the João Néri deposit is directly linked to a carbonatic metachert bed which, in turn, is bounded by a concordant siliceous metalimestone. The most common controls of the mineralization are: stratigraphic (Água Clara Formation), lithological (metachert) and mineralogical (barite).

The Pb isotopic analyses on galenas of the João Néri deposit yielded an age of 1600 m.a. which was interpreted as the age of the Zn, Pb, Ag, Cd mineralization. This age might express, as well, the sedimentation of the Água Clara Formation.

All the geological and geochemical evidences lead to the conclusion that we are dealing with a deposit of stratiforme nature. The Zn, Pb, Ag, Cd mineralization might be linked to a hydrothermal volcano-exhalative syn-sedimentary activity, which is promptly supported by the morphology, rock and mineral assemblages as well as by Pb and Sr isotope data.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 - Histórico.....	1
1.2 - Localização, Vias de acesso e Infraestrutura.....	1
1.3 - Aspectos fisiográficos e geomorfológicos.....	1
2. METODOLOGIA	3
2.1 - Pesquisa bibliográfica.....	3
2.2 - Elaboração de base plani-altimétrica.....	3
2.3 - Trabalhos de Campo.....	4
2.4 - Trabalhos de Laboratório.....	4
3. ASPECTOS DA GEOLOGIA REGIONAL	6
3.1 - Considerações Gerais.....	6
3.2 - Embasamento: Maciço de Joinville.....	6
3.3 - Faixa de Dobramentos Apiaí.....	9
3.3.1 - Grupo Setuva.....	9
3.3.2. Grupo Açungui.....	10
3.4 - Evolução geotectônica da Faixa de Dobramentos Apiaí.....	10
4. GEOLOGIA LOCAL	12
4.1. Considerações Gerais (Formação Água Clara).....	12
4.2 - Rochas Calcio-silicáticas (cs).....	16
4.3 - Metabasito (mb).....	16
4.4 - Metacalcários silicosos (ms).....	18
4.5 - Metacherts (mch).....	18
4.6 - Filitos e sericita-xistos (fs).....	20
4.7 - Quartzo-sericita-carbonato-xistos (cx).....	20
4.8 - Complexo Granítico Três Córregos (tc).....	20
4.9 - Intrusivas básicas (db).....	21
4.10 - Aluviões recentes (al).....	21
4.11 - Ambiente deposicional.....	21
4.12 - Geologia Estrutural.....	22
4.13 - Metamorfismo.....	23
5 - MINERALIZAÇÕES DE Pb E Zn DO VALE DO RIBEIRA	24
5.1 - Resenha histórica.....	24
5.2 - Idéias genéticas gerais.....	27
5.3 - Descrição sumária dos depósitos minerais de Pb, Zn e Cu.....	28
5.4 - Potencial Mineral da Formação Água Clara.....	30

5.5 - Mineralizações de Pb-Zn, classificação e origem: uma revisão conceitual.....	32
6. DEPÓSITOS DE Zn, Pb, Ag e Cd, JOÃO NÉRI.....	38
6.1 - Trabalhos de pesquisa mineral	38
6.2 - Trincheiras.....	40
6.3 - Sondagem.....	42
6.4 - Descrição dos minerais de minério.....	52
6.5 - Filitos e Quartzo-clorititos: Caracterização dos protólitos das rochas através dos elementos maiores, traços e ETR.....	55
6.6 - Análises químicas das amostras dos testemunhos de sondagem.....	66
6.7 - Estudo isotópico do depósito João Néri	80
6.8 - Modelo genético da mineralização	84
7. CONCLUSÕES.....	88
8- BIBLIOGRAFIA.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Mapa de localização do depósito João Néri</i>	<i>02</i>
<i>Figura 2 - Domínios geotectônicos da região sudeste do Brasil</i>	<i>07</i>
<i>Figura 3 - Esboço geológico e localização dos depósitos de Cu, Pb, Zn, Ba e Au do Vale do Ribeira.....</i>	<i>08</i>
<i>Figura 4 - Mapa geológico adjacente ao depósito João Néri.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 5 - Perfil geológico da área do depósito João Néri.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 6 - Mapa geológico do depósito João Néri.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 7 - Estágios metalogenéticos principais - Mineralizações associadas.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 8 - Coluna geológica da área da Mina do Perau.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 9 - Perfil SW-NE da Mina do Rocha.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 10 - Relação dos depósitos exalativos submarinos com ambiente tectônico.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 11 - Relações genéticas entre depósitos de sulfetos maciços e tipos semelhantes.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 12 - Zonas de reação em um sistema exalativo submarino.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 13 - Detalhe da figura acima, mostrando a zona de deposição de sulfetos em um sistema exalativo submarino.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 14 - Quadro geotectônico de depósitos de sulfetos exalativo-sedimentares.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 15 - Depósito João Néri: Localização dos trabalhos de pesquisa da CPRM.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 16 - Trincheira CR-01 - Ocorrência João Néri.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 17- Trincheira TR-B6.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 18- Trincheira TR-CO.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 19 - Seção dos furos de sonda efetuados no depósito João Néri.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 20 - Furo de sonda nº 1.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 21 - Furo de sonda nº 2.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 22 - Furo de sonda nº 3.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 23 - Representação das rochas “filíticas” e “quartzo-cloritíticas”.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 24 - Padrões de ETR de “filitos” - eventuais metadacitos hidrotermalizados.....</i>	<i>65</i>

<i>Figura 25 - Padrões de Terras Raras para riolitos (R), dacitos (D) e vulcânicas félsicas arqueanas tipo FII.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 26 - Padrões ETR de rochas da Mina do Perau e da área do prospecto Betara.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 27 - Padrões de ETR de rochas “quartzo-clorititos” - eventuais metandesitos hidrotermalizados.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 28 - Padrões de terras raras para andesitos arqueanas dos tipos I e III.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 29 - Tentativa de reconstituição da forma original do depósito João Néri.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 30 - Reconstituição da forma original do depósito Rammelsberg.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 31 - Dados de composição isotópicas de Pb de galenas do depósito João Néri.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 32 - Composição isotópicas ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb para os depósitos de Pb do Vale do Ribeira.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 33 - Curvas de evolução isotópicas de Pb em dois estágios de diferenciação de U/Pb e Th/Pb, para os depósitos: 1 - Rammelsberg; 2 - Meggen; 3 - Silvermines; 4 - Tynagh; 5 - MacArthur River; 6 - Mount Isa; 7 - Sullivan; 8 - João Néri.....</i>	<i>85</i>

ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1 - Composição mineralógica dos testemunhos do furo de sonda n° 2.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 2 - Relação das seções polidas estudadas dos testemunhos do furo de sonda n° 2.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 3 - Dados químicos das rochas “filitos” e “quartzo-clorititos”.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabela 4 - Dados químicos da barita do depósito João Néri.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 5 - Composição isotópica de Pb em galenas do depósito João Néri.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabela 6 - Razão isotópica inicial do Sr dos metacalcários silicosos encaixantes e da barita do depósito João Néri</i>	<i>82</i>

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1 - Resultado de análise de furo de sonda n° 1 para os elementos Pb e Zn.....</i>	<i>68</i>
<i>Gráfico 2 - Resultado de análise de furo de sonda n° 1 para os elementos Ag, Cd, Cu e B.....</i>	<i>69</i>
<i>Gráfico 3 - Resultado de análise de furo de sonda n° 1 para os elementos Ba, Sr e Mn.....</i>	<i>70</i>
<i>Gráfico 4 - Resultado de análise de furo de sonda n° 1 para os elementos Fe, Mg e Ca.....</i>	<i>71</i>
<i>Gráfico 5 - Resultado de análise do furo de sonda n° 2 para os elementos Pb e Zn.....</i>	<i>72</i>
<i>Gráfico 6 - Resultado de análise do furo de sonda n° 2 para os elementos Ag, Cd, Cu e B.....</i>	<i>73</i>
<i>Gráfico 7 - Resultado de análise do furo de sonda n° 2 para os elementos Ba, Sr e Mn.....</i>	<i>74</i>
<i>Gráfico 8 - Resultado de análise do furo de sonda n° 2 para os elementos Fe, Mg e Ca.....</i>	<i>75</i>
<i>Gráfico 9 - Relação da composição mineral x profundidade do furo de sonda n° 2</i>	<i>50</i>
<i>Gráfico 10- Resultado de análise do furo de sonda n° 3 para os elementos Pb e Zn.....</i>	<i>76</i>
<i>Gráfico 11- Resultado de análise do furo de sonda n° 3 para os elementos Ag, Cd, Cu e B.....</i>	<i>77</i>
<i>Gráfico 12- Resultado de análise do furo de sonda n° 3 para os elementos Ba, Sr e Mn....</i>	<i>78</i>
<i>Gráfico 13- Resultado de análise do furo de sonda n° 3 para os elementos Fe, Mg e Ca....</i>	<i>79</i>

ÍNDICE DE QUADRO

<i>Quadro 1 - Esboço evolutivo da área do depósito João Néri.....</i>	<i>25</i>
<i>Quadro 2 - Paragênese dos minerais de minério primário e de minerais de ganga, observado nos testemunhos de sondagem (Furo n° 2).....</i>	<i>55</i>
<i>Quadro 3 - Quadro comparativo das características da Mina do Perau e Depósito João Néri... </i>	<i>87</i>

ANEXOS

- 1. Resultados de análises dos furos de sonda nº 1*
- 2. Resultados de análises de furos de sonda nº 2*
- 3. Resultados de análises de furos de sonda nº 3*
- 4. Resultados de análises de furos de sonda nº 4A*
- 5. Resultados de análises de furos de sonda nº 5A*

1. INTRODUÇÃO

1.1 - Histórico

Segundo Knecht (1938) a ocorrência de baritina e galena, denominada João Néri, foi “pesquisada superficialmente através de um pequeno poço que atingiu uma profundidade de 4 metros, tendo sido exposto um veio de baritina, com uma espessura de 0,80 metros direcionado segundo N75E, mergulhando para norte. Este veio acha-se encaixado em calcário cristalino de coloração cinza azulada da Série São Roque, orientado N71E com mergulho de 45 graus para norte”.

O depósito de Pb, Zn, Ag e Cd João Néri, foi pesquisado em 1984 pela CPRM através da Superintendência Regional de São Paulo. Segundo Silva & Lopes Jr. (1985), as áreas da região de Guapiara foram requeridas para pesquisa em função de ocorrências de bário, chumbo e cobre que, através de correlações estratigráficas, estariam situadas em contexto geológico-metalogenético similar ao da Mina do Perau e, portanto, potencialmente favorável a conter mineralizações estratiformes de Pb-Zn-Ag e Cd com rentabilidade econômica.

O depósito de João Néri encontra-se encaixado em rochas da Formação Água Clara, Grupo Setuva, a qual até o momento, apesar de apresentar características metalogenéticas propícias, ainda não revelou nenhum depósito de metais base, economicamente significante. Assim, um estudo mais aprofundado do referido depósito faz-se necessário, o que nos motivou a estudá-lo e apresentar os resultados na forma de uma dissertação de mestrado.

1.2 - Localização, Vias de acesso e Infraestrutura

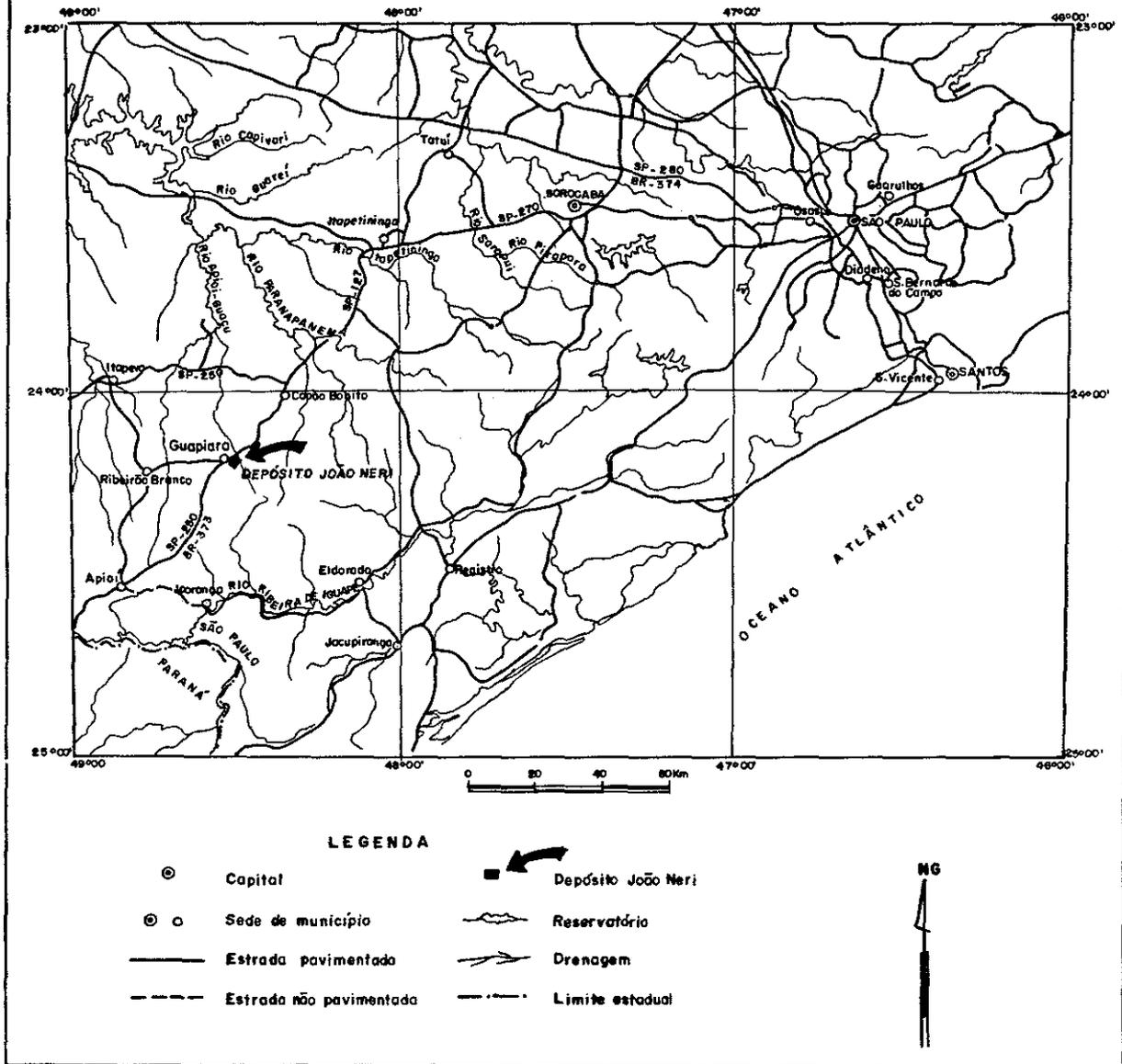
A área localiza-se ao sul no Estado de São Paulo, (Fig. 1) Município de Guapiara, contida na Folha topográfica Guapiara (SG.22-X-B-II-2), escala 1:50.000. O depósito João Néri encontra-se a aproximadamente 300 metros a sudoeste do cemitério da cidade de Guapiara.

O acesso, a partir de São Paulo, pode ser efetuado pela rodovia Castelo Branco até o trevo de Tatuí, tomando-se a partir deste a rodovia para Itapetininga. Em Itapetininga segue-se pela SP-250 que serve as cidades de Capão Bonito e Guapiara e que tem continuidade para Apiaí. A distância total atinge aproximadamente 270 km.

1.3 - Aspectos fisiográficos e geomorfológicos

A região situa-se no Planalto Atlântico, que abrange relevo colino-montanhoso, profundamente dissecado, com topografia acidentada, drenagens encaixadas e vales profundos com vertentes fortemente inclinadas (Pró-Minério 1981). As cotas mais elevadas situam-se em torno de 1.000 m e as mais baixas ao redor de 700 m, sendo que as mais elevadas constituem reflexos dos metassedimentos do Grupo Açungui, estes situados nas proximidades da serra de Paranapiacaba e também dos metassedimentos do Grupo Setuva que ocorrem na

Fig. 1 — MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO DEPÓSITO JOÃO NERI



LEGENDA

- | | | | |
|-------|-------------------------|-------|--------------------|
| ⊙ | Capital | ▣ | Depósito João Neri |
| ⊙ ○ | Sede de município | ~ | Reservatório |
| — | Estrada pavimentada | ~ | Drenagem |
| - - - | Estrada não pavimentada | — · — | Limite estadual |



serra da Samambaia. Nestas rochas (Setuva e Açungui), as drenagens acham-se controladas pelas variações litológicas e estruturais, sendo em geral do tipo retangular dendrítico. Diques básicos, muito freqüentes, responsáveis pelo padrão retangular das drenagens, cortam as rochas mais antigas formando os lineamentos de cristas ou vales de acordo com a natureza da encaixante e sua resistência relativa à erosão.

A rede de drenagens da região é formada pelos tributários da margem esquerda do rio Paranapanema, através das duas bacias principais que ocorrem na área. A do rio São José de Guapiara, de maior expressão areal, atravessa a região no sentido SW-NE e apresenta como tributários principais os ribeirões da Fazendinha, do Capinzal, da Araucária, e os córregos do Padre Doutor e da Bica. A bacia do rio Apiai-Guaçu, a NW da área, apresenta como tributários principais os córregos do Cavaleiro e da Samambaia.

A vegetação predominante é a de campos sujos com matas ciliares e capões esparsos. A S-SE são ainda observados remanescentes da floresta subcaducifolia tropical, um tipo intermediário entre as formações florestais perenes da encosta e as formações não florestais do interior. Esta formação foi intensamente devastada dando lugar à agricultura, que na região é caracterizada pelo intenso cultivo de tomate e de pêssego, além de culturas de subsistência (feijão, milho, arroz, mandioca).

O clima, identificado como mesotérmico brando super-úmido com subseca, apresenta temperaturas médias anuais em torno de 19° a 18° C. O verão é brando e o mês mais quente acusa média inferior a 22° C. No inverno são comuns temperaturas mínimas em torno de 0°C nos seus meses mais frios (junho-julho), assim como a ocorrência de geadas (5 a 10 dias durante o ano). A média pluviométrica anual é de 1.250 mm (Galvão 1967).

2. METODOLOGIA

2.1 - Pesquisa bibliográfica

Para consolidar os conhecimentos geológicos prévios, efetuou-se uma revisão bibliográfica dos principais trabalhos regionais do vale do Ribeira, dando ênfase àqueles de caráter metalogenético, bem como àqueles da bibliografia internacional que versam sobre mineralizações de metais base.

Para a seleção de amostras e os tipos de análises a serem efetuados foi também necessário realizar pesquisa bibliográfica, principalmente para análises isotópicas, litoquímicas de elementos maiores, traços e de Terras-Raras bem como para a interpretação dos dados.

2.2 - Elaboração de base plani-altimétrica

As fotos aéreas utilizadas para localização e fotointerpretação da área, incluíram aquelas em escala 1:60.000 da USAF/1966, 1:25.000 da Secretaria de Agricultura e 1:35.000 da CESP/1980. Para a interpretação regional utilizou-se a imagem de satélite Landsat-banda 5.

Nesta fase elaborou-se um mapa geológico preliminar, o qual serviu de base para os trabalhos de campo.

Foi também confeccionada uma base plani-altimétrica, 1:5.000, a partir da ampliação da carta topográfica 1:10.000 do DAEE, para o mapeamento geológico de detalhe do depósito.

2.3 - Trabalhos de Campo

O mapeamento geológico realizado na escala 1:5.000 numa área aproximada de 5,3 km², foi executado através de perfis geológicos contínuos, em todas as estradas, caminhos, picadas e drenagens da área, anotando seguidamente os dados coletados no campo num mapa memória, incluindo a litologia e dados estruturais. Em seguida efetuaram-se descrições detalhadas de cada litótipo e de importantes feições geológicas encontradas. Os diferentes litótipos foram amostrados para análises petrográficas e químicas.

Para melhor entender o posicionamento das rochas encaixantes do depósito João Néri, foram efetuados perfis geológicos regionais com a descrição de 61 afloramentos e coletadas 77 amostras de rochas.

Na área do depósito (5,3 km²), percorreu-se 09 picadas, com extensão de 700 metros, abertas de 100 em 100 metros, transversalmente à estruturação regional. Nesta etapa foram descritos 93 afloramentos e 58 amostras de rocha foram coletadas.

Para a caracterização do minério e encaixantes efetuou-se o estudo de 3 trincheiras e de testemunhos de 3 furos de sonda (500 m), através de descrições sucintas e elaboração de seções esquemáticas. Elegeu-se o furo nº 2, devido à alta recuperação e representatividade das rochas locais, para amostragem com vistas a estudos microscópicos de maior detalhe e análises químicas.

2.4 - Trabalhos de Laboratório

a) Microscopia de seções delgadas e polidas:

Após a fase de coleta de amostras foi efetuado o estudo petrográfico em seções delgadas dos diferentes litótipos das rochas encaixantes e do minério. O minério e algumas rochas que apresentaram quantidade significativa de opacos, foram estudados em seções polidas. Estes estudos propiciaram a identificação dos minerais de minério, suas interrelações espaço-temporais, associações e paragêneses minerais.

Das amostras coletadas nos perfis regionais 12 foram estudadas em seções delgadas. Na área do depósito, devido à pouca variação dos litótipos, somente 6 amostras foram estudadas por seção delgada.

Do furo nº 02, foram amostrados e estudados 45 seções delgadas e 17 seções polidas.

b) Análises químicas do minério e da encaixante

Vinte e uma amostras coletadas nas trincheiras foram analisadas por:

- Espectrometria de absorção atômica para Pb, Zn, Ag e Au.

Por este método, Ag e Au apresentam limites de detecção da ordem de 0,5 e 0,05 ppm, respectivamente.

Dez amostras das trincheiras também foram analisadas por:

- Espectrometria óptica de emissão semi-quantitativa para 30 elementos com os seguintes limites de detecção:

Fe: 0,05%, Mg 0,02%, Ca 0,05%, Ti 0,002%

Mn 10 ppm, Ag 0,5 ppm, As 200 ppm, Au 10 ppm, B 10 ppm

Ba 1 ppm, Pb 10 ppm, Sb 100 ppm, Sc 5 ppm, Sr 100 ppm

V 10 ppm, W 50 ppm, Y 10 ppm, Zn 200 ppm, Zr 10 ppm

Be 1 ppm, Bi 10 ppm, Cd 20 ppm, Co 5 ppm, Cr 10 ppm

Cu 5 ppm, La 20 ppm, Mo 5 ppm, Nb 10 ppm e Ni 5 ppm.

Trinta e nove amostras de testemunhos dos furos 1,2 e 3, foram analisadas por:

- Absorção atômica para Pb, Zn, Ag, Cd, e Au e, por espectrometria óptica de emissão semi-quantitativa, para Ba, Cu, Sr, B, Mg, Ca, Mn e Fe.

Cinco amostras de rocha foram submetidas a análise de elementos maiores, traços e elementos terras raras (ETR), nos laboratórios da GEOLAB. As técnicas utilizadas foram as seguintes:

- Fluorescência de Raio-X: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ total, CaO, MgO, TiO₂, P₂O₅, Cr₂O₃, NiO, Tl, Rb, Ba, Nb, Y, Zn, U, Co, Ni, Cu, Zr, V, Cr e Sc.

- Via úmida com titulação volumétrica (KMnO₄): FeO

- Absorção atômica: Na₂O, K₂O, MnO

- Espectrometria de plasma (ICP): ETR.

Em duas amostras (CR-77S e 78S) submetidas à análise, no Lamin, para 13 óxidos, utilizou-se a seguinte metodologia:

- Colorimetria: SiO₂ e P₂O₅

- Espectrometria de absorção atômica: Al₂O₃, K₂O, Na₂O, MnO e TiO₂

- Volumetria: Fe₂O₃ total, FeO, CaO e MnO

- Gravimetria: perda ao fogo (P.F.) e umidade.

c) Análises isotópicas

- preparação de amostras e bases teóricas.

Para as determinações isotópicas de Pb e Sr utilizou-se a metodologia descrita por Tassinari et alii (1990). Primeiramente isolando, respectivamente, os cristais de galena das amostras de minério, e, barita e calcita das encaixantes carbonáticas. Este procedimento se faz necessário devido ao fato da galena não possuir U em seus retículos cristalinos, assim como a barita e calcita também não possuem Rb. Consequentemente as razões ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb, ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb e ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr medidas, descartando-se reequilibrações metassomática-metamórficas, poderiam ser muito próximas das composições isotópicas da Pb e Sr originais da época de formação das mineralizações.

- Análise de galenas:

os cristais de galena foram pulverizados em almofariz de ágata, e cerca de 0,28 gramas do pó obtido, foi atacado com ácido nítrico concentrado destilado em béquer de teflon a quente. Após a dissolução do pó, a solução foi evaporada em um micro-sistema com ar filtrado, para a concentração do Pb. Após esta fase o Pb foi depositado, juntamente com ácido fosfórico e sílica gel, em microfilamento de Rênio

descontaminado, para análises espectrométricas, que foram feitas em um espectrômetro de massa, VG-354, Micromass, com multicoletor, totalmente computadorizado.

Utilizou-se para controle de qualidade os resultados das análises dos padrões internacionais NBS-981 e 982 (Tassinari et alii op. cit.) para a correção de 0,01% nos valores obtidos dos isótopos de Pb das galenas do depósito João Néri.

- Análise de baritas e calcitas:

para as análises isotópicas de Sr foram separados concentrados de barita e calcita por meio denso e catação manual à lupa. Posteriormente, foram pulverizados em moinhos de bolas revestidos de carvão de tungstênio. Com os pós obtidos foram feitas dosagens de Rb e Sr por fluorescência de raios x. As amostras que apresentaram teores de Rb iguais a zero ou próximo disto foram atacadas por vários ácidos (fluorídrico, perclórico e clorídrico) e passados por colunas de trocas iônicas. As análises isotópicas de Sr foram realizadas em microfilamentos de Tântalo descontaminados em espectrômetro de massa VG-354, com multicoletor, totalmente computadorizado. Os valores da razão isotópica $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ foram normalizados para valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,1194$.

3. ASPECTOS DA GEOLOGIA REGIONAL

3.1 - Considerações Gerais.

A bibliografia referente aos terrenos pré-cambrianos do Estado de São Paulo, engloba mais de uma centena de trabalhos dos quais merecem destaque as publicações de Hasui et alii (1975), Chiodi F^o et alii (1983), Chiodi F^o (1984), Takahashi et alii (1984), Almeida (1985), Bistrichi et alii (1985), Daitx (1985) e Campanha (1991).

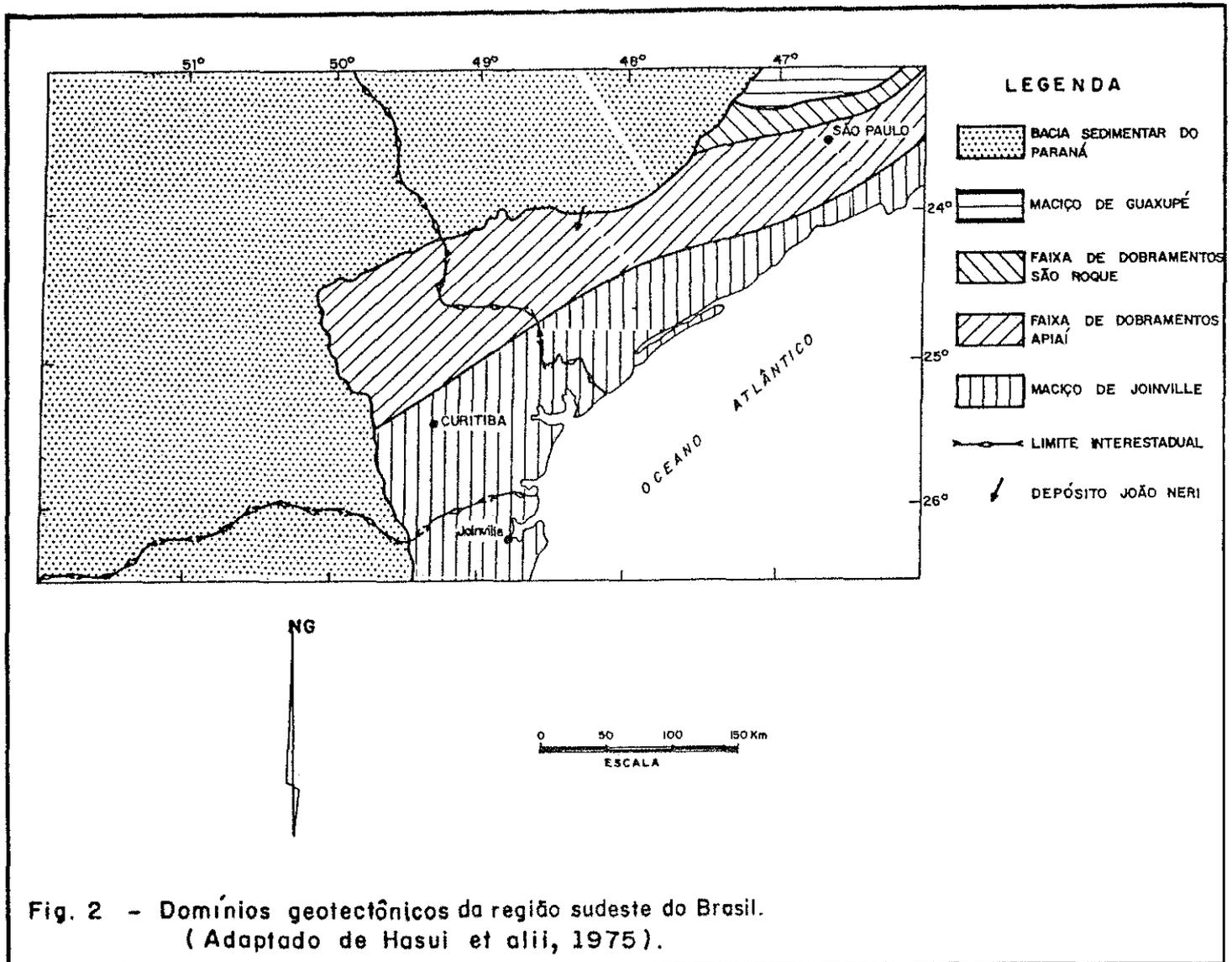
O resumo, a seguir apresentado, expressa a opinião dos principais pesquisadores da área, ressaltando-se que os modelos evolutivos propostos para a Faixa Ribeira se revelam muito contraditórios o que demonstra a precariedade dos dados disponíveis na literatura principalmente em relação aos conhecimentos relativos à geologia regional, à petrografia e à petrologia, dificultando, assim, qualquer análise rigorosa da geologia regional da referida faixa.

A região do sudeste brasileiro, segundo Hasui et alii (1975) é constituída por cinco unidades geotectônicas a saber: Maciço Mediano de Joinville, Faixa de Dobramentos Apiaí, Faixa de Dobramentos São Roque, Maciço Mediano de Guaxupé e Bacia Sedimentar do Paraná (fig. 2), dos quais as duas primeiras unidades referidas serão a seguir objeto de apreciação específica, ao se considerar que o depósito João Néri está diretamente relacionado à Formação Água Clara, do Grupo Setuva - Faixa de Dobramentos Apiaí.

3.2 - Embasamento: Maciço de Joinville

O Maciço de Joinville ocorre a sul da falha do Lancinha - Cubatão e é constituído pelo Complexo Costeiro (Hasui 1981), enquanto que a norte aflora, em núcleos isolados, o Complexo Apiaí- Mirim (Chiodi F^o et alii 1983) (Fig. 3).

O Complexo Costeiro segundo Hasui (1986) é constituído por um conjunto de rochas gnaissicas e migmáticas e núcleos granulíticos preservados de fácies metamórfica granulito a anfibolito alto, bem como unidades metassedimentares terrígenas e químicas, também contendo volumes subordinados de rochas vulcânicas.



O complexo Apiaí-Mirim inicialmente caracterizado por Chiodi F^o et alii (1983) na região de Capão Bonito, foi posteriormente considerado por Takahashi (1984), Theodorovicz (1986) e Hasui (1986) como sendo o embasamento arqueano das rochas supracrustais meso-neoproterozóicas, na região a norte da falha da Lancinha-Cubatão.

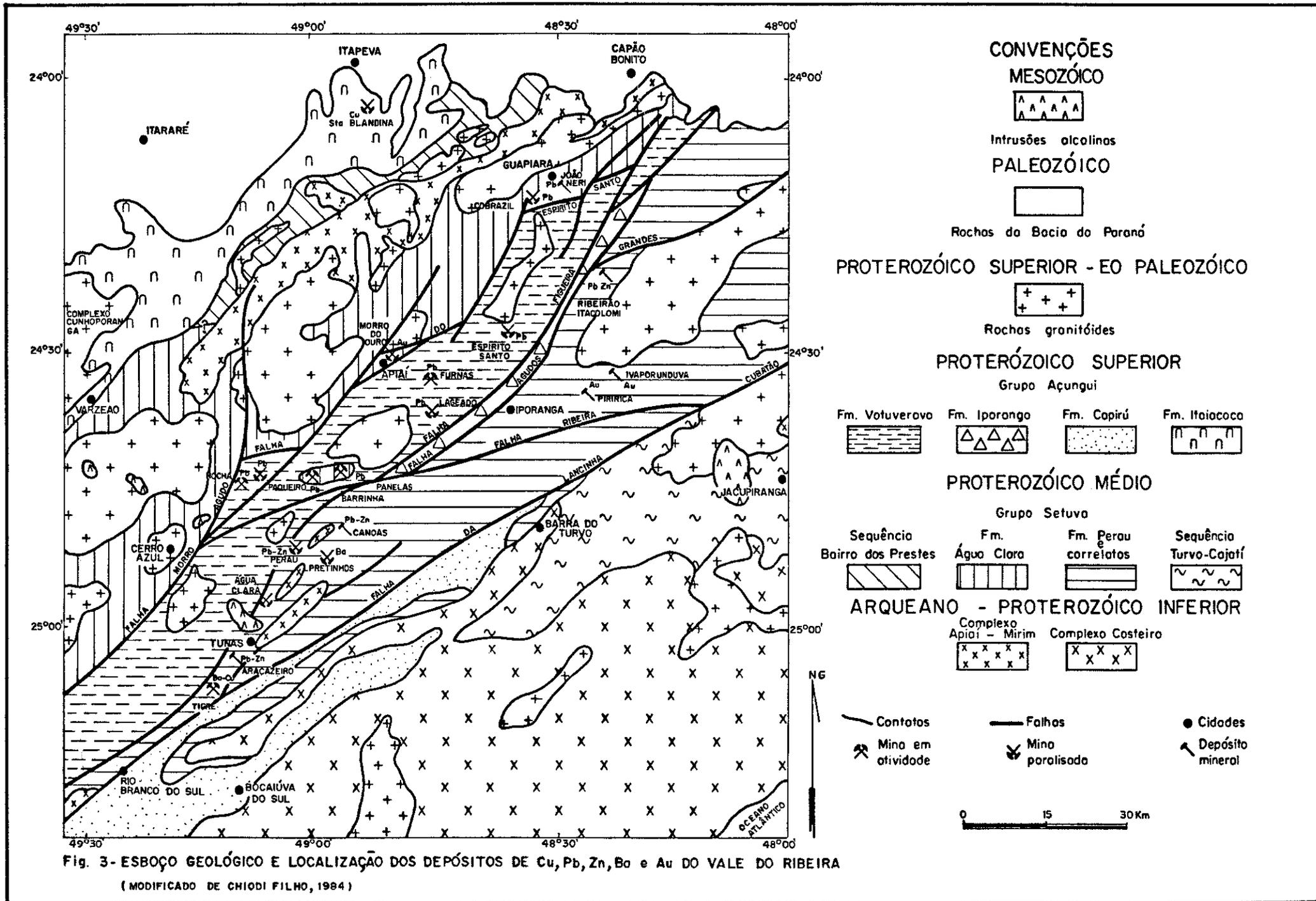


Fig. 3- ESBOÇO GEOLÓGICO E LOCALIZAÇÃO DOS DEPOSITOS DE Cu, Pb, Zn, Ba e Au DO VALE DO RIBEIRA
(MODIFICADO DE CHIODI FILHO, 1984)

É constituído predominantemente por biotita gnaisses, biotita-hornblenda-gnaisses e micaxisto, todos deformados. Estas rochas foram consideradas por Ebert (1971), Fritzsos et alii (1982), Biondi & Chiodi F^o (1984) como sendo de idade pré Setuva.

Esses dois complexos ostentam, como características marcantes, estruturas imbricadas e blocos rochosos alóctonos, resultantes de efeitos transtensivos, conforme relato de Hasui (1986). Digno de nota, também, são os contatos entre diferentes litótipos, que evidenciam grande movimentação diferencial entre blocos, refletidos por intensa lenticularização e mistura de litotipos diferentes.

3.3 - Faixa de Dobramentos Apiaí

Engloba os Grupos Setuva e Açungui os quais constituem-se nas supra-crustais do embasamento representado na região pelo Complexo Apiaí-Mirim (Fig. 3).

3.3.1 - Grupo Setuva

O Grupo Setuva (Fritzsos et alii op. cit.), é de idade atribuída ao Proterozóico Médio e pode ser dividido em Formação Perau e Formação Água Clara (Fritzsos et alii op. cit.). Esse grupo ostenta características de seqüências vulcano-sedimentares e as rochas correlatas são representadas por metamorfitos de médio a baixo grau metamórfico.

Formação Perau:

A criação desta unidade deve-se a Fritzsos et alii (op. cit.), não sendo mais do que uma redefinição da chamada Seqüência Perau, originalmente proposta por Silva et alii (1981) e endossada por Takahashi (1981) e Pierkarz (1981).

Sobrepõe-se, segundo discordância estrutural, ao Complexo Apiaí-Mirim e está sotoposta ao Grupo Açungui, através de zonas de cisalhamento. Quartzitos, calcários metamórficos impuros, micaxistos e corpos de rochas metabásicas (subordinadas) constituem os termos mais expressivos dessa formação.

Formação Água Clara

Sobrepõe-se, estratigraficamente, à Formação Perau (Fritzsos et alii op. cit.). Pela formulação de Marini et alii (1967) essa formação foi colocada no topo do Grupo Açungui sendo, tão somente, constituída por uma seqüência de rochas metacarbonáticas impuras. Contudo, Pontes (1982), a subdivide em duas fácies distintas, a saber:

Fácies vulcano-sedimentar basal constituída por uma sucessão rítmica, de metapelitos, metapsamitos, mármore silicosos e rochas vulcânicas (não especificadas), associação essa típica de ambiente marinho profundo e, fácies carbonática constituída por mármore calcíticos e dolomíticos, metamargas e quartzitos micáceos subordinados.

3.3.2. Grupo Açungui

As primeiras citações sobre as rochas da região de "Assunguy" devem-se a Derby (1878) e, posteriormente, a definição original de "Série Assunguy" por Oliveira (1916,1925,1927), constituído, conforme descrição do mesmo, por "Shistos argilosos, calcareos e quartzitos." Bigarella & Salamuni (1956, 1958) introduzem as Formações Votuverava, Capiru e Setuva como integrantes da "Série Açungui" e Marini et alii (1967) propõem, para a mesma Série, a designação de Grupo Açungui.

Nos últimos anos, Chiodi F^o (1984) considera o Grupo Açungui como essencialmente sedimentar, composto pelas formações Votuverava (Subgrupos Lajeado de Hasui et alii 1984a), Iporanga, Capirú e Itaiacoca, todas de idade atribuída ao Proterozóico Superior e capeando por discordância estrutural, o Grupo Setuva. As rochas predominantes são metacalcários (calcíticos e dolomíticos), metarenitos, e metasiltitos por vezes rítmicos.

3.4 - Evolução geotectônica da Faixa de Dobramentos Apiaí

Em termos estruturais e metamórficos, os terrenos proterozóicos da região em estudo, são de natureza policíclica.

Chiodi F^o (1984) associa o desenvolvimento do Grupo Setuva a uma estrutura tafrogênica e supostamente aulacogênica, mesoproterozóica, resultante de tectônica ativa recorrente no Proterozóico Médio a Superior e, o Grupo Açungui, a uma estrutura superimposta no Proterozóico Superior, com evolução de rift para sinéclise.

Kaul (1984, 1985) com base no magmatismo, propõe uma evolução geológica para o Ciclo Brasileiro, através do modelo de tectônica de placas, onde o Sistema Dobrado Apiaí, teria um desenvolvimento oceânico, indicado por magmatismo toleítico oceânico.

Hasui (1986), identifica com o auxílio da geofísica (gravimetria) dois blocos crustais arqueanos, Vitória a sul e São Paulo a norte, nos quais, em função de magmatismo granitóide, formaram-se os Complexos Costeiro e Apiaí Mirim, respectivamente. Sobre estes complexos se desenvolveu a bacia Setuva, de natureza vulcano-sedimentar. Distensão continental subsequente acarretou adelgaçamento crustal e rifteamento, bem como, a conseqüente formação de bacias nas zonas de transtensão. Seguiu-se cisalhamento dúctil de baixo ângulo, ligado ao cavalgamento do bloco Vitória sobre o bloco São Paulo, de sul para norte, sendo a sutura marcada pelo lineamento de Itapeúna-Lancinha. O aloctonismo, imbricações, transposições, deformações internas das massas rochosas, recristalizações e remobilizações modificaram no fim do Arqueano, drasticamente, o quadro original. No final do Proterozóico Inferior (Evento Transamazônico) ocorre cisalhamento dúctil de alto ângulo concentrado em faixas lineares em conexão com rotação da massa continental. No Proterozóico Superior, desenvolveram-se as bacias Itaiacoca, Lajeado, Antinha e Capiru, por processos ensiálicos, seguindo-se cerragem com metamorfismo e dobramentos. No final do Brasileiro depositam-se sedimentos imaturos acompanhados por vulcanismo ácido-intermediário e intrusões granitóides. Finalmente em tempos ordovicianos/silurianos sobrevem a cratonização seguida de deposição dos sedimentos da Bacia do Paraná.

Algarte et alii (1986) destacam uma vergência geral para NW em direção ao craton do São Francisco e denominam as coberturas proterozóicas como "geoclinais", relacionadas à evolução de margens continentais. Sugerem provável subducção de noroeste para sudeste, vinculam as rochas Setuva a uma bacia do tipo rift marginal e consideram o Grupo Açungui como seqüência miogeoclinal ou bacia epicontinental marinha.

Campanha et alii (1987), propõem um modelo de subducção de placa oceânica de SE para NW e posterior colisão continental, para a Faixa de Dobramentos Apiaí. As antigas margens continentais seriam delineadas pelas seqüências plataformais de águas rasas representadas pelas formações Itaiacoca a NW e Capiru a SE, assentadas sobre as áreas estáveis do suposto craton do Paraná e do maciço de Catas Altas (Hasui et alii 1984b) ou granito Três Córregos (Fuck & Muratori 1966, Apud Fuck et alii 1967). O maciço Catas Altas é caracterizado como um zona de divergência axial (arco magmático), sendo que as assimetrias de grandes dobras, mergulho de superfícies axiais e sentido de empurrões indicam uma vergência para NW ao norte do maciço de Catas Altas, e para SE ao Sul deste. Baseados na constituição litológica, padrão deformacional (melange tectônica) e perfil gravimétrico de Kaul (1984), colocam a região delineada pelas formações Iporanga e Perau como a zona de sutura da subducção aventada.

Soares (1987) destaca que os episódios litogênicos e tectônicos regionais desenvolveram-se em dois eventos, caracterizados por intrusões básicas e uma intensa deformação, com encurtamento crustal e espaçamento litosférico e, pela transferência de grande volume de material granítico de níveis inferiores da crosta e mesmo do manto, num megaciclo, envolvendo o proterozóico médio e superior. À sucessão de eventos coaduna-se a um ciclo completo de geração e destruição de margem continental ou oceânica.

Com base nas intrusões máficas, manifestações vulcânicas intermediárias, depósitos vulcanogênicos e sistemas deposicionais, o referido autor, caracteriza o Complexo Setuva como originado em bacia retro-arco-ativa no início do Proterozóico Médio. A deformação dos sedimentos correspondentes, hoje, ao Complexo Setuva, teria ocorrido num evento de colisão arco/continente, sendo o arco magmático localizado a NW-W. A bacia Açungui desenvolve-se através de um novo evento de estiramento litosférico atrás do arco com o desenvolvimento do rifteamento, ocorre a formação de mineralizações sin-sedimentares de metais base. A progressão da subducção de NW para SE, favoreceu a colisão continente/continente, sendo as rochas submetidas a intensas deformações com cavalgamentos (no estado do Paraná, região de Rio Branco, Batéia) em parte rúptil e parte dúctil. O estágio final foi o ajuste das saliências e reentrâncias dos blocos continentais em colisão, originando transcorrências que afetaram também toda a região sudeste do Brasil, sendo a Lancinha-Itapeúna a principal falha da região. Sinclinórios, anticlinórios, exposição de núcleos de batolitos graníticos, intensa recorrência de intrusões, sob a forma de "stocks" alongados são o registro deste evento.

Segundo Ebert et alii (1988), os elementos geométricos e cinemáticos, observados revelam três processos deformacionais principais, produtos de uma mesma fase progressiva durante a evolução tectônica da região. A deformação D_1 , foi a principal geradora das estruturas penetrativas regionais, principalmente a foliação metamórfica S_1 (X_1 -NE, Y_1 -NW e Z_1 vertical), relacionada à deformação tangencial (cavalgamento oblíquo) para N ou NW do bloco Vitória (porção SE do

Lineamento Lancinha) sobre o bloco São Paulo (NW de Lineamento Lancinha), sendo a zona de sutura marcada pelo Lineamento.

Processos compressivos posteriores que geraram as megantiformes regionais com planos empinados (X_2 -NE, Y_2 vertical e Z_2 -NW). A contínua atuação ou uma posterior reativação de grandes esforços crustais regionais requerem um reajuste das tensões secundárias. A deformação D_3 , transpressiva, dobrou as estruturas preexistentes ao longo de zonas de cisalhamento dúctil de alto ângulo.

Ebert et alii (op. cit.) admite a evolução geológica proposta por Hasui (1986) e destaca que o quimismo das rochas metabásicas da região da mina do Perau, não evidencia que a tectônica colisional tenha envolvido subducção de crosta oceânica, mas, apenas que, foi precedida por rifteamento ou limitada separação de massas siálicas durante uma tectônica distensiva a transtensiva intracontinental, provavelmente através de delaminação profunda.

Tassinari et alii (1990) com base em estudos isotópicos de Pb e Sr de mineralizações do Vale do Ribeira, consideram que as seqüências metamórficas da Faixa de Dobramentos Apiaí despositaram-se entre 1,8 e 1,5 b.a., sofrendo um metamorfismo entre 1,3 e 1,0 b.a., com superimposição de um evento metamórfico pelo menos termal durante o Proterozóico Superior, próximo a 700 m.a.

4. GEOLOGIA LOCAL

4.1. Considerações Gerais (Formação Água Clara)

A área do depósito João Néri encontra-se no domínio de uma faixa de rochas que ocorre principalmente bordejando a porção sudeste do Complexo Três Córregos. Este complexo foi denominado de maciço Catas Altas por Hasui (1984), de arco magmático por Theodorovicz et alii (1986), Campanha et alii (1987) e Soares (1987) e é correlacionada, no estado de São Paulo, por Chiodi F^o (1984), Takahashi et alii (1984), Silva et alii (1985) e Almeida (1985) com a Formação Água Clara do Grupo Setuva ocorrente no estado do Paraná.

Marini et alii (1967) identificam a Formação Água Clara e a posicionam no topo do Grupo Açungui. Scholl (1981) reconsidera a posição estratigráfica, admitindo ser ela basal, tendo sido corroborado por Pontes (1982).

Pontes (op. cit.), ao estudar a Formação Água Clara, em detalhe, nas cabeceiras do rio Açungui no estado do Paraná, define duas fácies; a primeira, de caráter vulcano-sedimentar, é caracterizada por uma associação rítmica de seus diferentes termos litológicos representados por delgados níveis de metapelitos, metapsamitos, rochas carbonáticas impuras (mármore silicosos) e rochas de origem ígnea, indicando ambiente marinho profundo para sua deposição. As rochas clásticas são representadas por quartzo-mica xisto de granulação fina e quartzitos micáceos. Nas rochas carbonáticas são comuns a presença de metamargas e mármore impuros. Das metaígneas destacam-se rochas vulcânicas intermediárias a básicas e anfibolitos diversos, associados a metatufitos básicos e metandesitos, ocorrendo, ainda neste nível carbonático, também, delgadas intercalações de formações ferro-manganesíferas (metachert mangano-ferruginoso), às vezes bandadas.

A segunda fácies, é representada por uma seqüência predominantemente carbonática, com raras intercalações de rochas como cálcio-xistos, mica-xistos e quartzitos micáceos finos. Os mármores são foliados, sendo que nos mármores impuros observam-se micas que se desenvolvem paralelamente aos planos de estratificação ou foliação de transposição, o que os diferencia dos mármores da Formação Votuverava.

A Folha de Guapiara, mapeada por Takahashi et alii (1984), apresenta a coluna litoestratigráfica representada da base para o topo por:

- Embasamento Arqueano: constituído pelas Suítes Metamórficas Santana e Apiaí-Mirim, com "augen" gnaisses, milonito gnaisses, hornblenda gnaisses, biotita-xistos "gnaissóides" e intercalações de anfibolitos;

- Proterozóico Médio: representado pelo Grupo Setuva-Faixa Água Clara, é constituído de carbonato-xistos com associações subordinadas de metacalcários calcíticos a dolomíticos, micaxistos, metabasitos e filitos. Intercalados ocorrem metassiltitos, sericita xistos e metabasitos;

- Proterozóico Superior: é representado pelo Grupo Açungui-Formação Votuverava, sendo constituído por metassedimentos (metacalcários, metassiltitos, gorutubitos) correlacionáveis com os que ocorrem entre as cidades de Apiaí e Iporanga.

Bistrichi et alii (1985) apresentam como resultado do mapeamento efetuado nas Folhas Araçaiba e Barra do Chapéu um coluna litoestratigráfica constituída da base para o topo por:

- Complexo Pré-Setuva de idade arqueana: encontra-se representado por ortognaisses de composição variada (granítica e granodiorítica, sienítica a quartzomonzogábrica) e gnaisses parcialmente migmatizados;

- Complexo Setuva do Proterozóico Inferior: constituído por metassedimentos migmatizados, micaxistos, quartzo-micaxistos, quartzitos, anfibolitos básicos a ultrabásicos e diorito gnaisses. Rochas cálcio-silicáticas, cálcio xistos, carbonatos impuros, com intercalações de metabasitos, quartzitos e xistos diversos.

Theodorovicz et alii (1986) no mapeamento das folhas Engenheiro Maia e Ribeirão Branco, reconhecem o Complexo Apiaí-Mirim em continuidade às rochas identificadas nas Folhas de Capão Bonito e Guapiara. Sobrepostas ocorrem rochas pertencentes à Formação Água Clara, do Grupo Setuva, correlacionáveis à Faixa Água Clara de Takahashi et alii (op. cit.) e também correlacionáveis aos litótipos do Complexo Setuva, mapeados por Bistrichi et alii (op. cit.).

Através da associação clorita-biotita-muscovita-quartzo ou clorita-tremolita-albita, quartzo, Pontes (op. cit.), conclui que o metamorfismo atingiu o grau fraco de Winkler (1977) para as metamargas, e a parte inferior do grau médio para as rochas básicas-intermediárias, devido à presença dos minerais andesina-hornblenda. A este evento associou-se a 1ª fase de deformação, gerando dobras isoclinais, em geral rompidas e com intensa transposição da estrutura S_0 reliquiar. Na região de São Domingos e São Silvestre essas dobras apresentam planos axiais subhorizontais. Pontes (op. cit.) identificou mais duas fases subseqüentes, uma de eixos orientados para NE-SW, dobras apertadas a localmente isoclinais com planos axiais subverticais e a última fase corresponderia a dobras abertas com clivagem de fratura plano-axial, de direção NW-SE e mergulho subvertical.

O maciço Catas Altas de Hasui et alii (1984b), é constituído por rochas granitóides (Complexo Três Córregos) e supracrustais do Grupo Setuva (Água

Clara), que apresentaram durante o Ciclo Brasileiro um comportamento rígido em relação às rochas do Grupo Açungui (Itaiacoca a norte e Votuverava a sul). Como característica principal das rochas do maciço é a intensa deformação de transposição, achatamento, lenticularização, marcante lineação, com deslocamento e fluxo de materiais, dobras intrafoliais tendo ou não xistosidade plano axial, bem como a presença de dobras em bainha. A essa deformação intensa atribuem um evento de cisalhamento simples e dúctil de baixo ângulo de mergulho e posicionam este fenômeno como tardi-arqueano.

Takahashi et alii (1984), na folha Guapiara, consideram que houve três fases de dobramentos para o Grupo Setuva (Água Clara), sendo a primeira fase de caráter isoclinal, atualmente paralela a S_0 , uma segunda com plano axial subvertical e direção NE-SW e, a terceira, caracterizada por suaves ondulações dos eixos das dobras das fases anteriores, e clivagem de fratura com direção NW-SE.

Bistrichi, et alii (1985) reconhecem as três foliações descritas por Pontes (1982), Takahashi, et alii (op. cit.), Chiodi F^o. (1983, 1984), Theodorovicz et alii (1986), para a Formação Água Clara, e apresentam um detalhado estudo petrológico das paragêneses minerais, de cada litótipo, associadas às foliações desenvolvidas. Este estudo permitiu a determinação de dois eventos metamórficos regionais e um processo de migmatização, que atingiram o grau médio a início de grau forte de Winkler (1977).

Ao estudar a Formação Água Clara na região de Araçuaia, Almeida (1989) admite a idade de deposição ao Proterozóico Inferior. A mesma formação é composta por dois pacotes litológicos principais, a leste por rochas calcio-silicáticas e metacarbonáticas impuras, e a oeste constituída por rochas calcio-silicáticas, cálcio-xistos, quartzitos finos, metabásicas e, localmente, metaultrabásitos. A primeira seqüência é carbonática e a segunda é de sedimentos com rochas vulcânicas subordinadas.

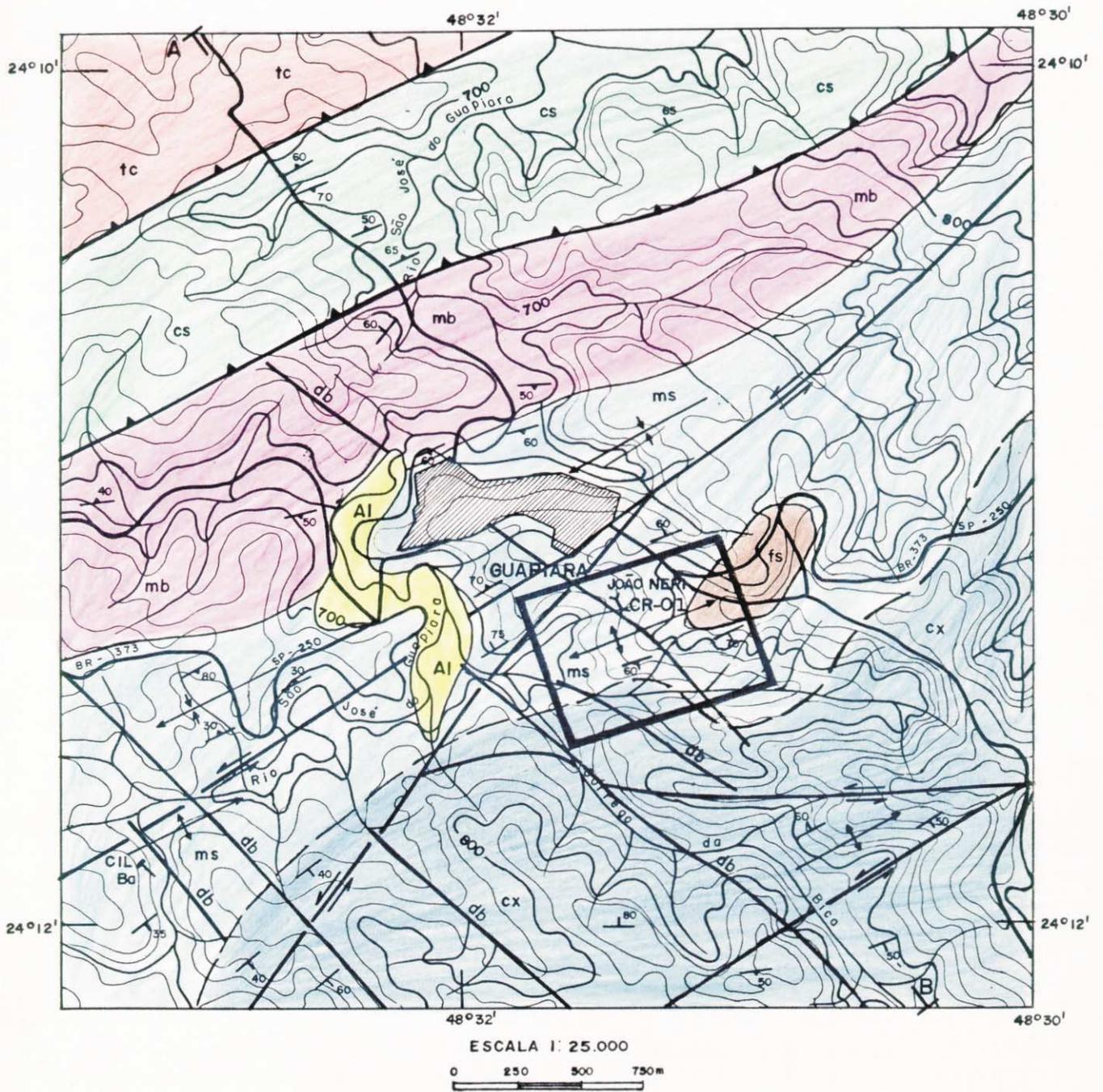
Reis Neto (1994) apresenta a idade 1980 m.a. (admitindo erro de ± 252 m.a.) através do método Pb/Pb em metadolomito da Formação Água Clara.

A estratigrafia da Faixa de Dobramentos Apiaí, no Vale do Rio Ribeira, tem sido nos últimos anos muito discutida. Para vários pesquisadores que atuam na região, as rochas que compõem o Grupo Setuva de idade atribuída ao Proterozóico Médio, são caracteristicamente vulcano-sedimentares, assentadas sobre um embasamento gnaissico (Complexo Apiaí-Mirim) e hospedam mineralizações sulfetadas singenéticas do tipo Perau. As do Grupo Açungui são predominantemente sedimentares, de idade brasileira e abrigam mineralizações sulfetadas filoneanas epigenéticas do tipo Mina do Rocha (Furnas, Lajeado).

Na região de Guapiara, próxima ao depósito João Néri, (Fig. 4), ocorrem tipos litológicos representados da base para o topo por rochas calcio-silicáticas (cs), metabásitos (mb), metacalcários silicosos (ms), metacherts (mch), quartzo-sericita-carbonato xistos (cx), filitos e sericita xistos (fs), Complexo Granítico Três Córregos (tc), diques de diabásio (db) e aluviões recentes (al).

Todas as rochas com carbonatos supracitados de uma forma geral pertencem ao Grupo das calcio-silicáticas. Entretanto, para fins deste trabalho, achou-se por bem, distinguir (meso e microscopicamente) os seguintes termos que no campo representam unidades mapeáveis (fig. 4): rochas calcio-silicáticas com < 5% de carbonatos; quartzo-sericita-carbonato xistos com proporções variáveis de carbonatos (até 60%) e minerais micáceos (até 30%) e metacalcários silicosos com > 90% de carbonatos.

Fig. 4 - MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DO DEPÓSITO JOÃO NERI



LEGENDA

- | | | | | | |
|--|-----------------------------------|--|--|---|-----------------------------|
| QUATERNÁRIO | | | | Zona de cavalgamento ductil-ruptil | |
| MESOZÓICO | | | | Zona de cisalhamento de alto angulo de mergulho ductil-ruptil de movimentação sinistral | |
| | Diabásios | | Ocorrência mineral | | Perfil geológico |
| PROTEROZÓICO SUPERIOR | | | Foliação S_1 | | Acamamento medido (S_0) |
| | Complexo Granítico Três Córregos | | Curvas de nível | | Anticlinal |
| PROTEROZÓICO MÉDIO/GRUPO SETUVA | | | Drenagem | | Sinclinal |
| FORMAÇÃO ÁGUA CLARA | | | Estrada | | Contato definido |
| | Filito e sericita-xistos | | Cidade | | Contato aproximado |
| | Quartzo-sericita-carbonato-xistos | | Área de pesquisa do depósito João Neri | | CR-01 João Neri |
| | Metacalcários silicosos | | | | |
| | Metabasitos | | | | |
| | Rochas calcio-silicáticas | | | | |



4.2 - Rochas Calcio-silicáticas (cs)

As rochas calcio-silicáticas afloram bordejando a faixa sudeste do Complexo Três Córregos, em contato brusco, representado por zona de cavalgamento de NW para SE, o qual se processou num estado ductil-ruptil, com dobras de flancos invertidos e rochas brechadas (Fig. 4 e 5).

O contato com as rochas metabásicas próxima à cidade de Guapiara é, também, por cavalgamento, entretanto 8 km a NE do depósito João Néri no bairro dos Pinheiros, pode-se observar em afloramentos o término da extremidade norte do corpo de rochas metabásicas de forma interdigitada com as rochas cálcio-silicáticas e metacalcários silicosos. Observa-se, também, que as rochas calcio-silicáticas encontram-se sotopostas em contato normal com as metabásicas e depois com os metacalcários silicosos.

As rochas calcio-silicáticas apresentam espessura em torno de 400 m na região de Guapiara e se estendem por mais de 100 km, em geral, bordejando a porção sul do Complexo Granítico Três Córregos, desde Capão Bonito até a sul de Apiaí. Apresentam como característica principal o persistente bandamento de espessura centimétrica, com granulação fina e coloração esverdeada, que por vezes chega a lembrar os grotubitos (Barbosa, O. 1941) da região de Apiaí. Exibem intercalações de espessuras decimétricas de metacherts, calcio-xistos, mármore e metabasitos.

Os corpos de rochas calcio-silicáticas apresentam-se constituídas principalmente por diopsídio (60%), actinolita-tremolita (30%) e flogopita (15%) em quantidades variáveis, sendo comum a presença de quartzo e plagioclásio. Subordinadamente ocorrem clorita, carbonato, epidoto, titanita, apatita e granada. Estas bandas quando são constituídas predominantemente por diopsídio, apresentam textura granoblástica. Quando são constituídas por actinolita-tremolita a textura é nematoblástica e, por vezes, quando predomina flogopita, a textura é lepidoblástica.

4.3 - Metabasito (mb)

A rocha em questão, denominada genericamente de metabásica, apresenta-se como um corpo de espessura em torno de 500 m e extensão de várias dezenas de quilômetros. Aflora a noroeste do depósito João Néri, sotoposto, tectonicamente, às rochas calcio-silicáticas através de cavalgamento e, normalmente, sob os metacalcários silicosos (fig. 5).

As observações de campo mostram que no centro do corpo a rocha exhibe granulação grossa, coloração verde escura, não está foliada e apresenta textura ofítica, típica de rocha intrusiva. Nas bordas a granulação é média-fina, a coloração é cinza esverdeada, com desenvolvida foliação, concordante com a foliação regional. A diminuição de granulação, e demais mudanças texturais (ofítica, nematoblástica) e mesmo mineralógicas é atribuída primeiramente ao rápido resfriamento das partes da borda do corpo e em seguida ao tectonismo atuante na região.

Apresenta-se em geral, constituído pelos minerais hornblenda (50%) e plagioclásio (andesina-oligoclásio) (35%). Subordinadamente tem-se quartzo (5%),

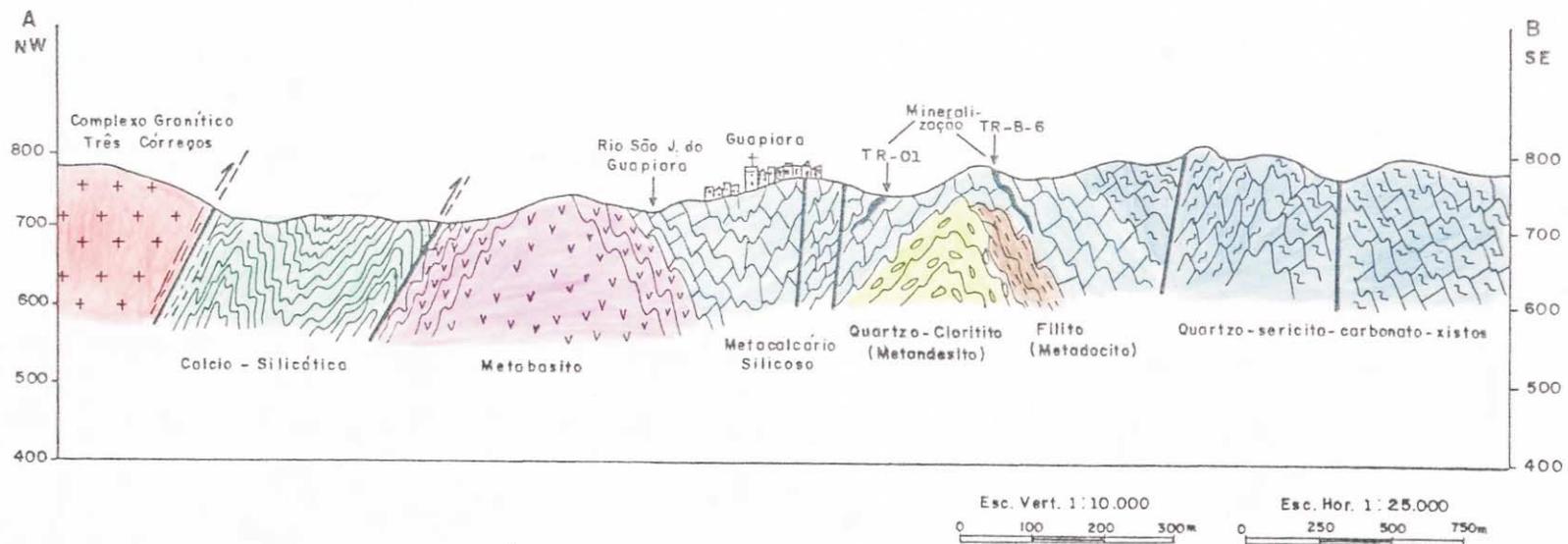


Fig. 5 – Perfil Geológico da Área do Depósito João Neri

epídoto (5%), apatita, titanita, zircão, e, sericita como produto de saussuritização do plagioclásio. A textura em geral é granoblástica e, quando foliado, nematoblástica. Uma amostra, do centro do corpo, de granulação grossa, apresenta ainda textura ofítica relíctica dos gabros. A hornblenda é anhédrica, muito abundante, tendo carácter mais sódico e em muitos casos apresenta-se poiquilítica com inclusões de apatita e quartzo, a andesina se apresenta na forma de ripas, às vezes com geminação Carlsbad-Albita. Uma amostra da borda do corpo mostra coloração castanha, granulação fina, foliada, sendo constituída principalmente, por tremolita (com algum resquício de hornblenda) (60%) e subordinadamente plagioclásio (25%), quartzo (5%), opacos (3%), clorita, flogopita (5%), óxidos de ferro e argilominerais.

4.4 - Metacalcários silicosos (ms)

Estas rochas ocorrem de forma lenticular com espessura em torno de 200 metros, provavelmente por toda a extensão da Formação Água Clara, sobrepostas ao corpo de metabásica aflorante a noroeste do depósito João Néri e sotopostas aos quartzo-sericita-carbonato xistos (cx).

Intercalações de metacherts mineralizados a Pb, Zn, Ba e Ag, assim como filitos e sericita xistos ocorrem de forma subordinada.

Em geral, constituem-se em bandas carbonatadas centimétricas calcíticas, dolomíticas, micáceas e silicosas, com a predominância das bandas silicosas.

Apresentam coloração cinza e, conforme a banda observada, a granulometria varia de média a fina. Como um todo mostram textura granoblástica predominante, o S_0 mostra-se bem marcado com S_1 oblíquo e por vezes todo transposto paralelizando a S_0 . Os minerais principais são carbonato (50-95%), quartzo (10-45%), flogopita (1-40%) e os acessórios muscovita, sericita, zircão, clorita, titanita e opacos.

Ao microscópio foi difícil distinguir o tipo de carbonato, entretanto em algumas lâminas delgadas pode-se estimar uma percentagem média de 70% constituída de calcita e 15% por dolomita. As amostras reagem ao HCl (12%) à frio. Estas observações sugerem que a maioria das rochas carbonáticas desta unidade se enquadram no grupo dos metacalcários dolomíticos.

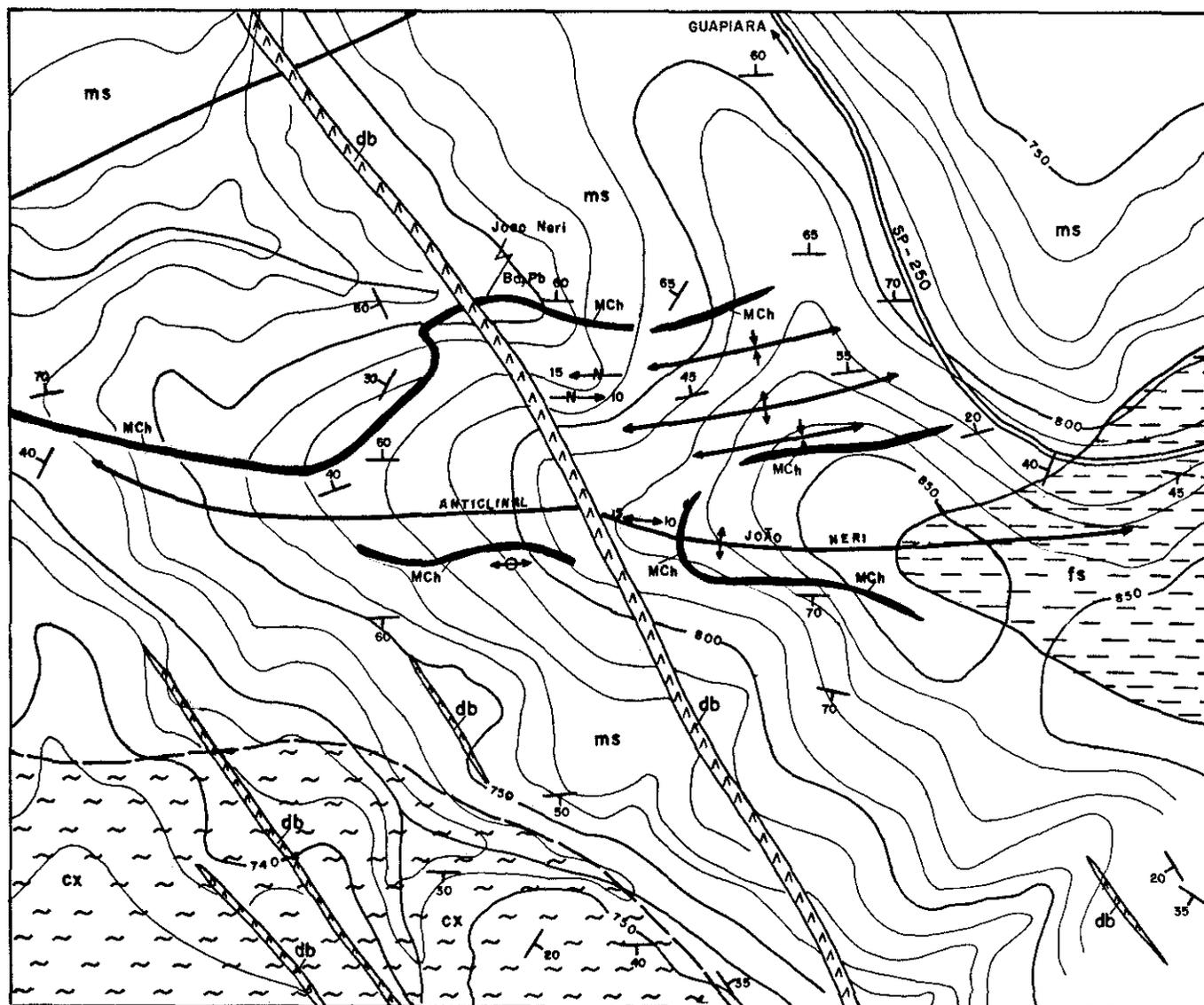
4.5 - Metacherts (mch)

Estas rochas apresentam-se intercaladas concordantemente com os metacalcários silicosos, acompanhando um dobra antiformal na área do depósito João Néri (fig. 5 e 6), formando lentes com espessuras de até 5 metros, e extensão de centenas de metros. A cerca de 10 km a NE no bairro dos Pinheiros, este tipo de rocha também foi encontrada mineralizada a sulfetos de Pb, Zn e Fe.

Ocorrem em dois horizontes principais separados entre si por cerca de 15 metros de rochas estéreis e em pequenos níveis decimétricos encaixados nos metacalcários e em corpo de barita.

O metachert é a encaixante da mineralização de Zn, Pb, Ag e Cd do depósito João Néri. Apresenta granulometria fina, coloração cinza quando fresco e amarelada quando alterado, sendo composto essencialmente por quartzo (40 a 95%) em proporções variáveis com carbonato (20 a 70%) e subordinadamente por margarita, flogopita e opacos.

Fig. 6 — MAPA GEOLÓGICO DO DEPÓSITO JOÃO NERI



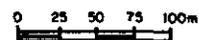
LEGENDA

- Diques de diabásios
- Quartzo-sericita - carbonato-xistos com intercalações de metacalcários e filitos
- Filitos e sericita xistos
- Metacherts com mineralizações Pb, Zn, Ag e Ba
- Metacalcários silicosos

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Contato definido
- Contato aproximado
- Acamamento com mergulho
- Braquianticlinal
- Braquisinclinal
- Eixo de dobra Z
- Lineação horizontal
- Eixo de dobra com caimento medido.
- Falha

ESCALA - 1: 5.000



A origem deste litotipo não ficou clara no estudo microscópico, entretanto a associação com carbonatos, barita e sulfetos e a granulometria muito fina (da ordem de 1 micra) sugerem a deposição química e a designação de metachert carbonático.

4.6 - Filitos e sericita-xistos (fs)

Ocorrem em intercalações lenticulares decamétricas nos metacalcários silicosos e nos quartzo-sericita-carbonato xistos.

Mesoscopicamente apresentam coloração cinza escura e granulometria fina. Ao microscópio revelam textura lepidoblástica, por vezes nematoblástica, sendo constituídos de diversas associações minerais, incluindo sericita, muscovita, flogopita, clorita, biotita, quartzo e subordinadamente granada, cloritóides, turmalina e opacos.

Fora da área de estudo ocorrem, adicionalmente, grafita-xistos, filitos grafitosos e metarenitos, também de forma lenticular, com espessuras de dezenas de metros, encaixados concordantemente nas rochas da Formação Água Clara.

4.7 - Quartzo-sericita-carbonato-xistos (cx)

Este litótipo ocorre a sul do depósito João Néri, sobreposto aos metacalcários silicosos, também de forma lenticular e diferindo destes apenas no maior conteúdo de pelitos, em geral denominados de calcio-xistos.

No pacote, como um todo, predominam ainda os termos carbonáticos, mas com maior frequência ocorrem os termos puramente pelíticos em intercalações decimétricas.

As rochas de maior expressividade são representadas por quartzo-sericita-carbonato xistos de coloração cinza e granulometria de fina a média. Ao microscópio revelam-se com textura granolepidoblástica xenomórfica, xistosidade desenvolvida, e constituídas pelos minerais carbonato (30%), sericita (40%), quartzo (20%), muscovita (5%), clorita, flogopita, tremolita em diversas associações paragenéticas e, subordinadamente, por titanita, zircão, apatita, leucoxênio, rutilo e opacos.

4.8 - Complexo Granítico Três Córregos (tc)

As rochas deste complexo afloram cerca de 2 km a NW do depósito João Néri, cavalgando em alto ângulo (70°) as rochas calcio-silicáticas da Formação Água Clara (Fig. 4 e 5).

Segundo Hasui et alii (1984b) o tipo mais comum apresenta megacristais de feldspatos róseos ou brancos, salientados na matriz cinza escura. A matriz tem granulação média, apenas ocasionalmente fina ou grossa, e se constitui por quartzo, microclínio, oligoclásio, biotita e hornblenda. Como acessórios inclui apatita, titanita, zircão, ilmenita e minerais opacos. Parte da biotita, assim como clorita, sericita, epidoto e carbonatos são produtos de alteração (biotitização de anfíbolio, cloritização de máficos, saussuritização de plagioclásio e sericitização de feldspatos). Os megacristais são de microclínio, idiomórficos ou subdiomórficos,

geralmente em geminados segundo a lei Carlsbad. Eles apresentam inclusões de biotita, quartzo e plagioclásio indicativos de seu crescimento tardio. As dimensões desses megacristais variam, sendo normalmente centimétricas, vez ou outra ultrapassando um decímetro e, geralmente não tem orientação preferencial, a não ser localmente.

Gimenez F^o (1993) apresenta dados Rb/Sr em rocha total, que apontam para o Complexo Três Córregos idades entre 665 e 750 m.a. para granitóides orientados. Para corpos intrusivos mais diferenciados desta faixa (suite pós-tectônica) datações K/Ar apontam idades entre 560 e 590 m.a.

4.9 - Intrusivas básicas (db)

Na área em questão ocorrem inúmeros diques de rochas básicas de espessuras variadas, de 1 até 10 metros, e extensão de mais de 850 metros, sendo em geral, subverticais e com direção NW, discordantes da foliação regional.

Algarte et alii (1972) considerando a alta incidência de diques na região de Guapiara, definiram a uma larga estrutura linear, bastante extensa e profunda, denominada "Fissuramento Guapiara", à qual estariam relacionados também o condicionamento e o posicionamento de diversos corpos alcalinos do estado de São Paulo (Jacupiranga, Serrote, Pariquera-Açu).

Em geral verifica-se que os diabásios constituem os litótipos predominantes, embora localmente exibem variações na granulação para termos grossos, determinando designações de gabro. Ostentam coloração negra-esverdeada, estrutura maciça, granulação fina a média, sendo constituídos pelos minerais labradorita, augita, opacos e pigeonita; como constituintes menores e acessórios ocorrem biotita, ortoclásio, quartzo e apatita e, como destaque, apresentam elevado grau de magnetismo.

4.10 - Aluviões recentes (al)

Os depósitos aluvionares recentes, de dimensões reduzidas, distribuem-se acompanhando o ribeirão São José de Guapiara. Apresentam-se constituídos por materiais extremamente mal selecionados onde se misturam argilas, areias e cascalhos, que incluem aleatoriamente seixos e fragmentos de dimensões variadas, formando coberturas superficiais inconsolidadas.

4.11 - Ambiente deposicional

Almeida (1989) ao estudar a Formação Água Clara na região de Araçaiaba, localizada aproximadamente a 30 km a SW do depósito João Néri, propõe que os metasedimentos da referida formação iniciam a deposição com o desenvolvimento de fossa oceânica a NW e plataforma continental a SE, sugeridas pela presença de mármores dolomíticos a calcíticos impuros, arenosos, intercalados em rochas cálcio-silicáticas na porção SE. Rumo a NW observa-se a presença de cálcio-silicáticas com intercalações de xistos aluminosos, cálcio-xistos, quartzitos finos, metabasitos.

A Formação Água Clara ocorre de forma alongada segunda a direção NE, por uma extensão de mais de 200 km e largura em torno de 30 km, constituída por rochas metavulcano-sedimentares. Os contatos com unidades mais antigas (embasamento) e mais novas (Grupo Açungui) são em geral, por grandes lineamentos tectônicos (Falha do Espírito Santo) sugerindo um condicionamento associado a falhamentos profundos em ambientes distensivos. A presença de rochas vulcânicas (metandesito, metadacito, metabasicas) também podem ser diagnosticas de desenvolvimento de bacia deposicional em ambientes distensivos.

A diminuta área de estudo do depósito João Néri não permite maiores considerações a respeito do ambiente deposicional, entretanto a presença de rochas carbonáticas impuras, calcio-silicáticas a NW, os quartzo-sericita-carbonatistas à SE (Fig. 4), e no centro os metacalcários silicosos (termos menos impuros) permitem sugerir que estes últimos depositaram-se num ambiente restrito (sub-bacia) de plataforma, (atestado pelas estratificações cruzadas encontradas fora da área de estudo).

4.12 - Geologia Estrutural

Os metamorfitos que ocorrem na região encontram-se intensamente dobrados e cisalhados. As dobras apresentam eixos N50E com caimentos de 10-60° para NE e SW, com redobramentos suaves na direção NW dando à área um padrão de dobras do tipo "caixa de ovos" ou "domos e bacias". Ocorrem dobras desde aquelas fortemente fechadas e de grande amplitude àquelas suaves e de pequena amplitude, podendo estas feições serem explicadas pela grande heterogeneidade dos constituintes litológicos, os quais respondem de forma distinta aos esforços a que foram submetidos.

A região foi afetada por três processos deformacionais conforme já descrito por Almeida (1989). Na área de estudo o D₁, de natureza dúctil em regime tectônico compressivo é representado por cavalgamentos de NW para SE, originando a superfície S₁, anastomosada, de direção N40 - 60E e mergulhos para SE, paralela ao bandamento S₀, e gerando dobras fechadas, por vezes com flancos invertidos e ápices espessados. Essa deformação encontra-se impressa na porção NW da área, principalmente nas rochas calcio-silicáticas que apresentam vergência para SE.

Uma segunda deformação, D₂, de natureza dúctil, se processou num regime transpressivo relacionada a zonas de cisalhamento transcorrentes, com movimentação sinistral, gerou uma foliação milonítica S₂, também NE, fazendo um pequeno angulo com S₁ e mergulho acentuado. Na foliação S₂, encontra-se embutida em seus planos uma lineação de estiramento mineral subhorizontal, a qual analisada com critérios de assimetria, tais como pares S/C e de rotações de porfiroclastos, revela uma movimentação sinistral para as transcorrências (Almeida op. cit.). Relacionadas a D₂ ainda ocorrem dobras sintranscorrentes, fechadas a abertas, com plano axial vertical. Esta deformação predomina principalmente na porção central da área, onde se encontra o depósito e em geral a foliação S₂ é do tipo plano-axial.

O terceiro processo (D₃) é representado por uma clivagem de crenulação S₃, de direção NW, cruzada aos primeiros, aos quais impôs nas estruturas preexistentes, ondulações nos eixos das dobras, configurando estruturas tipo domo e bacia.

Takahashi (1984) caracteriza para a região três sistemas de falhas: o sistema ENE do tipo transcorrente com movimentação destal; o sistema NNE também transcorrente com movimentação sinistral, e o sistema de juntas NW. Na área do depósito João Néri tem-se o sistema NNE e o NW, o primeiro de grande importância, atualmente interpretado como zonas de cisalhamento ocorridas em estado dúctil e/ou ruptil (provavelmente a D_2 descrito acima), separa a Formação Água Clara a noroeste do Complexo Três Córregos e a sudeste (falha do Espírito Santo) do Grupo Açungui. O segundo é de idade mesozóica e está relacionada ao evento Sul-Atlântico de fraturas que em geral, encontram-se preenchidas por diabásios e gabros.

É comum na região a ocorrência de feições de completa transposição para direção NE dos acamamentos originais da rocha, constituindo-se em excelentes exemplos de rochas miloníticas.

Estruturas primárias como estratificação cruzada e camadas gradacionais são raramente observadas, e quando encontradas indicam que os pacotes de rochas se mostram em posição normal. Da mesma forma as feições estruturais de interseção xistosidade/acamamento e de dobras S e Z também, dão a mesma indicação (porção central da área de estudo).

As zonas de cavalgamento assinaladas na parte NNW da área em estudo (Fig. 4), separando o Complexo Granítico Três Córregos das rochas calcio-silicáticas e estas dos metabasitos, provavelmente foram reativadas, pois apresentam registros estruturais de terem ocorridos em estágio dúctil (estiramento e lineação mineral, dobras em bainha) e ruptil (cataclasitos, intenso fraturamento). Apesar destas deformações não estarem impressas na área do depósito João Néri e, conseqüentemente, não tiveram maiores atenções neste estudo, porém, convém alertar que estes cavalgamentos podem estar relacionados com a colocação do Complexo Granítico Três Córregos, ou este complexo é muito mais antigo do que a idade até hoje à ele atribuída.

4.13 - Metamorfismo

O estudo detalhado das rochas encaixantes e do minério do depósito João Néri, através das amostras dos testemunhos de sondagem do furo nº 2, apresentado mais adiante, não foram suficientes para associar as paragêneses minerais metamórficas às deformações impostas às rochas. Assim foi necessário estudar as rochas de composição metapelítica, que ocorrem na Formação Água Clara (próximo ao depósito), que contém minerais índices que proporcionassem as determinações das fácies metamórficas.

A amostra CR-36, localizada no bairro da Fazendinha, 24 km a sudoeste do depósito João Néri, foi classificada como quartzo-muscovita-xisto. Apresenta a assembléia mineral, constituída por quartzo + muscovita + biotita + cloritóide + ilmenita + turmalina, associada à foliação S_1 , indicando condições metamórficas da fácies xisto verde superior. A assembléia mineral constituída por quartzo + muscovita, encontra-se associada a foliação S_2 , podendo representar ainda o fácies xisto verde superior. Os minerais quartzo + clorita encontram-se associados a foliação S_3 (clivagem de crenulação), podendo representar a fácies xisto verde, provavelmente em condições de retrometamorfismo.

A amostra CR-71, localizada no bairro do Capinzal a 16 km a sudoeste do depósito, apresenta assembléia mineral associada à foliação S_1 , constituída por quartzo + granada + biotita, indicativas de condições metamórficas de fácies xisto verde superior a anfíbolito inferior. A foliação S_2 associam-se os minerais quartzo + muscovita + clorita + opacos, indicativos da fácies xistos verdes. A foliação S_3 de características essencialmente rúptil apresenta quartzo + turmalina em pequenas venulações.

A amostra CR-19, localizada no bairro da Fazendinha a 25 km a sudoeste do depósito João Néri, intensamente deformada devido à proximidade da falha do Espírito Santo, foi classificada como quartzo-xisto. Apresenta a assembléia mineral constituído por quartzo + muscovita + turmalina associada a foliação S_1 , em condições metamórficas do fácies xisto verde superior. Na foliação S_2 tem-se quartzo + margarita, que podem representar o fácies xisto verde baixo, em condições de retrometamorfismo provavelmente devido as proximidades da falha referida acima.

A amostra CR-42, localizada no bairro do Pinhal, a 30 km a sudoeste do depósito João Néri, classificada como quartzo-carbonato-xisto, apresenta a foliação S_1 paralela ao acamamento S_0 , com assembléia mineral representada por quartzo + carbonato + margarita + opacos + turmalina, em condições metamórficas xistos verdes superior.

Após o reconhecimento das assembléias minerais relacionadas às três fases deformacionais, S_1 paralela a S_0 , S_2 oblíqua a S_1 e a S_3 perpendicular às anteriores, foi possível associar a foliação S_1 a um evento compressivo de caráter tangencial (baixo ângulo) em estágio dúctil, possivelmente ocorrido no Proterozóico Médio (conforme proposição de Tassinari et alii 1990). A foliação S_2 encontra-se relacionada a um evento transpressivo, em estágio ductil-rúptil, com predomínio de movimentos transcorrentes sinistrais (alto ângulo), com intenso dobramento associado (Proterozóico Superior). A superfície S_3 originou-se provavelmente num ambiente distensivo, em estágio rúptil (dúctil subordinado), provavelmente no final do Proterozóico Superior.

No quadro I é apresentado uma síntese evolutiva à que foram submetidas as rochas e minérios do depósito João Néri ao longo do pré-cambriano.

5 - MINERALIZAÇÕES DE Pb E Zn DO VALE DO RIBEIRA

5.1 - Resenha histórica

A descoberta dos indícios de mineralizações de chumbo de Iporanga data de 1832, (Leonardos 1934), mas somente a partir de 1857, tomou-se conhecimento do valor das jazidas, constituídas por filões localizados nas regiões do Morro do Chumbo, Agudos, Agudinho e Agudos Grandes, e cabeceira do Ribeirão Taquarussu.

A primeira jazida explotada economicamente foi a Mina de Furnas (Fig. 3 e 7), cuja lavra iniciou-se por volta de 1919, sendo o minério constituído por galena argentífera, exportado para a Espanha (Paiva 1929, Leonardos op. cit.).

QUADRO I - Esboço evolutivo da área do depósito João Néri

(modelo proposto para a Área da Mina Perau, conforme Bettencourt & Daitx 1992 e adaptado para a área de estudo)

	Fácies Metamorfismo	Foliações	Elementos Estruturais	Associação Mineral
Proterozóico Superior	xisto verde baixo	$S_3 \perp S_2/S_1 = S_0$	Clivagem de crenulação perpendicular às superfícies anteriores, ondulações nos eixos das dobras S_2	Qz + Cl + Tu + Ca + Ep + Bl ₂ + Pl ₂
	xisto verde	$S_2 / S_1 = S_0$	xistosidade plano-axial de alto ângulo, oblíqua ao bandamento composicional, dobras fechadas a suaves, com tamanhos variados (centímetros a centenas de metros)	Qz + Mu + Cl + Cb + Se + Ma + Ep + Tr
Proterozóico Médio	xisto verde superior anfíbilito inferior	$S_1 = S_0$	bandamento composicional, foliação paralela ao acamamento, dobras intrafoliais, em bainha e estiramento mineral	Qz + Ho + Ad + Mu + Fl + Ma + Cb + Bt + Gd + Tu + Tr + Dp
	deposição dos sedimentos em bacia distensional (rift), ambiente de plataforma, com atividades ígneas e exalações de salmouras mineralizantes.			Ad + Ho + Bt + Qz + Ca + Do + Ar + Py + Pl ₁ + Bl ₁ + Ga + Cc + As

(Ad) andesina, (Ar) argilominerais, (As) arsenopirita (Ba) barita, (Bl₁ e Bl₂) blenda, (Bt) biotita, (Ca) calcita, (Cb) carbonato, (Cc) calcopirita, (Cl) clorita, (Do) dolomita, (Dp) diopsídio, (Ep) epidoto, (Fl) flogopita, (Ga) galena, (Gd) granada, (Hb) hornblenda, (Ma) margarita, (Mu) muscovita, (Pl₁ e Pl₂) pirita, (Py) pirrotita, (Qz) quartzo, (Se) sericita, (Tr) tremolita, (Tu) turmalina.

Segundo Daitx (1985b) as jazidas de Lajeado e Pannels foram descobertas na década de trinta, as do Ribeirão do Rocha no final da década de quarenta. Em 1952 as da área do Paqueiro. No ano de 1969 entrou em operação a Mina da Barrinha e em 1974 foi descoberta e iniciada a lavra a céu aberto da Mina do Perau.

Finalmente no início da década de oitenta foram identificados os depósitos de Araçazeiro, Perau-SW e Canoas (Fig. 3 e 7).

Daitx (op. cit.) apresenta ainda uma retrospectiva sobre o estágio atual dos conhecimentos sobre as mineralizações de Pb-Ag (Zn) do Vale do Ribeira (PR e SP), ressaltando a participação do minério de chumbo do Vale do Ribeira com 25% - 35% da produção nacional durante o período de 1972-1983. Caracteriza dois tipos de mineralizações para as principais jazidas e ocorrências de Pb, Ag (Zn), tipo Pannels ou tipo Mina do Rocha, segundo Chiodi F^o 1984) com as minas Pannels, Rocha, Barrinha, Furnas, Lajeado e Paqueiro e tipo Perau (Chiodi F^o op. cit.) com mina Perau, depósito Perau SW, Canoas, Araçazeiro, Rio do Leite/Itacolomi e Guapiara (João Néri). Apresenta a gênese das mineralizações utilizando os dados dos principais pesquisadores que atuaram na região como: E. P. Oliveira (1925 e 1927), Paiva (1929), G. M. Oliveira (1937), Bastian (1946), Guarany & Velasco

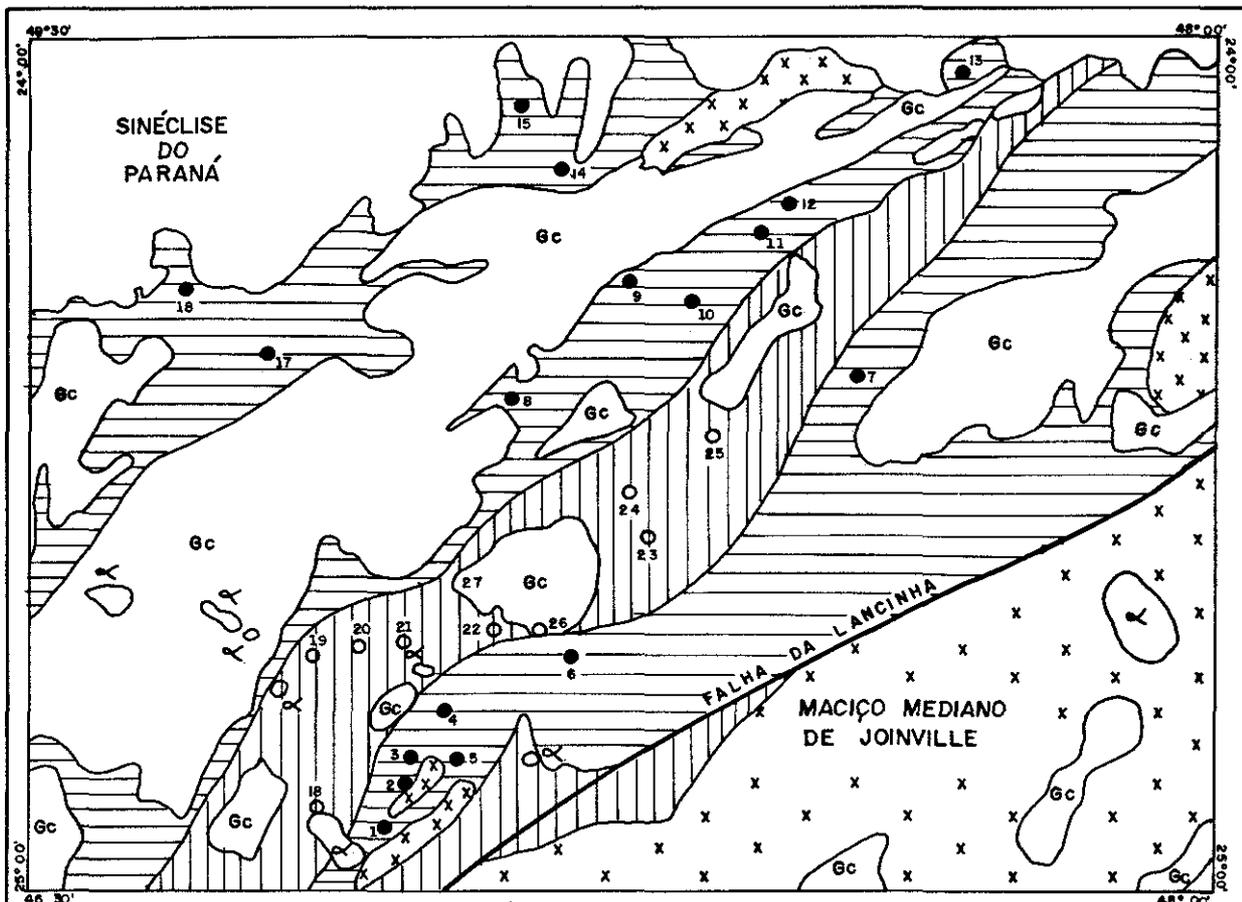


Figura 7 - ESTÁGIOS METALOGENÉTICOS PRINCIPAIS - MINERALIZAÇÕES ASSOCIADAS

a) RIFT MARGINAL (PROTEROZOICO MÉDIO)

b) BACIA EPICONTINENTAL MARINHA (PROTEROZOICO SUPERIOR)

ESTÁGIO a : MINERALIZAÇÕES DOS TIPOS: Pb-Ba-Zn (Cu-Au-Ag) | Fe |

Nº	MINERALIZAÇÃO	LOCAL	Nº	MINERALIZAÇÃO	LOCAL
1	Ba	ÁGUA CLARA	9	Cu	STA. CLARA
2	Cu	TIRIVAS	10	Cu	SAMAMBAIA
3	Pb - Zn - Ba	PERAU	11	Pb	COBRASIL
4	Pb - Zn	CANOAS	12	Ba-Pb	JOÃO NERI
5	Ba	SÃO BENTO	13	Pb-Cu	EITIMBE
6	Pb - Zn - Cu	RIB. DAS MOÇAS	14	Pb	BAIRRO DO ALEGRE
7	Pb - Zn - Cu - Fe	RIB. LEITE	15	Cu	STA. BLANDINA
8	Fe	PIMENTEIRAS	16	Cu	RIO ITARARÉ
			17	Fe	FAZ. CACHOEIRA GRANDE

ESTÁGIO b : MINERALIZAÇÕES DOS TIPOS: Pb (Ag-Au) | Cu-Zn | e F

Nº	MINERALIZAÇÃO	LOCAL	Nº	MINERALIZAÇÃO	LOCAL
18	Pb	TAQUARA LISA	23	Pb	LAGEADO
19	Pb	ROCHA	24	Pb	FURNAS
20	Pb	PAQUEIRO	25	Pb	ESPIRITO SANTO
21	Pb	BARRINHA	26	F	SETE BARRAS
22	Pb	PANELAS	27	F	SALTINHO

NG



~~~~~ Limite das unidades

▨ Estágio a

▨ Estágio b

Gc Rochas graníticas

x x x x Embasamento arqueano (remobilizada ou não) e rochas supracrustais não diferenciadas

⊖ Intrusivas básicas e ultrabásicas alcalinas



(1949), A. F. Barbosa (1955), Melcher (1968), Cassedane (1971), Souza (1972), Fleischer (1976), Souza & Campanha (1977), Odan et alii (1978), Barbour & Oliveira (1979), MMAJ/JICA (1981, 1982 e 1983), Chiodi F<sup>o</sup>. et alii (1982), C. R. Silva et alii (1982), R. B. Silva et alii (1982), Lopes (1983) e Barbour et alii (1984), e Finalmente, com base na história do Vale do Ribeira e nos comentários de Melcher (1960, 1968) e Fleischer (1976), apresenta uma visão negativa quanto o possíveis novas descobertas de depósitos com significativo conteúdo econômico para a região do Vale do Ribeira.

## **5.2 - Idéias genéticas gerais**

Para Algarte et alii (1986) na região da Folha Itararé 1:250.000, ocorreram sete estágios metalogenéticos principais, onde eventos tectono-geológicos e ambientais propiciaram a geração e/ou acumulação e/ou concentração de um grande número de bens minerais. Os períodos ou épocas em que se processaram os mais importantes estágios metalogenéticos foram o Proterozóico Médio, Proterozóico Superior e o Mesozóico (Jurássico-Cretáceo).

É na região situada a norte da Falha da Lancinha, onde estão representadas as Formações Perau, Água Clara e parte da Formação Itaiacoca (Grupo Setuva), do Proterozóico Médio; e Votuverava, Capiuru e Iporanga (Grupo Açungui), do Proterozóico Superior, que localizam-se a grande maioria dos recursos minerais da região do Vale do Ribeira (Fig. 3 e 7). Os principais jazimentos aí encontrados são concentrados em níveis litoestratigráficos específicos, e situam-se preferencialmente, em fácies carbonáticas.

Algarte et alii (op. cit.) caracterizam dois estágios evolutivos para as unidades metalogenéticas do Proterozóico (Fig. 7). Estágio Rift Marginal, onde predominam marcadamente concentrações do tipo chumbo-bário-zinco (prata-cobre-ouro) associadas a formações ferríferas. São mineralizações estratiformes de natureza vulcano-exalativa-sedimentar, estratigraficamente controladas (situam-se acima de um nível guia quartzítico basal) e podem ser acompanhadas no terreno ao longo de mais de 150 km. A gênese desses depósitos deu-se através de sistemas exalativos, provavelmente acompanhando falhamentos profundos, síncronos ao desenvolvimento da bacia (C.R. Silva et alii, R.B. Silva et alii 1982).

No Estágio Bacia Epicontinental Marinha forma-se a mais conhecida província mineralizada do Vale do Ribeira, englobando número superior a uma centena de indícios, ocorrências e minas de chumbo, a qual situa-se na Faixa Carbonática Central (Formação Votuverava de Bigarella e Salamuni 1958). As mineralizações plumbo-argentíferas são possivelmente epigenéticas. Seus processos de formação poderiam estar ligados a remobilizações e redeposição em fraturas, falhas, zonas de menor pressão e/ou barreiras litológicas, para onde teriam migrado as soluções contendo os metais singeneticamente depositados em horizontes específicos das seqüências carbonáticas. Nos processos de remobilização interagiram os esforços orogênicos, com a colocação de granitos intrusivos, o desenvolvimento de falhas e a presença e circulação de águas conatas e meteóricas, propiciando as condições necessárias para a formação das soluções hidrotermais conforme já assinalaram R.B. Silva et alii (op. cit.) e Chiodi F<sup>o</sup> et alii (1982).

### **5.3 - Descrição sumária dos depósitos minerais de Pb, Zn e Cu**

#### **a) Mina do Perau**

O depósito de Pb-Zn-Ag (Cu, Ba, Fe) da mina do Perau foi descoberto em 1974, durante os trabalhos de avaliação da mineralização de cobre ali presente. A lavra iniciou-se no mesmo ano, a céu aberto até 1977, quando passou a ser subterrânea, existindo atualmente quatro galerias principais (G1, G2, G3 e G4) e diversos subníveis e chaminés. Apresenta a reserva total de 922.166 t de minério com teor de 7,5% de Pb e 75 g/t de Ag.

A área da mina do Perau é constituída por rochas da Formação Perau do Grupo Setuva, representadas por quartzitos sobrepostos a rochas Pré-Setuva, seguidos por rochas carbonáticas (que contém a mineralização) e mica-xistos com intercalações de anfibolitos (metavulcânicas). A seção litoestratigráfica da área da mineralização encontra-se ilustrada na figura 8.

O corpo de minério do Perau, encontra-se confinado a um horizonte concordante com as rochas encaixantes, posicionado próximo ao topo do pacote de rochas carbonáticas, entre um nível de barita (capa), que às vezes contém minério disseminado, e uma lente de filito grafitoso (lapa).

A distribuição, tamanho e estrutura do corpo de minério variam ao longo do horizonte mineralizado. Os bolsões (lentes) de minério rico (bonanzas), maiores que 1m de espessura, apresentam-se controlados estruturalmente, pois a direção destes bolsões, "plunge", é N45E e com mergulhos de 10 a 20° grau para SW, coincidente com os eixos das dobras regionais (S<sub>1</sub>).

Os tipos principais de minérios são maciço, brechado e disseminado, podendo ocorrer de forma conjunta ou separadamente. A assembléia mineral é representada por galena, esfalerita, calcopirita, pirita, pirrotita, cerussita, smithsonita, piromorfita, goetita, marcassita, tetraedrita, barita e quartzo.

O corpo de minério é encaixado por rochas carbonáticas impuras, aqui denominadas de cálcio-silicáticas, bem como por mica-quartzo-carbonato-xistos, metacalcários, metadolomitos, metacherts e sericita-xistos (tufos ácidos ?).

Apesar de haver concordância entre vários autores no que se refere a uma origem singenética para o minério do Perau, existe ainda, alguma polêmica quanto ao modelo mineralizante que melhor explique a formação do depósito (Silva et alii 1988). Assim Veiga & Salomão (1980), Batolla Jr. et alii (1981) e Fritzsos et alii (1982), são adeptos de um modelo vulcanogênico, enquanto que C.R. Silva et alii e R.B. Silva (1982) preferem uma origem vulcano-exalativa sin-sedimentar. Outros, ainda, atribuem a mineralização uma origem essencialmente sedimentar (Barbour & Oliveira 1979).

#### **b) Mina do Rocha**

A mina do ribeirão do Rocha, localiza-se junto à drenagem que marca o limite entre os municípios de Cerro Azul e Adrianópolis, no Estado do Paraná, distando cerca de 24 km da cidade de Adrianópolis. Segundo Daitx (1985b) a mina do Rocha produziu, até 1980, cerca de 577.643 t de minério e 33.754 t de chumbo, sendo que a reserva medida em 1984 era de 132.000 t de minério. Os teores de chumbo variam de 5 - 7% e de prata de 100 - 130 g/t.

| Idade                            | Formação                | Seção Colunar | Descrição Litológica                                                                                                                                                      | Observação                                 |
|----------------------------------|-------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Proterozóico Médio               | Formação Perau          |               | Micaxistos                                                                                                                                                                | Faixa do Ribelrão Grande                   |
|                                  |                         |               | Anfibolitos                                                                                                                                                               |                                            |
| Proterozóico Inferior e Arqueano | Embascamento Pré-Setuva |               | Grafito xistos intercalados c/ anfibolitos                                                                                                                                | "Zona da Magnetita"<br>"Zona Mineralizada" |
|                                  |                         |               | Calcio-xisto                                                                                                                                                              |                                            |
| Proterozóico Inferior e Arqueano | Embascamento Pré-Setuva |               | Anfibolito                                                                                                                                                                | "Zona da Magnetita"<br>"Zona Mineralizada" |
|                                  |                         |               | Micaxistos intercalados c/ Anfibolitos                                                                                                                                    |                                            |
| Proterozóico Inferior e Arqueano | Embascamento Pré-Setuva |               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formação Ferrífero</li> <li>• Horizonte c/ Barita</li> <li>• Horizonte Mineralizado</li> </ul> Metacalcáreos e Calcissilicatados | "Zona da Magnetita"<br>"Zona Mineralizada" |
|                                  |                         |               | Quartzito com Anfibolito Intercalado                                                                                                                                      |                                            |
| Proterozóico Inferior e Arqueano | Embascamento Pré-Setuva |               | Gnaisses Pré-Setuva                                                                                                                                                       |                                            |

Fig. 8 - Coluna geológica na área da mina do Perau, modificado de MMAJ/JICA (1982).

Os corpos mineralizados filonianos estão alojados em uma lente de metadolomitos, com extensão aproximada de 3 km (na direção NE-SW), espessura máxima da ordem de 250 m e altura (largura) superior a 400 m. Esta lente faz parte de um pacote de rochas carbonáticas da Formação Votuverava, composta principalmente por metacalcários calcíticos (não mineralizados), estruturados localmente como homoclinal, com fortes mergulhos para SE.

Ao longo da lente dolomítica existem áreas com concentração de filões, denominadas de SW para NE, de São Francisco Basseti, Gaveta, Egara, Esperança e Matão (Fig. 9). Os filões ocorrem preferencialmente ao longo de fraturas, mas também em falhas, com direção predominante NNW-SSE, em geral, discordantes da estruturação das camadas encaixantes (NE-SW).

Segundo Daitx (op. cit.) foram explotadas cerca de três dezenas de filões, apresentando dimensões muito variáveis: comprimento entre 30 e 350 m, largura entre 10 e 300 m, e espessura entre 0,05 e 2 m (com média inferior a 0,30 m). A mineralogia dos filões mostra principalmente galena e pirita, com pequena participação de calcopirita, pouco quartzo e rara fluorita; pirrotita, tetraedrita, covelita, arsenopirita, estanita e calcocita são participantes ocasionais do minério.

Os depósitos do tipo Rocha foram inicialmente considerados como sendo de filiação magmática. Chiodi F<sup>o</sup> et alii (1982), R.B. Silva et alii (1982) e MMAJ/JICA (1982), mudaram esse conceito admitindo que os metais estariam, inicialmente, contidos nos sedimentos do próprio pacote carbonático ou em níveis inferiores; em um evento posterior ao dobramento da seqüência, os metais teriam sido incorporados e carregados por soluções hidrotermais (salmouras), para zonas de alívio de pressão, representadas por fraturas, onde foram concentrados e redepositados, originando assim o depósito do Rocha. Este evento, para estes autores, estaria ligado às intrusões graníticas pós-tectônicas que ocorrem na região, as quais seriam as responsáveis pela ativação da circulação convectiva das salmouras contidas nos sedimentos.

Os depósitos de Panelas e Barrinha também foram classificados como do tipo Rocha, entretanto, surgiram dúvidas a esse respeito. Os dados relatados por Fleischer (1976) e Odan et alii (1978) do depósito de Panelas, onde foram detectados horizontes delgados e extensos com microteores da ordem de 0,1 a 0,5 % de Pb, intercalados concordantemente nos metacalcários, permitem reclassificar esta jazida como sendo (pelo menos em parte) do tipo estratiforme remobilizado. Para a mina da Barrinha, Barbour et alii (1984), consideram a mineralização como estratiforme, resultante da deposição de salmouras metalíferas hidrotermais, no piso oceânico, e revelam a presença junto às mineralizações de formações ferríferas das fácies sulfeto (pirita) e carbonato (ankerita). Estes dados, associados à suspeita de a encaixante pertencer à Formação Água Clara (Soares 1987), indicam a possibilidade de estes depósitos serem do tipo Perau.

#### **5.4 - Potencial Mineral da Formação Água Clara**

A potencialidade econômica da Formação Água Clara foi estudada por Pontes (1982) no Estado do Paraná, que destaca boas possibilidades para a ocorrência de depósitos de metais base (inclusive Au) na fácies vulcano-sedimentar, com base no modelo exalativo-sedimentar (Sawkins 1976; Hutchinson 1977 e Evans 1980). Este potencial encontra-se embasado nas seguintes características:

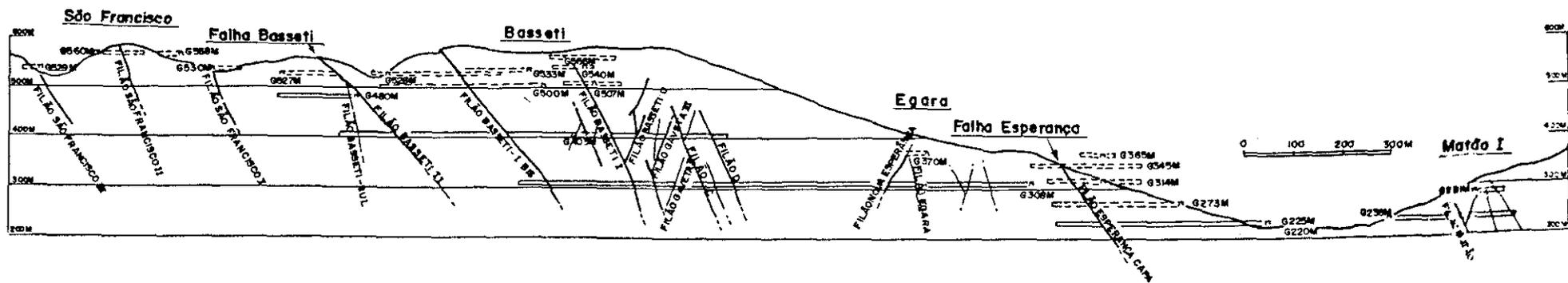


Fig. 9 - Perfil SW-NE na mina do Rocha com indicação dos filões mineralizados. Fonte: MMJ/JICA 1982

a) ambiente de deposição marinha, com predominância de sedimentos pelíticos e intercalações de rochas carbonáticas, metatufitos básicos, anfibolitos, metavulcânicas intermediárias e sedimentos químicos-metachert e formações ferro-manganesíferas;

b) generalizada presença de sulfetos (pirrotita, pirita, calcopirita e, mais raramente galena);

c) consistentes anomalias geoquímicas dos elementos Zn, Cu e Pb.

Para os depósitos de Pb-Zn de fácies carbonáticas Pontes (op. cit.), assinala a possibilidade de serem depósitos de águas rasas, ou ainda depósitos poligenéticos dos tipos, "skarn" e "porfirítico", associados a intrusões graníticas em metacalcários.

Takahashi et alii (1984) assinalam para a faixa Água Clara, na região de Guapiara, possibilidades de mineralizações estratiformes de Pb, Zn, Cu e Ag (tipo sedimentar-exalativo), fundamentados na ocorrência associada de galena com barita verificada nas ocorrências de Cil e João Néri e na correlação dessa seqüência vulcano-sedimentar com aquela que contém a mineralização do Perau no Estado do Paraná.

Na Folha Araçaiíba (1:50.000) a sudoeste, na região do Bairro do Lageado, Almeida (1987) relata importante sítio de mineralizações diversas. Estão ali presentes scheelita e powellita, no contato entre o granito Barra do Chapéu do Complexo Três Córregos e as rochas calcio-silicáticas da Formação Água Clara, provavelmente resultantes da ação metassomática, sulfetos (pirita e pirrotita) dispersos nas rochas calcio-silicáticas, metabásicas e mais freqüentemente nos mármores aí aflorantes e minerais secundários de cobre (malaquita) em raros pontos em veios de quartzo; além de ouro e sheelita em pontos comuns de amostragens de concentrados de batéia (Mello & Silva 1987). Estes autores encontraram ainda teores expressivos de ouro, da ordem de 1.600 ppm, em concentrados e aventam que o maior interesse prospectivo se volta para mineralizações auríferas primárias, de acordo com a associação scheelita - ouro, que, possivelmente, estariam concentrados nos filões quartzosos associados às rochas carbonáticas.

### ***5.5 - Mineralizações de Pb-Zn, classificação e origem: uma revisão conceitual***

O termo "exalação submarina" segundo Klau & Large (1980) é aplicável aos depósitos de sulfetos de metais base e barita, quando a sua formação ocorreu no fundo oceânico através de descargas de soluções hidrotermais. Numerosos depósitos descritos na literatura como vulcanogênico, sedimentogênico, singenético e sin-sedimentar, podem ser incluídos nesta classe. A maior produção de Pb e Zn do mundo provém de depósitos exalativos submarinos, assim como quantidades significativas de Cu, Ag e Au. Estes depósitos apresentam características peculiares tais como: corpo de minério de sulfetos maciço, estratiforme concordante com a encaixante, zonas de mineralização discordantes (veios, venulações, disseminações), alteração hidrotermal nas rochas da lapa, e zoneamento dos metais dentro da área mineralizada.

Os mesmos autores apresentam uma classificação dos depósitos exalativos submarinos, apoiada em observações empíricas, excluindo-se assim, interpretações subjetivas requeridas por outras classificações (ex: ambiente tectônico). A referida classificação conforme quadro abaixo foi feita considerando o ambiente tectônico em

composição com aquela de Hutchinson (1973), que, por sua vez, é baseada na associação dos metais base predominantes no depósito. Observa-se a grande similaridade com a fig. 10, provavelmente devido à íntima associação da encaixante com o conteúdo relativo dos metais.

| rochas encaixantes  | ambiente tectônico           | classificação de Hutchinson |
|---------------------|------------------------------|-----------------------------|
| vulcânicas máficas  | seqüência ofiolítica-----    | Cu-Pirita                   |
|                     | arco de ilha imaturas-----   | Zn-Cu                       |
| vulcânicas félsicas | arco de ilha maturo-----     | Pb-Zn-Cu                    |
|                     | <i>greenstone belt</i> ----- | Zn-Cu                       |
| sedimentos          | rift cratônico-----          | Pb-Zn-Cu                    |

Na figura 10 é mostrada com maior detalhe a relação dos depósitos exalativos submarinos de encaixantes vulcânicas, com a seqüência de rochas encaixantes, o ambiente tectônico, a mineralização típica e alguns exemplos de depósitos.

A qualificação "encaixante sedimentar" utilizada por Large (1980), refere-se às rochas em contato e na imediata vizinhança dos depósitos de sulfetos. Todos os tipos de sedimentos estão incluídos (clástico, químico, biológico), com exceção das vulcânicas e vulcano-clásticas retrabalhadas. Aqueles depósitos encaixados por estas últimas rochas são definidos como exalativo-submarinos, com encaixantes vulcânicas.

As principais características dos depósitos exalativos-submarinos de encaixante sedimentar, compreendem, segundo Large (op. cit.):

1. a laminação e acamamento dos minerais de sulfeto de granulação fina é concordante com o acamamento dos sedimentos encaixantes, sendo os sulfetos considerados como de natureza estratiforme por terem sido precipitados no assoalho oceânico;

2. a presença de uma zona de alteração hidrotermal (usualmente silicificação) adjacente ou subjacente à mineralização de sulfeto estratiforme, tem sido considerado como o centro exalativo de soluções hidrotermais do assoalho no mar; e

3. No corpo do minério uma zanação lateral dos elementos metálicos (Cu-Pb-Zn) ou vertical (Cu-Zn-Pb), a partir da zona de alteração acima descrita, é interpretado como o resultado do rápido resfriamento e diluição da solução hidrotermal pela água do mar, nas proximidades da zona de descarga, e, a conseqüente precipitação na seqüência da solubilidade dos elementos.

A figura 11, Gustafson & Williams (1981), exhibe os depósitos de sulfetos maciços e tipos semelhantes agrupados segundo suas relações genéticas. Destaca que a hipótese genética mais aceita para a formação de depósitos de sulfetos maciços, segundo os autores, Hutchinson (1977, 1980), Filow-Bates (1980) e Franklin et alii (1981), pressupõe a seqüência dos seguintes processos:

a) formação de uma salmoura metalífera em profundidade (no assoalho marinho);

b) ascensão da solução e interação com as encaixantes;

c) descarga e deposição dos sulfetos no assoalho marinho;

d) alterações hidrotermais nas rochas sobrejacentes ao depósito.

A formação das salmouras é explicada pela circulação convectiva de água marinha em regiões de alto fluxo térmico, sendo o calor fornecido por um corpo magmático, de forma análoga a circulação convectiva das cadeias meso-oceânicas submarinas. Os processos decorrentes representados no modelo da figura 12, podem ser assim comentados:

| Encaixantes Vulcânicas | Vulcânicas Máficas                                        |                                                          | Vulcânicas Felsicas                            |                                                                                           |                                                 |
|------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                        | Ofiôlito                                                  | Basaltos toleíticos<br>+ vulcânicas félsicas             | Calco-alcalina<br>Basalto-Andesito<br>Riolito  | Bimodal<br>Basalto-Riolito                                                                | Greenstone-Belts                                |
| Sequência encaixante   |                                                           |                                                          |                                                |                                                                                           |                                                 |
| Ambiente Tectônico     | Margem de placa acrecionada ou bacia retro-arco           | Arco de ilha imaturo                                     | Arco de ilha maturo                            | Rift vulcânico em crosta siálica.                                                         | Zonas de rift arqueanas                         |
| Mineralização típica   | Cu(Zn)-Au                                                 | Zn-Cu; Cu-Zn                                             | Zn-Pb-Cu-Ag-Au (-Ba)                           | Zn-Pb-Cu (Ag-Sn)                                                                          | Zn-Cu-Au (-Pb)                                  |
| Exemplos               | Cyprus<br>Oman<br>Belts Cove<br>Appenines<br>Ergani Maden | Lokken<br>Skorovas<br>Joma<br>Alpine Kieslager<br>Besshi | Kuroko<br>Fiji<br>Rosebery<br>Avoca<br>Buchans | Bathurst-New Castle<br>Iberian pyrite belt<br>Captains Flat-Woodlawn<br>Skellefti-Vihanti | Noranda<br>Flin Flon<br>Mattagami<br>Mons Cupri |

Fig. 10 - Relação dos depósitos exalativos submarinos com o ambiente tectônico.  
Extraído de Klau & Large (1980).

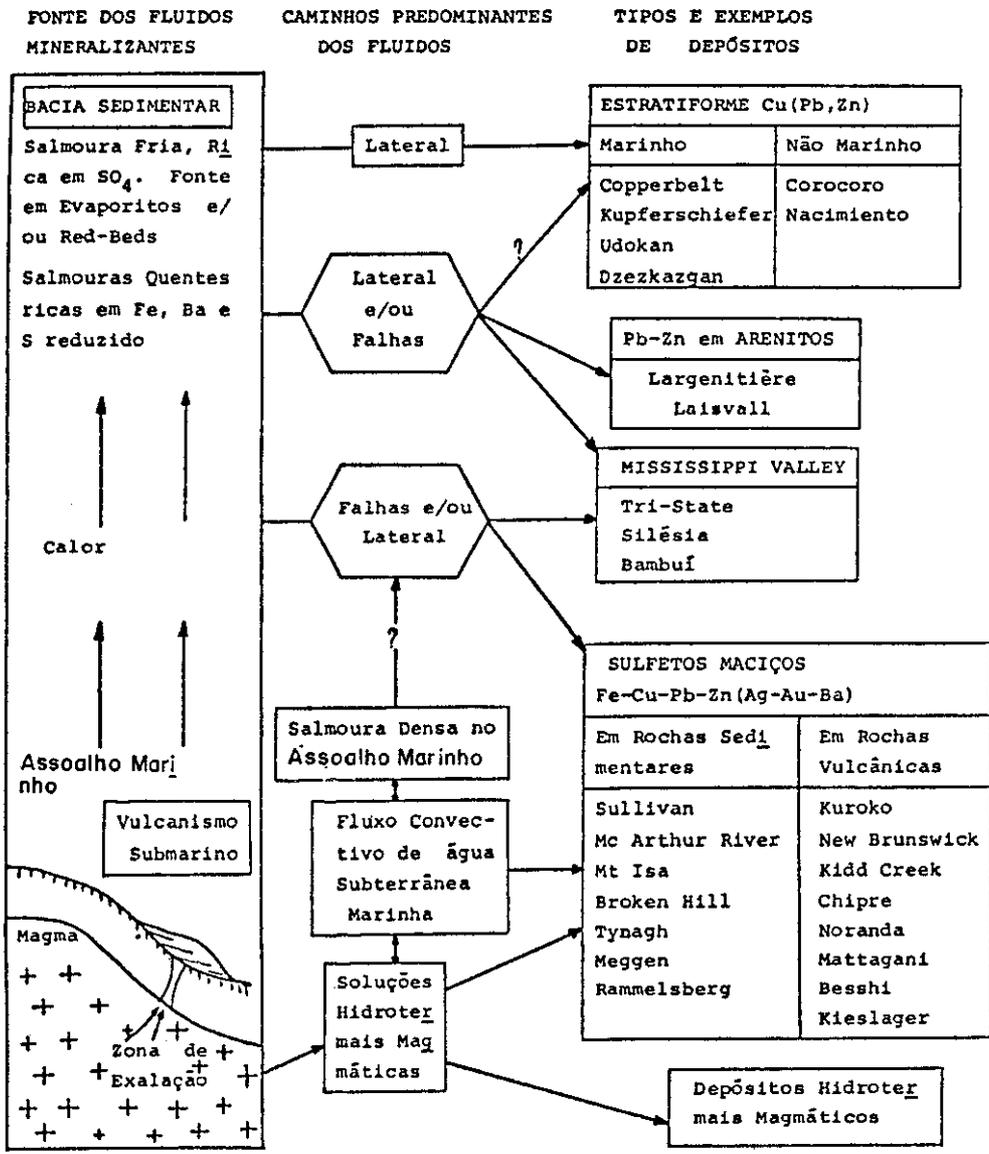


Figura 11. Relações genéticas entre depósitos de sulfetos maciços e tipos semelhantes, conforme Gustafson e Williams (1981).

Nível do Mar

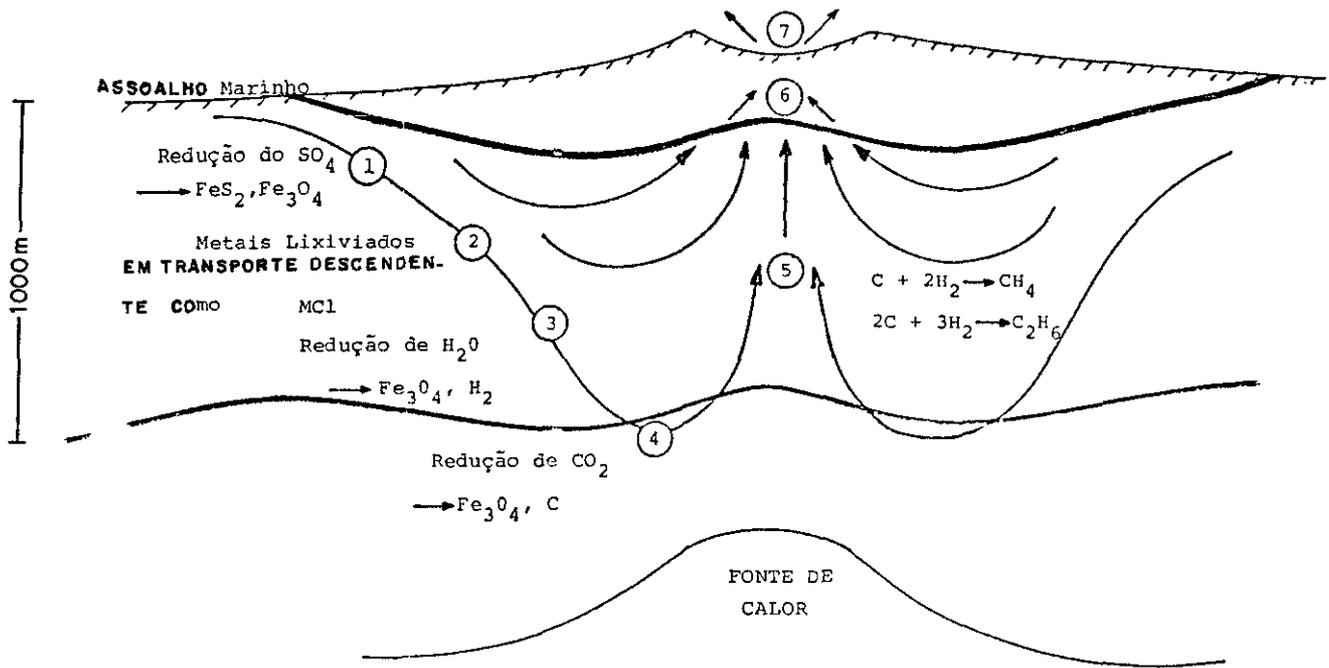


Figura 12: Zonas de reação em um sistema exalativo submarino, segundo Hutchinson et alii, (1980). Detalhes no texto.

Nível do mar

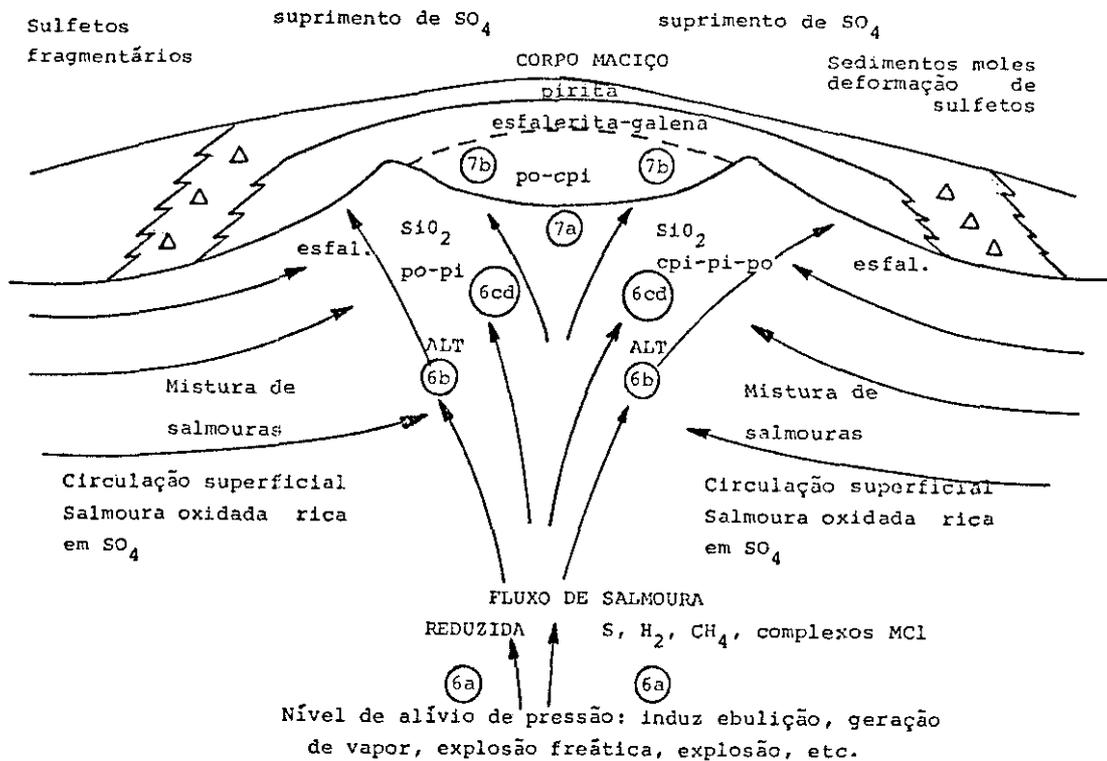


Figura 13: Detalhe da figura 12, mostrando a zona de deposição de sulfetos em um sistema exalativo submarino. (po) pirrotita, (pi) pirita, (Cpi) calcopirita e (esfal.) esfalerita (Segundo Hutchinson et alii, 1980)

1. a água circulante tem origem marinha, como água conata em sedimentos, podendo ter contribuição magmática subordinada. Redução de íons sulfato para sulfeto por reações com silicatos contendo ferro bivalente (clorita, piroxênio, serpentina, etc.) e precipitação de sulfetos e carbonatos;

2. a água é cada vez mais aquecida (até  $\pm 500^\circ \text{C}$ ) ao penetrar em níveis mais profundos, o seu conteúdo salino reage com os metais liberados pelos silicatos, formando complexos metal-cloreto solúveis (talvez também metal-fluoreto). A sílica liberada também é transportada em solução;

3. a  $\pm 500^\circ \text{C}$  ocorre também dissociação da água, na reação com os silicatos ferrosos, formando magnetita e liberando hidrogênio;

4. o  $\text{CO}_2$  reage com silicatos ferrosos liberando carbono e formando mais magnetita;

5. o carbono e hidrogênio podem reagir formando metano e outros hidrocarbonetos leves, reações que serão maiores se os sedimentos contiverem restos orgânicos;

6. na parte superior do conduto do fluido mineralizante (Fig. 13) ocorre o seguinte:

6a. a solução ascende através de zonas de fraqueza, geralmente controladas por falhamentos; a diminuição da pressão nestas zonas pode levar a solução a ebulição causando explosões freáticas, fraturamento hidráulico das encaixantes e brechação;

6b. a primeira deposição ocorre provavelmente por reação entre a salmoura ascendente e o fluido intersticial das encaixantes, mais oxidante e carregado de sulfatos, formando sulfetos;

6c. depositam-se pirita, calcopirita, pirrotita e sílica em fraturas;

6d. ocorre intensa alteração mineralógica e química das encaixantes. Segundo Franklin et alii (1981) as zonas alteradas sob os depósitos de Cu-Zn tem grande extensão vertical (1.000 m ou mais), tem um núcleo de clorita rica em Mg ou talco, rodeado por um halo com sericita e/ou quartzo.

7. a solução chega ao fundo oceânico onde é descarregada, reagindo com a água do mar a medida que com ela se mistura. As condições de deposição são controladas pelas condições físicas e químicas da mistura salmoura-água do mar: condições de oxi-redução (Eh), baixo pH, baixo teor de oxigênio e altos teores de metais base (Cu, Pb, Zn) (complexos metal-halógenos), hidrogênio, hidrocarbonetos, formas reduzidas de S, Cl e F, Fe (geralmente como magnetita) e Mn. A água do mar contribui com sulfatos, carbonatos e oxigênio, além de apresentar condições oxidantes, pH relativamente baixos, assim como pressão e temperaturas baixas.

Plimer (1978) desenvolve o conceito proximal-distal, com base em dois parâmetros principais; o primeiro é a atividade vulcânica: a) - calcio-alcalina, ácida, explosiva em águas rasas e associada a placas convergentes em arcos insulares; b) - máfica toleítica, pouco explosiva, em águas profundas, associada a áreas de altos gradientes geotérmicos, principalmente cadeias meso-oceânicas; o segundo é a proximidade espacial e/ou temporal ao centro vulcânico, gerando tipos proximais e distais.

Baseados na ambiência tectônica global Mitchel & Garson (1981), admitem que os depósitos de Pb-Zn-Ag de Sullivan, Mont Isa, McArthur, Gamsberg, são originados em ambientes de rifts intracontinentais e/ou aulacógenos, ao passo que os depósitos tipo Kuroko, em ambientes distensivos de arco magmático.

As bacias onde ocorrem os depósitos exalativos submarinos com rochas encaixantes sedimentares, são bacias intracratônicas e, geralmente, delimitadas por falhas resultantes do desenvolvimento das estruturas tafrogênicas originais, do tipo rift e/ou graben (Fig. 14), ou ainda aulacógeno (Dardenne 1988). Apresentam dimensões laterais da ordem de 100 km e longitudinais de centenas de km. A subsidência é controlada por falhas, perto das quais localizam-se as mineralizações. Vulcanismo muitas vezes bimodal, com predominância de componentes máficos, manifesta-se em geral segundo intercalações líticas na seqüência sedimentar.

Não existe assim, uma relação na direta evolução dessas bacias com tectônica de acreção ou de consumo de placas, o que contrasta claramente com os ambientes dos depósitos de sulfetos maciços do tipo vulcanogênicos.

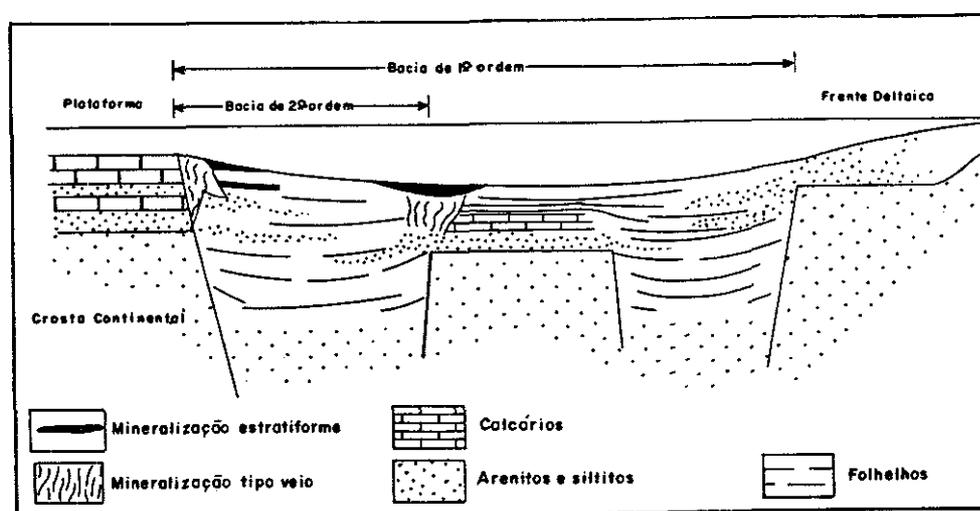


Fig. 14 - Quadro geotectônico de depósitos de sulfetos exalativo-sedimentares (segundo Large, 1980).

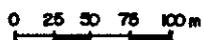
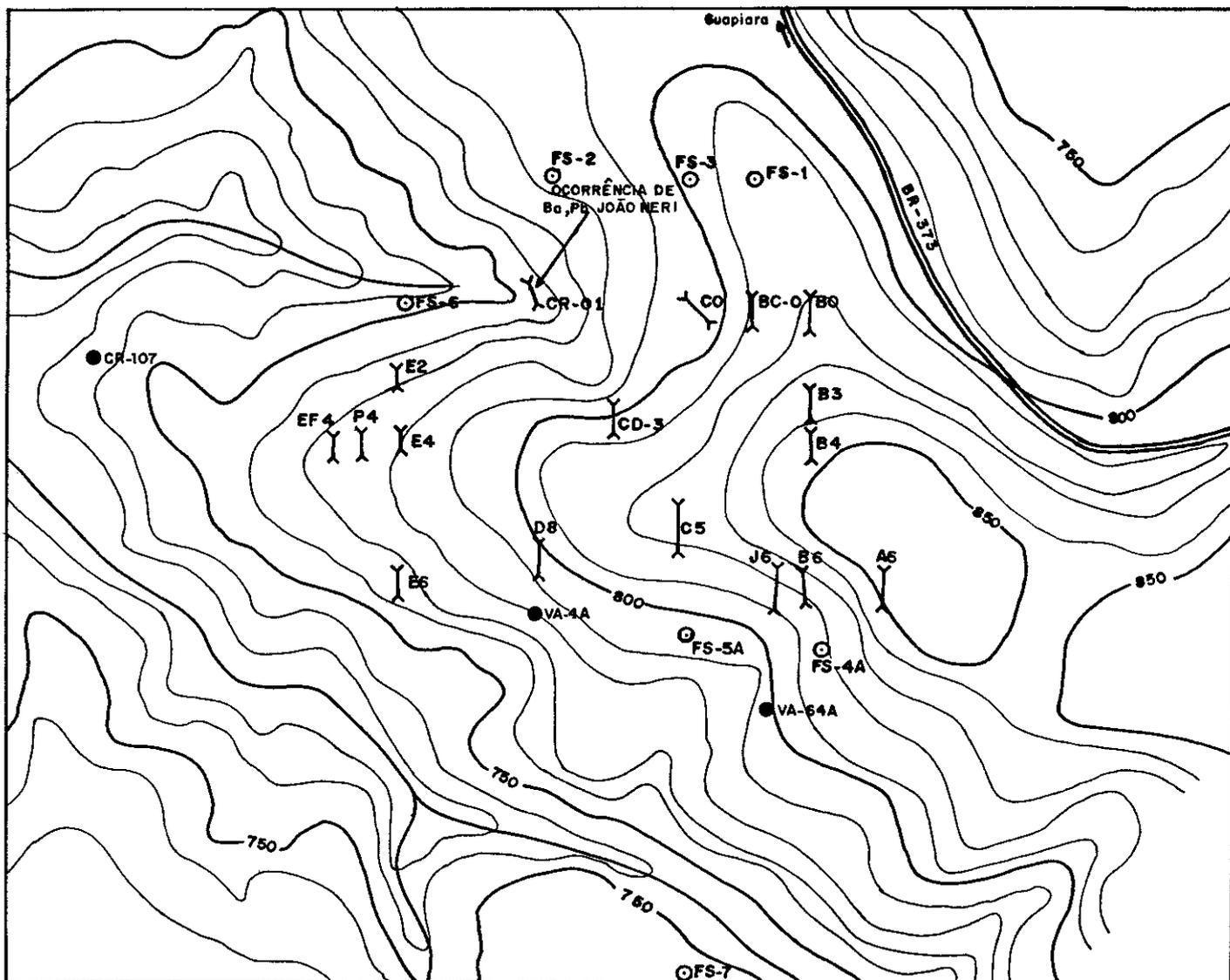
## 6. DEPÓSITOS DE Zn, Pb, Ag e Cd, JOÃO NÉRI

### 6.1 - Trabalhos de pesquisa mineral

A mineralização de Zn, Pb, Ag e Cd do depósito João Néri está associada a um nível de metachert nos flancos NW e SE de uma estrutura braquianticlinal, de plano axial subvertical (D2), denominada anticlinal João Néri, cujo eixo exibe direção N50E e caimento variável entre 10-60° para SW, dando à estrutura uma feição morfológica dômica. Os flancos apresentam-se dobrados, causando repetição do nível de metachert em superfície. O anticlinal apresenta o comprimento da ordem de 700 metros e largura equivalente a 350 metros.

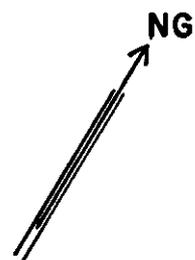
A partir da prospecção geoquímica, por sedimento de corrente e solo, efetuada pela CPRM, foram abertas 17 trincheiras e realizados 7 furos de sonda (Fig. 15), com o objetivo de quantificar e delimitar, tridimensionalmente, um possível corpo de minério.

Fig. 15 - Depósito João Neri: Localização dos Trabalhos de Pesquisa da CPRM



LEGENDA

- Afloramento
- ⊙ FS-2 Furo de Sonda
- Y<sub>86</sub> Trincheira
- Estrada
- 800 Curvas de Nível



Assim a CPRM apresentou em relatório interno (Silva & Lopes Jr. 1987), a cubagem do depósito João Néri, relativo aos furos de sonda 1, 2, 3, como contendo 126.183 t de minério medido, para um corpo em subsuperfície com dimensões de 200 x 80 x 2 metros, com teores de 2,5 % de Zn, 0,6 % de Pb, 80 g/t de Ag e 65 g/t de Cd. Em termos de metal contido tem-se 3.387 t de Zn, 705 t de Pb, 11.777 kg de Ag e 8.840 kg de Cd. Naquela época estes valores foram considerados subeconômicos, conseqüentemente foram encerradas as pesquisas na área.

A seguir serão apresentados e discutidos os resultados dos estudos de 3 trincheiras e de 3 furos de sonda.

## **6.2 - Trincheiras**

### **a) - Trincheira CR-1 (ocorrência João Néri)**

No início dos trabalhos da CPRM já existia a exposição num pequeno poço com profundidade de 4 m, de uma lente de barita, a qual foi descrita por Knecht (1938), denominando-a de João Néri, como um “veio de baritina” com espessura de 0,80 m (Fig. 16), com atitude N71E e mergulho de 45° para norte.

As seguintes observações puderam ser feitas:

1) O corpo anteriormente denominado de “veio” de barita (0,80 m) é concordante com a encaixante (N60E/70NW) e encontra-se exposto de forma lenticular com 10 m ao longo de sua direção e 12 m ao longo do mergulho (Fig. 16). Nele ocorrem níveis decimétricos concordantes de metachert e inúmeros veios de quartzo (aspecto leitoso) centimétricos com formas concordantes e discordantes. Neste horizonte tanto na barita como nos níveis de metachert ocorrem disseminações de sulfetos alterados. Uma amostra (CR-01) analisada apresentou 5.000 ppm de Ba, 2 ppm de Ag, 150 ppm de Pb e 500 ppm de Zn.

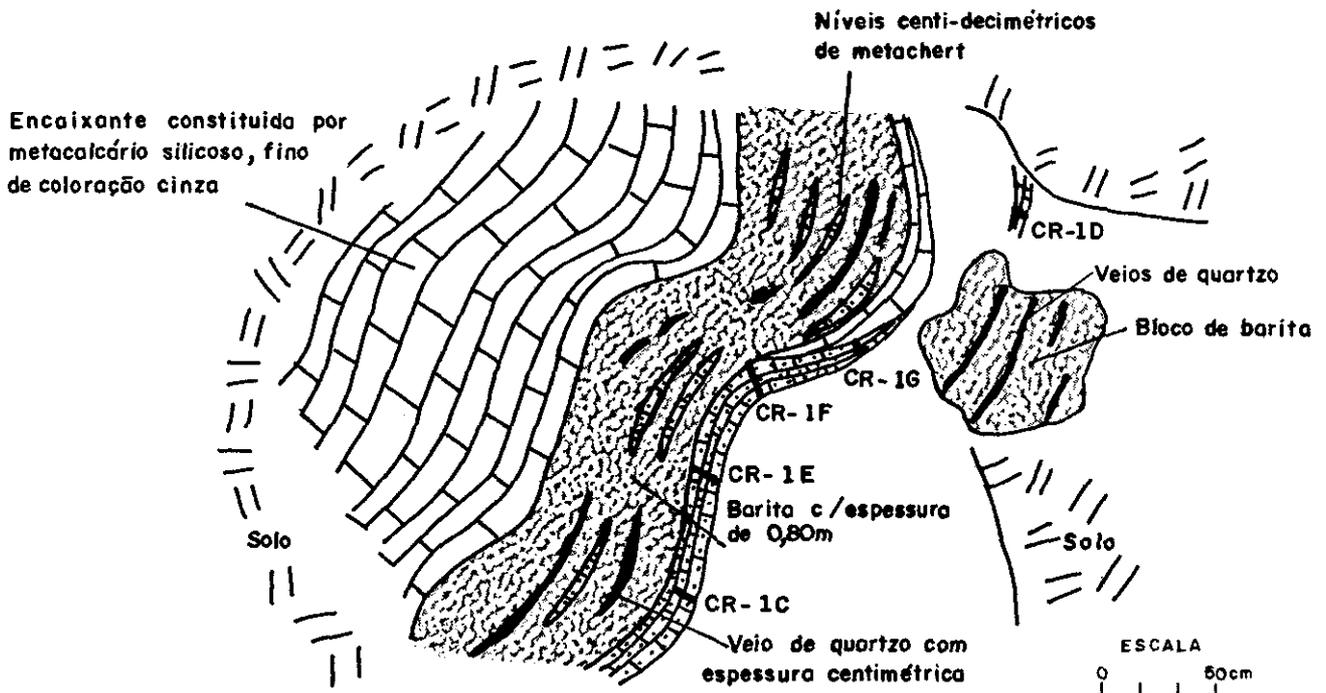
2) Na porção inferior da camada de barita tem-se um horizonte decimétrico onde se verificam concentrações de galena de grã fina, que se distribuem de forma irregular. Imediatamente abaixo da camada de barita ocorre um nível concordante de material quartzoso sacaroide alterado (metachert) de coloração amarelada, com aproximadamente 0,30 m de espessura, e concentrações milimétricas de minerais de minérios oxidados. Quatro amostras de canal (CR-1C, G, E, F) analisadas por absorção atômica revelaram teores médios de 18 ppm de Cu, 4.300 ppm de Pb, 2.010 ppm de Zn e 30 ppm de Ag.

3) Dois metros, estratigraficamente abaixo do nível supra descrito, tem-se outro horizonte, também alterado, com características similares, medindo cerca de 0,20 metros de espessura (Fig. 16). Análise por absorção atômica em uma amostra de canal (CR-1D) revelaram 130 ppm de Cu, 3.500 ppm de Pb, 2.700 ppm de Zn, 6,4 ppm de Ag e 0,05 ppm de Au.

4) A encaixante desse horizonte é, em geral, constituída por sericita-quartzo-carbonato-xistos de granulação fina, coloração cinza e intercalações de metacalcário branco silicoso com espessuras de poucas dezenas de centímetros.

5) O afloramento do corpo João Néri exibe dobras de várias ordens e amplitudes, com fechamentos suaves a abruptos. Os eixos são direcionados N50E/15SW e E-W/20E, e refletem esforços ortogonais, fato já percebido em escala regional. No geral, o acamamento tem direção N60E/70NW.

Fig. 16 — Trincheira CR-01 — Ocorrência João Neri



## b) Trincheira TR-B6

Esta trincheira encontra-se no flanco SE do anticlinal João Néri e apresenta 2 níveis de metachert carbonático concordantes, mineralizados, com 8 metros de distância entre si. As camadas mineralizadas, da esquerda para a direita, mostram espessuras de 0,20 e 0,60 metros, sendo que a primeira se espessa em profundidade na charneira da dobra. Os teores de Pb, Zn, Ag e Au nas amostras de canal 511 I, 511 H e 511 E, são também apresentados na Fig. 17 .

As amostras 511-J, 511-K e 511-L ao microscópio mostram-se constituídas por galena e pirita, distribuindo-se de forma irregular preferencialmente nas faixas escuras da encaixante. A galena apresenta-se xenomorfa de granulometria fina e média, por vezes preenchendo microfraturas de minerais transparentes e com alterações para cerussita. A pirita ocorre em menor quantidade, em geral, na forma de limonita, às vezes pseudomorfa do mineral original e por vezes com alguns grãos remanescentes.

A encaixante apresenta-se direcionada segundo N60E/70SE. É representada por rochas classificadas ao microscópio como mármore e metacalcário silicoso. (amostras 511-B e 511-F) de coloração cinza e granulação variada, predominando a média. O metacalcário silicoso é constituído por carbonatos, quartzo e subordinadamente galena, pirita, granada, epidoto, muscovita e limonita. A parte escura onde se tem os sulfetos preferencialmente é constituída por granada e epidoto.

## c) - Trincheira TR-CO

Esta trincheira foi aberta numa área de ocorrência de blocos e fragmentos de chapéu de ferro, os quais foram submetidos a análise por espectrometria óptica de emissão semiquantitativa, apresentando 700 ppm de Cu, 30 ppm de Pb, 500 ppm de Zn e 0,5 ppm de Ag.

Ocorrem três níveis mineralizados dispostos de forma concordante com a encaixante, a qual neste local apresenta atitude N10E/65NW, (Fig. 18). O primeiro nível, da esquerda para a direita, com espessura de 0,60 m, é constituído por material intemperizado, de composição laterítica (amostra nº 513); o segundo e terceiro nível são também constituídos por material bastante intemperizado, de coloração amarelada e aspecto sacaróide, provavelmente metachert. Os resultados das análises de Pb, Zn, Ag e Au constam na própria figura 18.

A encaixante é constituída por metacalcário silicoso de coloração cinza claro e granulação fina.

## 6.3 - Sondagem

No depósito João Néri a CPRM realizou sete furos de sonda totalizando 1.040 m de perfuração. Três no flanco NW, e quatro no flanco SE do anticlinal João Néri (Fig. 15). Na seção esquemática (Fig. 19), foram representados cinco furos; destes passaremos a descrever sucintamente os de n<sup>os</sup> 1 e 3 e, mais detalhadamente, o de n<sup>o</sup> 2, devido à melhor recuperação de testemunhos bem como pela significativa mineralização encontrada.

### a) - Furo de sonda nº 1

Este furo foi executado no flanco noroeste do anticlinal João Néri, com rumo S30E e inclinação de 50° na direção perpendicular à estruturação geral das rochas.

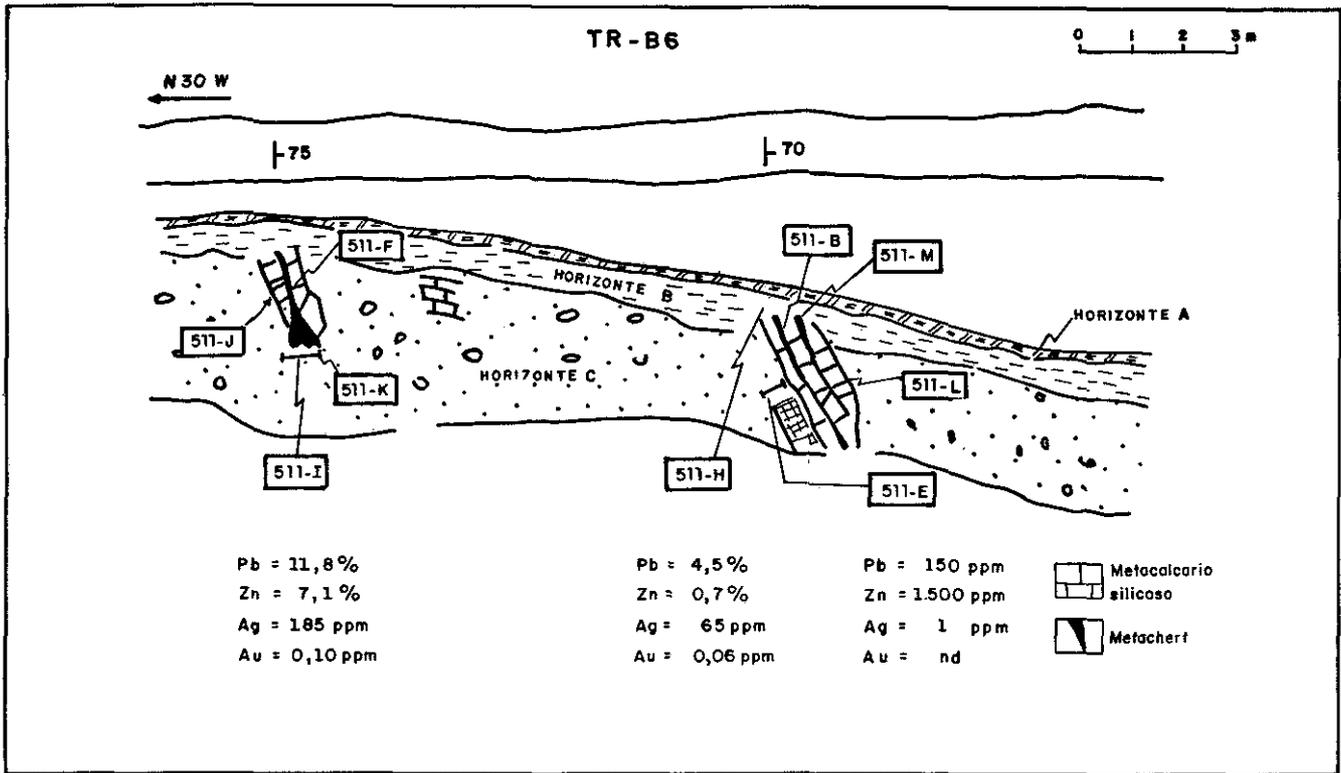


Fig.17- Esquema da Trincheira TR-B6 mostrando os afloramentos de rochas mineralizadas.

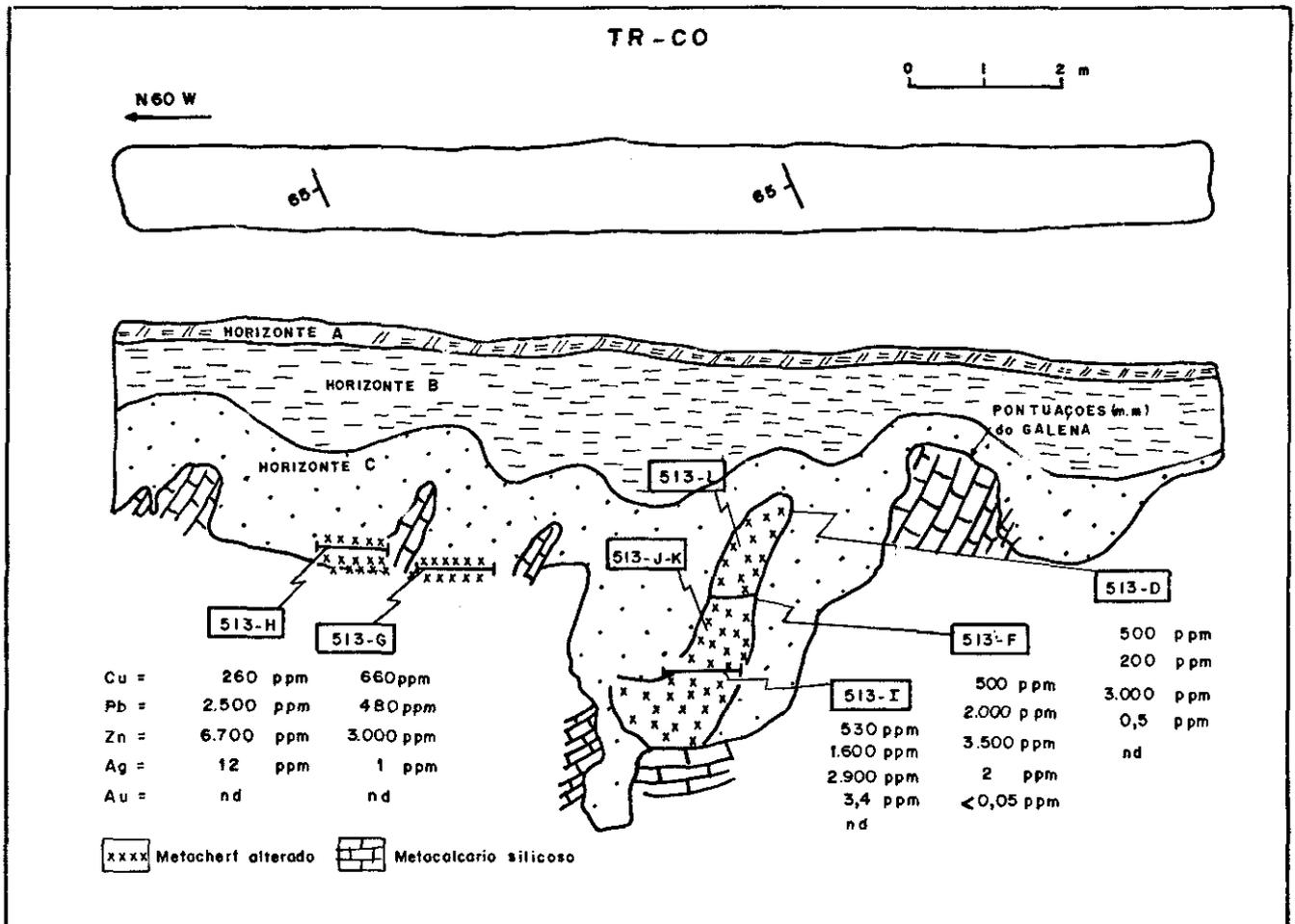


Fig. 18 - Esquema da Trincheira TR-CO exibindo os afloramentos de rochas mineralizadas.

COTA  
(m)

820  
810  
800  
790  
780

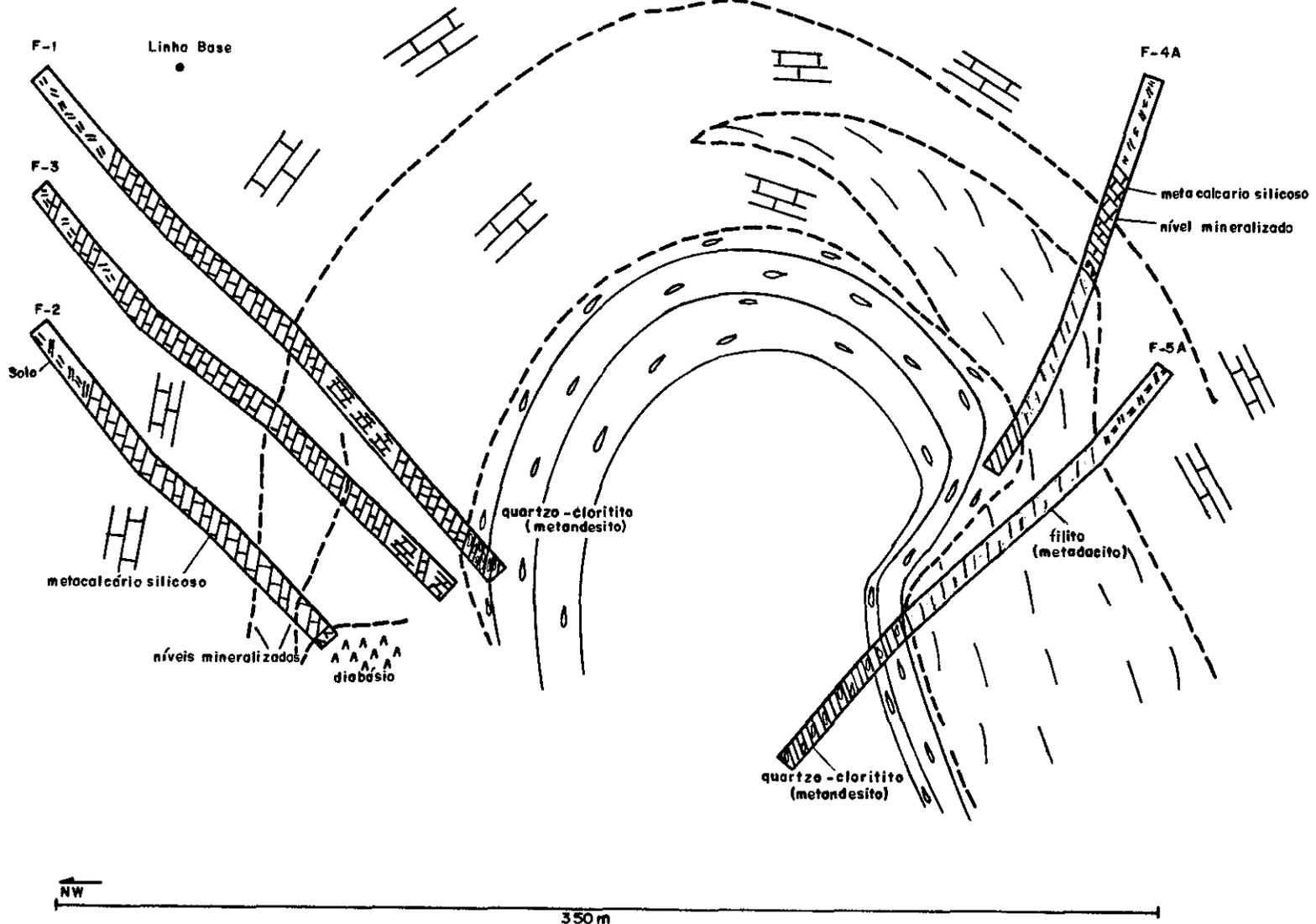


Fig. 19 - Seção esquemática dos furos de sonda efetuados no depósito João Neri

Apresentou-se constituído (Fig. 20) em quase toda extensão, por rocha carbonática predominantemente calcítica, com quartzo, sericita, muscovita e biotita. Com frequência em todo o furo ocorrem agregados milimétricos de pirrotita e subordinadamente pirita, em geral dispostos num arranjo concordante com a encaixante.

Por volta dos 106 metros ocorrem ainda disseminações isoladas milimétricas de blenda. As amostras coletadas neste ponto foram analisadas e revelaram baixos teores de metais base (gráficos 1, 2, 3 e 4).

As rochas encontradas nas profundidades finais deste furo assim como dos furos 4A e 5a (Fig. 19) foram denominadas mesoscopicamente de quartzo-cloritito e não foram detectadas em superfície na área do depósito João Néri. Inclusive não se tem conhecimento da ocorrência de rochas similares em todo o Vale do Ribeira. Apresentam coloração esverdeada, granulação grossa, foliação, e o desenvolvimento venulações milimétricas discordantes da foliação, em geral, preenchidas por calcita e sulfetos. Mostram-se constituídas predominantemente por cristais de quartzo (50%) fraturados, de dimensões milimétricas, envoltas por clorita (25%) e carbonatos (15%). Subordinadamente tem-se oligoclásio (5%), tremolita (5%), apatita, pirrotita e pirita. Observa-se que a maior parte dos plagioclásios se alterando para clorita, carbonatos e tremolita.

As observações acima, assim como a disposição (ocorrência) irregular dos opacos associados preferencialmente com os níveis de carbonatos, sugerem que o protolito era constituído essencialmente por quartzo, oligoclásio e apatita e que, como produtos de alteração de um evento hidrotermal superimposto (anterior ao metamorfismo e deformação regional), formaram-se os minerais clorita, carbonatos, tremolita e opacos. Deste modo pode-se caracterizar esta rocha como um "hidrotermalito".

#### b) - Furo de sonda nº 2

Localiza-se no flanco noroeste do anticlinal João Néri, a 100 metros da lente de barita/TR-01 (Fig. 15) tendo sido locado no rumo S30E com inclinação de 50°.

Este furo (Fig. 21) apresentou dois níveis mineralizados separados por 15 metros de zona estéril. No total a zona mineralizada atingiu 8 metros de espessura, sendo que desses 8 metros, cerca de 3,5 metros apresentam teores superiores a 2,7% de Zn + Pb (gráficos 5, 6, 7 e 8).

A mineralização encontra-se intimamente associada com barita e metachert carbonático no nível superior (aos 93 metros). A barita não é visível nos furos de sonda, porém, Ba, foi detectado pelas análises químicas. O metachert que ocorre no âmbito da própria mineralização apresenta-se com proporções variáveis de quartzo e carbonatos, e, subordinadamente, margarita. Os sulfetos são pirita, blenda e galena em pontuações milimétricas distribuídas de forma disseminada em geral formando níveis com concentrações mais elevadas, centimétricos, concordantes com o acamamento da encaixante repetindo-se com intervalos também centimétricos.

No nível inferior (aos 110 m) a mineralização encontra-se de forma disseminada, associada a brecha, com fragmentos líticos e matriz de composições similares aquelas das rochas encaixantes. Os sulfetos blenda, galena e pirita dispõem-se irregularmente na encaixante predominantemente carbonática.

Dos 107,70 m até 108,70 m tem-se um nível de granulação fina, coloração esverdeada, textura ofítica palimpsestica (raramente preservada) e metamórfica granoblástica, superimposta constituído por rochas com carbonatos (61%),

Fig. 20 - FURO DE SONDA Nº 1

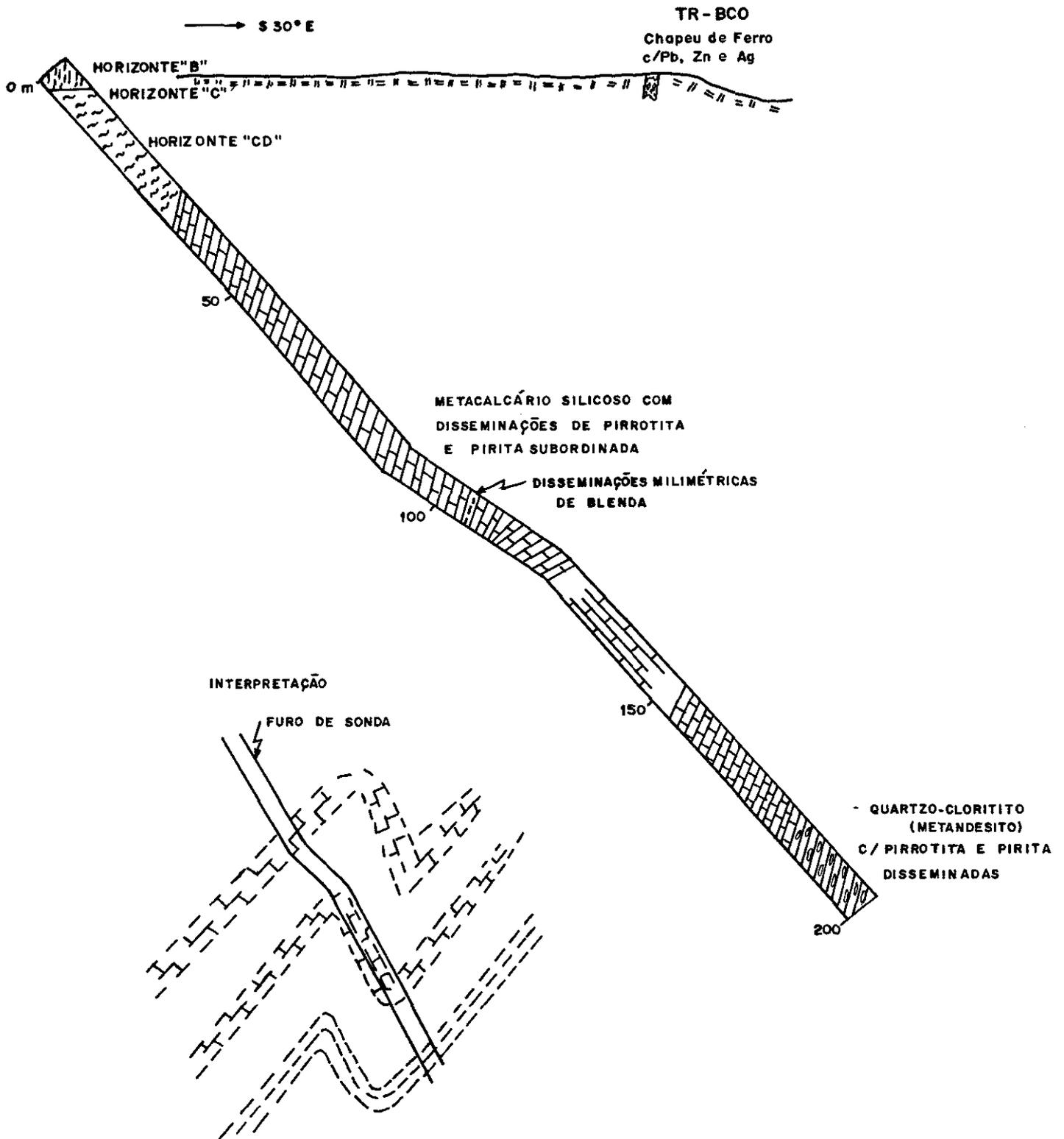
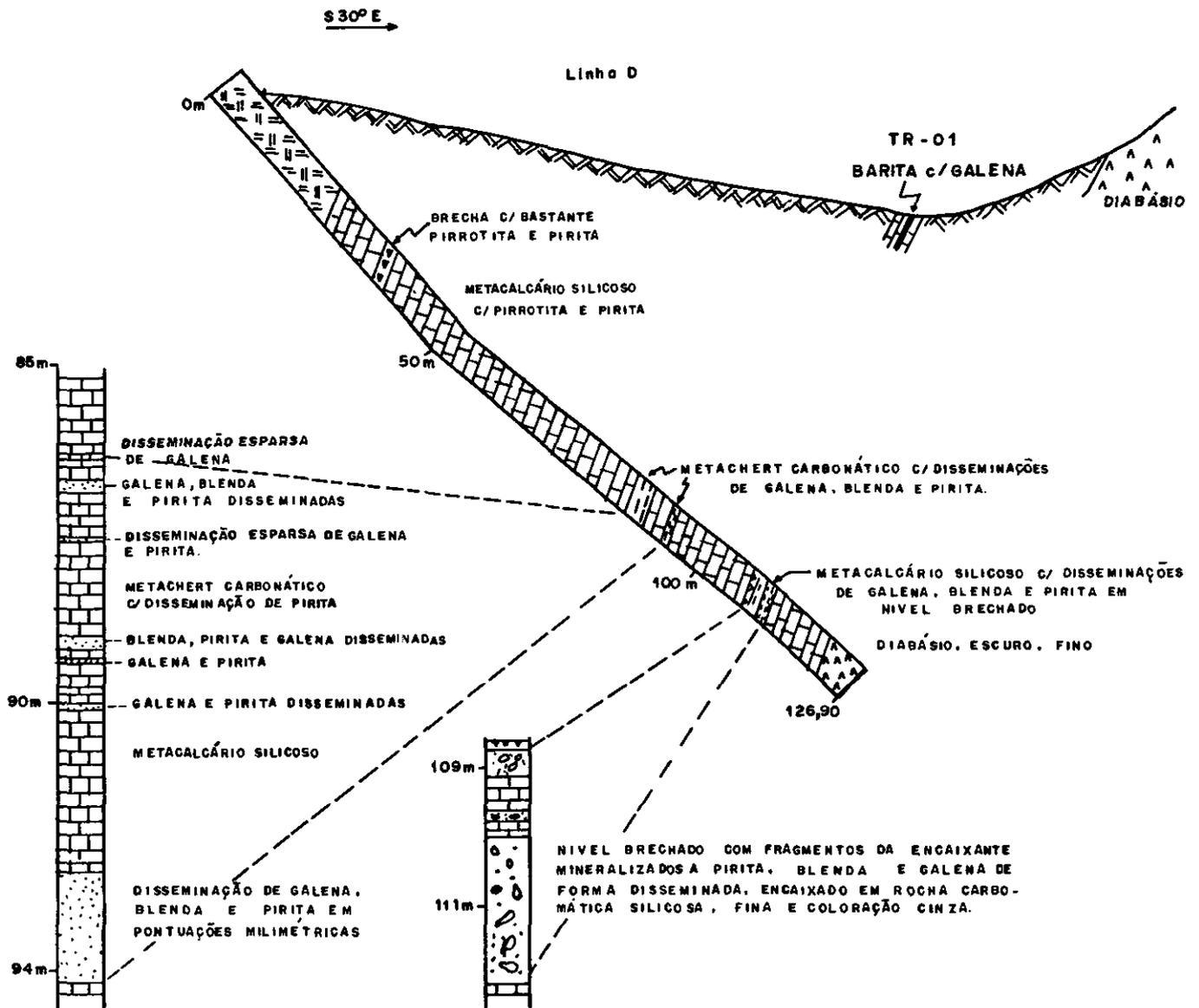


Fig. 21 — FURO DE SONDA Nº 2



plagioclásio (25%), quartzo (10%), margarita (2%) e opacos (1%) sendo que o plagioclásio é alterado para carbonatos e margarita, e quando não alterado apresenta cristais idiomórficos. Além desse nível, outros aos 37 e 108,80 m com aspecto brechóide, classificados microscopicamente como “hidrotermalitos” (tabela 1), podem tratar-se de rochas de origem subvulcânicas a vulcânicas afetadas por intensa alteração hidrotermal. Entretanto, as observações meso a microscópicas ainda não são conclusivas.

O estudo microscópico, resumido na tabela 1, revelou que, os protólitos como calcário, chert carbonático e margas, originaram termos metamorfizados do tipo: metachert carbonático, metacarbonato, quartzo-carbonato-xisto, carbonato-quartzo-xisto, margarita-quartzo-carbonato-xisto, e margarita-flogopita-carbonato-xisto. Em geral, as rochas carbonáticas são constituídas pelos minerais essenciais calcita, dolomita, quartzo, margarita e por vezes plagioclásio, e subordinadamente por granada, flogopita e opacos. As paragêneses são indicativas do metamorfismo em fácies xisto verde média a superior segundo Yardley (1989).

O gráfico nº 9 apresenta a percentagem de alguns minerais da tabela 1, em relação à profundidade do furo 2, onde percebe-se, claramente, a forte associação do quartzo, plagioclásio, margarita e granada e diminuição de carbonatos nos dois níveis mineralizados.

Verificou-se três gerações de calcita, uma sedimentar, outra hidrotermal formada através de microvenulações e da substituição de plagioclásios, que provavelmente esteja associada à zona de alteração hidrotermal primária. A última geração é produto de recristalização associada a eventos metamórficos superimpostos.

Em síntese a encaixante neste furo é representada por metacalcários silicosos dolomíticos (20% de Ca e 7% de Mg, análise química no anexo 2) com proporções variáveis de quartzo e micas (margarita e flogopita). Aparecem ainda com muita freqüência, disseminações de cristais milimétricos de pirrotita e pirita, segundo arranjo concordante com a foliação da rocha.

### c) - Furo de sonda nº 3

Este furo foi perfurado com rumo S30E e inclinação de 50° (Fig. 15).

Em geral os testemunhos deste furo (Fig. 22) mostraram-se constituídos por metacalcário de coloração cinza, granulação fina (< 1 mm), com os minerais calcita, dolomita, quartzo, margarita, flogopita e raro plagioclásio. A rocha apresenta freqüentes disseminações de pirrotita e pirita, com concentrações em níveis milimétricos em geral concordantes na encaixante. A rocha por vezes assume um caráter xistoso, quando então foi denominada de quartzo-sericita-carbonato-xisto; também, por vezes, apresenta-se com coloração clara e granulação média a grossa, muito semelhante a mármore.

A mineralização aparece aos 95, 109, 114 e 123 metros (gráficos 10, 11, 12 e 13) sendo que nos três últimos níveis assinalados, os sulfetos ocorrem fracamente disseminados, com blenda e secundariamente pirita, galena e pirrotita encaixados em mármore de coloração cinza e granulação média.

A mineralização superior (aos 95 m) foi a que revelou os melhores teores de 8% de Zn, 1,4% de Pb, 170 g/t de Ag e 200 g/t de Cd. Apresenta um nível com 0,80 m de espessura, constituído por esfalerita, galena, pirita e calcopirita, concentradas em níveis centimétricos dispostos concordantemente com a encaixante, a intervalos também centimétricos. A ganga é constituída por metachert formado por quartzo, carbonatos e margarita.

**Tabela 1 - COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DOS TESTEMUNHOS  
DO FURO DE SONDA Nº 2**

| Nº AMOSTRA | PROFUN-DIDADE | CARBO-NATO % | QUAR-TZO % | MARGA-RITA % | PLAGIO-CLÁSIO % | GRANA-DA % | OPA-COS % | FLOGO-PITA % | PROTÓLITO          | R O C H A                             |
|------------|---------------|--------------|------------|--------------|-----------------|------------|-----------|--------------|--------------------|---------------------------------------|
| CR - 54    | 37,00         | 05           | 15         | 45           | 30              |            | 05        |              | Hidrotermalito     | Quartzo-plagioclásio-margarita-xisto  |
| CR - 94    | 45,40         | 93           | 07         |              |                 |            |           |              | Calcario           | Metacalcario silicioso                |
| CR - 53    | 50,35         | 90           | 10         | TR           |                 |            | TR        |              | Calcario           | Metacalcario silicioso                |
| CR - 95    | 65,60         | 95           | 05         |              |                 |            |           |              | Calcario           | Metacalcario silicioso                |
| CR - 96    | 75,30         | 94           | 05         | 01           |                 |            |           |              | Calcario           | Metacalcario silicioso                |
| CR - 97    | 81,00         | 96           | 04         |              |                 |            | TR        |              | Calcario           | Metacalcario silicioso                |
| CR - 98    | 83,20         | 68           | 15         | 15           |                 |            | 02        |              | Chert Carbonático  | Quartzo-margarita-carbonato-xisto     |
| CR - 99    | 84,10         | 90           | 10         | 05           |                 |            |           |              | Calcario           | Metacalcario silicioso                |
| CR - 100   | 85,20         | 70           | 25         | 05           |                 |            |           |              | Chert Carbonático  | Metachert carbonático                 |
| CR - 101   | 85,70         | 50           | 35         | 10           |                 |            | 05        |              | Chert Carbonático  | Margarita-quartzo-carbonato-xisto     |
| CR - 34    | 86,20         | 30           | 60         | TR           |                 |            | TR        |              | Chert Carbonático  | Metachert carbonático                 |
| CR - 102   | 86,70         | 20           | 75         | 05           |                 |            |           |              | Chert Carbonático  | Margarita-carbonato-quartzo-xisto     |
| CR - 35    | 87,50         | 50           | 50         |              |                 |            | TR        |              | Chert Carbonático  | Metachert carbonático                 |
| CR - 103   | 88,30         | 58           | 40         |              |                 |            | 02        |              | Chert Carbonático  | Metachert carbonático                 |
| CR - 104   | 89,20         | 35           | 45         |              |                 | 10         | 10        |              | Marga              | Granada-quartzo-carbonato             |
| CR - 105   | 90,00         | 40           | 53         | 05           | 20              |            | 02        |              | Chert Carbonático  | Margarita-carbonato-quartzo-xisto     |
| CR - 106   | 91,00         | 59           | 40         |              |                 |            | 01        |              | Chert Carbonático  | Metachert carbonático                 |
| CR - 107   | 92,00         | 44           | 30         | 05           |                 |            | 01        |              | Marga              | Margarita-plagioclásio-qzo-carb-xisto |
| CR - 108   | 92,40         | 50           | 45         | 03           |                 |            | 02        |              | Chert Carbonático  | Metachert carbonático                 |
| CR - 109   | 93,20         | 30           | 70         |              |                 |            | TR        |              | Chert Carbonático  | Metachert carbonático                 |
| CR - 110   | 93,70         | 20           | 68         |              |                 | 10         | 02        |              | Marga              | Granada-carbonato-quartzo-xisto       |
| CR - 36    | 94,20         | 40           | 60         |              |                 |            | TR        |              | Chert Carbonático  | Metachert carbonático                 |
| CR - 111   | 94,30         | 20           | 80         |              |                 |            | TR        |              | Chert Carbonático  | Metachert carbonático                 |
| CR - 112   | 94,70         | 90           | 10         |              |                 |            | TR        |              | Calcario           | Metacalcario silicioso                |
| CR - 113   | 95,70         | 65           | 20         | 05           | 10              |            | TR        |              | Marga              | Margarita-plagioclásio-qzo-carb-xisto |
| CR - 114   | 97,00         | 98           | 02         |              |                 |            |           |              | Calcario           | Metacalcario                          |
| CR - 115   | 100,60        | 68           | 15         | 05           |                 |            | 02        |              | Chert Carbonático  | Metachert carbonático                 |
| CR - 116   | 104,00        | 85           | 20         | 05           |                 |            | TR        |              | Chert Carbonático  | Metachert carbonático                 |
| CR - 117   | 106,00        | 85           | 10         | TR           | 05              |            | TR        |              | Marga              | Plagioclásio-quartzo-carbonato-xisto  |
| CR - 118   | 106,80        | 85           | 10         | TR           | 05              |            | TR        |              | Marga              | Plagioclásio-quartzo-carbonato-xisto  |
| CR - 119   | 107,50        | 83           | 07         | 03           | 07              |            | TR        |              | Marga              | Margarita-plagioclásio-qzo-carb-xisto |
| CR - 120   | 108,00        | 78           | 05         | 02           | 15              |            | TR        |              | Marga              | Quartzo-plagioclásio-carbonato        |
| CR - 121   | 108,40        | 63           | 10         | 02           | 25              |            | TR        |              | Marga              | Quartzo-plagioclásio-carbonato        |
| CR - 38    | 108,60        | 57           | 15         | 05           | 20              |            | 03        |              | Marga              | Quartzo-plagioclásio-carbonato        |
| CR - 37    | 108,80        | 50           | 15         | 20           |                 | 05         | 10        |              | Hidrotermalito     | Granada-quartzo-margarita-carb-xisto  |
| CR - 122   | 109,30        | 95           | 05         | 07           |                 |            | TR        |              | Calcario           | Metacalcário                          |
| CR - 123   | 109,70        | 60           | 30         |              |                 |            | 03        |              | Chert Carbonático  | Margarita-quartzo-carbonato-xisto     |
| CR - 124   | 170,50        | 58           | 40         |              |                 |            | 02        |              | Chert Carbonático  | Quartzo-carbonato-xisto               |
| CR - 39    | 111,00        | 90           | 10         | TR           |                 |            | TR        |              | Calcario           | Metacalcário silicioso                |
| CR - 125   | 111,50        | 75           | 24         |              |                 |            | 01        |              | Chert Carbonático  | Quartzo-carbonato-xisto               |
| CR - 126   | 112,50        | 95           | 04         | 01           |                 |            | TR        |              | Calcario           | Metacalcário                          |
| CR - 127   | 113,50        | 97           | 03         |              |                 |            |           |              | Calcario           | Metacalcário                          |
| CR - 128   | 114,50        | 80           | 05         | 13           |                 |            | TR        | 02           | Chert Carb. Impuro | Quartzo-margarita-carbonato-xisto     |
| CR - 129   | 116,50        | 95           | 03         |              | 05              |            | 02        |              | Marga              | Metacalcário                          |
| CR - 130   | 120,60        | 75           | 10         |              |                 |            | TR        | 05           | Chert Carb. Impuro | Flogopita-quartzo-carbonato-xisto     |

Gráfico 9 - Composição Mineralógica x Profundidade do Furo de Sonda N° 2

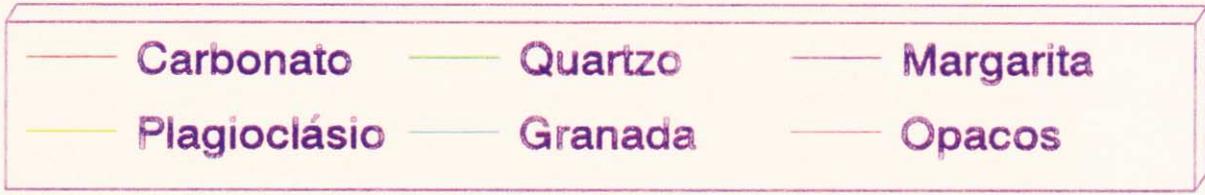
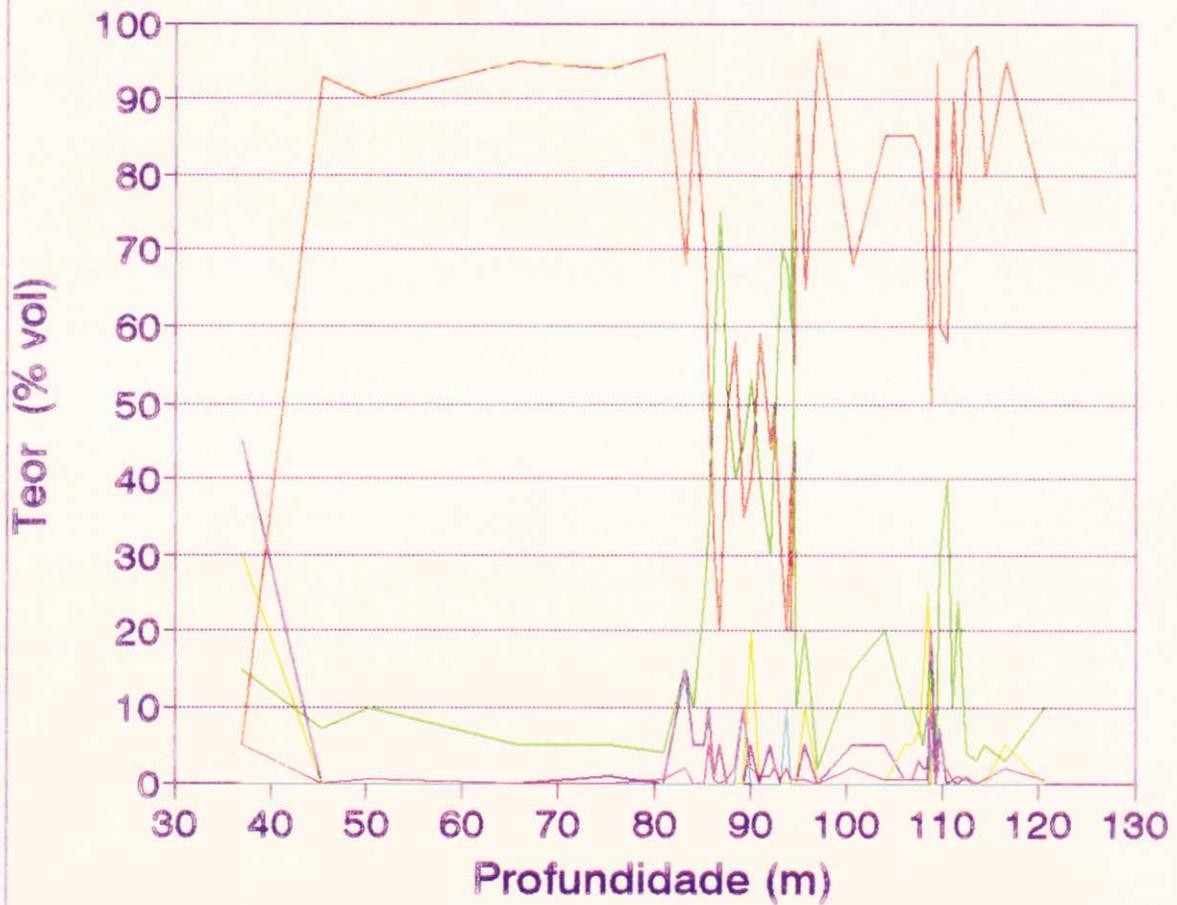
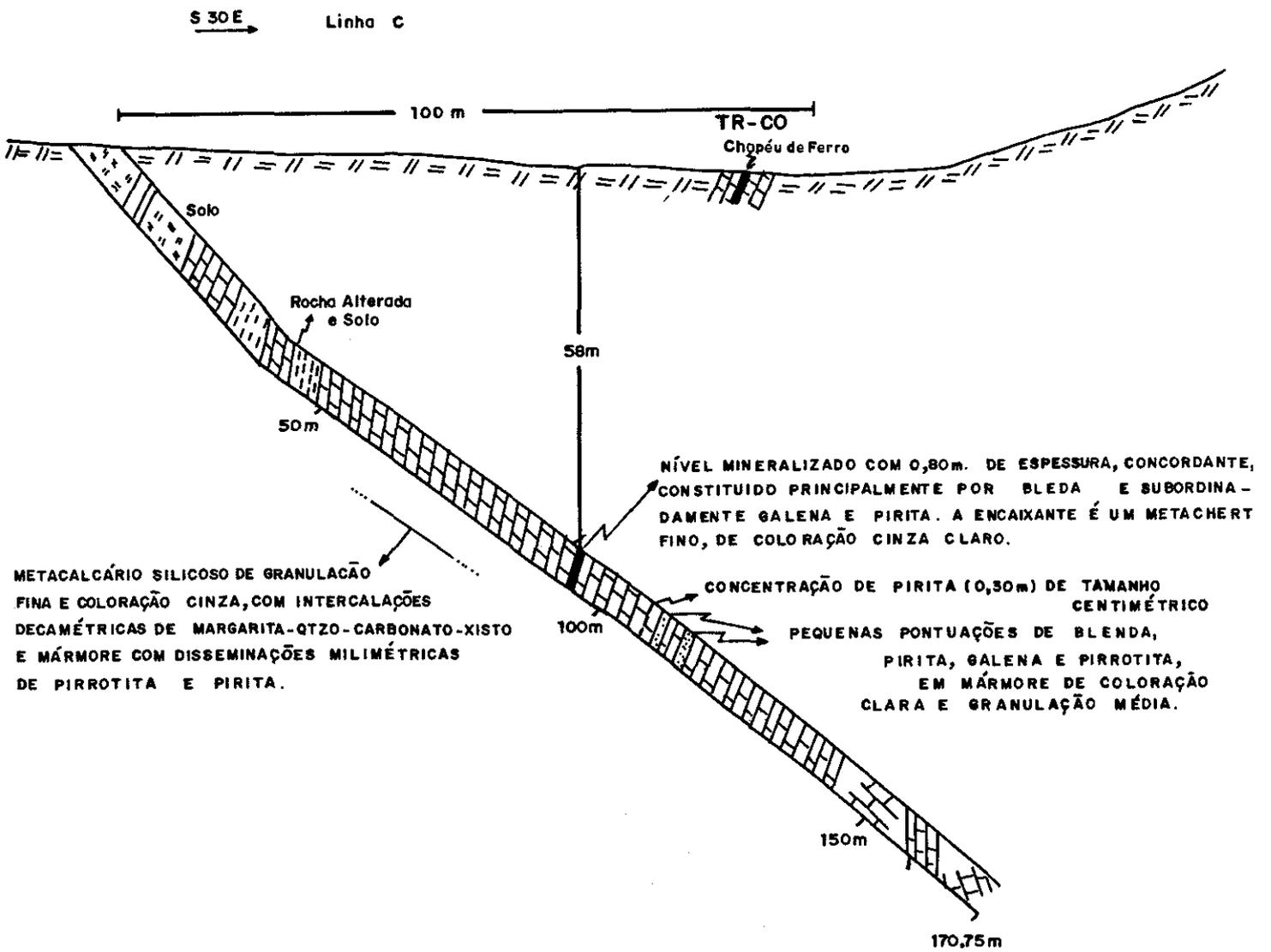


Fig. 22 - FURO DE SONDA Nº 3



#### 6.4 - Descrição dos minerais de minério

Os estudos dos minerais de minério de 17 amostras, (tabela 2), dos dois níveis mineralizados do furo de sonda nº 2, revelaram a presença, em seqüência de abundância decrescente de pirita, pirrotita, blenda, galena, calcopirita e arsenopirita.

A ganga do nível superior é constituída predominantemente por metachert carbonático, com proporções variáveis (tabela 1) de quartzo, calcita e dolomita e subordinadas de margarita, plagioclásio e epidoto. A textura é granoblástica xenomórfica e a granulometria muito fina (da ordem de poucas micras). O nível inferior apresenta ganga composta por maior quantidade de carbonatos, representados por calcita e dolomita, além de quartzo, plagioclásio, flogopita, diopsídio e tremolita; a granulação média varia de 1 a 3 mm e a textura é granoblástica orientada.

Pirrotita: Caracteristicamente é ausente nos níveis mineralizados, ocorrendo apenas nas encaixantes acima e abaixo dos dois horizontes mineralizados, sendo aí, então, o mais abundante, acompanhada pela pirita.

Seu hábito é xenomórfico, com contornos irregulares dando um aspecto cavernoso (Fotomicrografia 1). As dimensões dos grãos são variadas desde poucas micras até 3 mm. A pirrotita ocorre nas rochas encaixantes metacarbonáticas e apresenta inclusões de pirita<sub>1</sub> e minerais de ganga, da própria encaixante carbonática.

Pirita: A pirita e a blenda são os sulfetos mais abundantes da mineralização, sendo que a pirita apresenta-se em duas gerações (pirita<sub>1</sub> e pirita<sub>2</sub>).

A pirita<sub>1</sub>, mais antiga, em geral apresenta hábito xenomórfico, e aspecto cavernoso, com tamanhos dos grãos que variam de poucas micras até 2 mm. A pirita<sub>1</sub> ocorre na encaixante metacarbonática e no metachert e em geral mostra-se com inclusões de ganga e feições estruturais típicas de processos de milonitização, revelando que é de idade anterior à deformação dúctil (Fotomicrografia 2), que afetou os minérios e as rochas encaixantes.

A pirita<sub>2</sub>, apresenta-se geralmente na forma de cristais euédricos, por vezes, com contornos irregulares. O tamanho dos grãos varia de poucas micras até 2,5 cm, ocorrendo em geral, nos metacherts e, preferencialmente, nos horizontes mineralizados. Tem inclusões de blenda<sub>2</sub>, arsenopirita, galena e minerais de ganga. A pirita<sub>2</sub> mostra-se eventualmente fraturada e não apresenta sinais de milonitização, o que, deixa crer, que seja pós-deformação dúctil (Fotomicrografia 3).

Blenda: Constitui-se no segundo sulfeto mais abundante dos horizontes mineralizados, onde ocorre, preferencialmente, nos metacherts. Duas gerações de blenda foram identificadas.

A blenda<sub>1</sub>, mais antiga de hábito xenomórfico, ocorre entrelaçada com a ganga numa textura de aspecto cavernoso (Fotomicrografia 4). Sua granulometria varia de poucas micras até 2 mm. Apresenta inclusões de pirita<sub>1</sub>, pirita<sub>2</sub>, calcopirita e ganga. Encontra-se estirada e dobrada, mostrando que é pré-deformação dúctil.

A blenda<sub>2</sub> apresenta hábito xenomórfico de cristais com contornos geométricos bem definidos, porém com bordas irregulares (Fotomicrografia 5). Os tamanhos dos grãos variam da ordem de poucas micras até 1 mm, podendo ocorrer inclusões de pirita<sub>2</sub> e minerais de ganga. Eventualmente encontra-se fraturada.

A característica marcante destes minerais são as reflexões internas, que ao cruzar os polizadores mostram colorações acarameladas a avermelhadas (cor de

**Tabela 2 - Relação das seções polidas estudadas dos testemunhos do furo de sonda nº 2**

| <b>Nº de Amostras</b> | <b>Profundidade (m)</b> | <b>Zonas Mineralizadas</b> |
|-----------------------|-------------------------|----------------------------|
| CR - 131              | 37,20                   | <b>Superior</b>            |
| CR - 40S              | 86,00                   |                            |
| CR - 132              | 87,00                   |                            |
| CR - 41S              | 87,80                   |                            |
| CR - 42S              | 89,00                   |                            |
| CR - 43S              | 90,00                   |                            |
| CR - 44S              | 91,80                   |                            |
| CR - 133              | 92,70                   |                            |
| CR - 134              | 93,20                   |                            |
| CR - 135              | 93,70                   |                            |
| CR - 45S              | 94,20                   |                            |
| CR - 46S              | 108,70                  |                            |
| CR - 47S              | 110,40                  |                            |
| CR - 136              | 110,80                  |                            |
| CR - 137              | 111,60                  |                            |
| CR - 138              | 111,80                  |                            |
| CR - 48               | 112,00                  |                            |

sangue). Outra característica é a ocorrência de aglomerados de grãos diminutos (aspecto de poeira) com tamanho da ordem de poucas micras inclusos nos metacherts.

Galena: Ocorre preferencialmente nos metacherts isolada ou acompanhando a blenda. Comumente apresenta-se com hábito idiomórfico exibindo típicas feições triangulares de arranque; por vezes ocorre também com hábito xenomórfico (Fotomicrografia 6).

Os grãos exibem tamanhos de até 3 mm. Inclusões de pirita são comuns na galena seguidas por calcopirita e minerais de ganga. Alguns cristais de galena apresentam-se estirados mostrando terem sofrido deformação dúctil.

Calcopirita: Este sulfeto ocorre preferencialmente associado à blenda<sub>1</sub> e, de forma isolada, nos metacherts, em quantidade muito menor que a pirita, a blenda<sub>1</sub> e a galena. Apresenta-se com hábito xenomórfico em geral bordejando, inclusa ou, por vezes, substituindo a blenda<sub>1</sub> (Fotomicrografias 7 e 8). Mostra inclusões de blenda e pirita<sub>1</sub>. O tamanho dos grãos, em geral de poucas micras, pode atingir até 0,5 mm. Apresentam sinais de terem sofrido deformação dúctil.

Arsenopirita: A arsenopirita, em menor quantidade que os outros sulfetos, ocorre associada ao nível inferior de metachert. Apresenta-se com dimensões, em geral de 0,1 mm. Quando não deformada mostra cristais euhedrais e hábito idiomórfico com seções retangulares e romboédricas (Fotomicrografia 9). Quando deformados apresentam-se dobradas e estiradas (Fotomicrografia 11 e 12) o que constitui clara evidência de idade pré-deformação dúctil.

#### a) - Sucessão mineral

Os estudos das seções polidas dos níveis mineralizados do furo de sonda nº 2, assim como descrições mesoscópicas dos furos de sonda nº 1, 2 e 3, permitiriam estabelecer, uma sucessão paragenética para os minerais de minério do depósito João Néri, (quadro 2).

A pirrotita ocorre apenas nas encaixantes da mineralização (metadacito e metacalcários silicosos), estando caracteristicamente ausente no horizonte mineralizado. A pirita<sub>1</sub> ocorre abundantemente nas encaixantes como na própria mineralização.

A blenda<sub>1</sub> de aspecto cavernoso ocorre extensivamente em todo horizonte mineralizado, apresentando evidências de ter se cristalizado antes da calcopirita, já que esta aparece substituindo-a.

A galena encontra-se venulando a pirita<sub>1</sub> (Fotomicrografia 10) e a arsenopirita ocorre inclusa na pirita<sub>2</sub>.

Estas observações apesar de não serem totalmente seguras, são corroboradas pelo fato dos minerais blenda<sub>1</sub>, galena, pirita<sub>1</sub>, calcopirita e arsenopirita terem sofrido deformação dúctil de estiramento e dobramento (Fotomicrografias 11 e 12). Além disso, a pirita<sub>2</sub> e blenda<sub>2</sub> ocorrem com hábito idiomórfico a xenomórfico em locais onde a ganga e os outros sulfetos mostram sinais de milonitização.

Os dados relatados permitem sugerir, que no depósito João Néri, a cristalização dos minerais de minério iniciou-se pela pirrotita e pirita<sub>1</sub>, seguidas pela blenda<sub>1</sub>, galena, calcopirita e arsenopirita. Esses minerais foram submetidos a um processo de deformação dúctil pois seus contornos foram modificados segundo a direção da deformação. A seguir cristalizam a pirita<sub>2</sub> e blenda<sub>2</sub> em grãos euhedrais a

anehedrais. Todos os minerais de minério apresentam-se fraturados, denotando que houve ainda um fenômeno de deformação em estágio rúptil (brechação), quando as encaixantes e os minerais de minério já estavam em condições de baixa temperatura.

Quadro 2- Seqüência de cristalização e deformação dos minerais de minério primários, e de minerais de ganga, observada nos testemunhos de sondagem (Furo nº 2)

| MINERAL PRIMÁRIO    | ROCHA ENCAIXANTE | NÍVEIS MINERALIZADOS |                                                |       | B<br>R<br>E<br>C<br>H<br>A<br>Ç<br>Ã<br>O |
|---------------------|------------------|----------------------|------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------|
| PIRROTITA           | =====            |                      |                                                |       |                                           |
| PIRITA <sub>1</sub> | =====            | =====                | D<br>E<br>F<br>O<br>R<br>M<br>A<br>Ç<br>Ã<br>O |       |                                           |
| BLEND <sub>1</sub>  |                  | =====                |                                                |       |                                           |
| GALENA              |                  | =====                |                                                |       |                                           |
| CALCOPIRITA         |                  | =====                |                                                |       |                                           |
| ARSENOPIRITA        |                  | =====                |                                                |       |                                           |
| PIRITA <sub>2</sub> |                  |                      |                                                | ===== |                                           |
| BLEND <sub>2</sub>  |                  |                      |                                                | ===== |                                           |
| QUARTZO             | =====            | =====                |                                                | ===== |                                           |
| CALCITA             | =====            | =====                |                                                | ===== |                                           |
| DOLOMITA            | =====            | =====                |                                                | ===== |                                           |
| PLAGIOCLÁSIO        | =====            | =====                | =====                                          |       |                                           |
| MARGARITA           | =====            |                      |                                                | ===== |                                           |
| FLOGOPITA           | =====            |                      |                                                | ===== |                                           |
| DIOPSÍDIO           | =====            |                      |                                                | ===== |                                           |
| GRANADA             | =====            |                      |                                                | ===== |                                           |
| TREMOLITA           | =====            |                      |                                                | ===== |                                           |
| EPIDOTO             | =====            |                      |                                                | ===== |                                           |

### 6.5 - Filitos e Quartzo-clorititos: Caracterização dos protólitos das rochas através dos elementos maiores, traços e ETR.

As rochas aqui designadas, filitos, ocorrem de forma lenticular (furos 4A e 5A, Fig. 19) sotopostas ao horizonte mineralizado do depósito João Néri, com persistente homogeneidade ao longo de sua espessura (até 96 m) e extensão. Apresentam coloração cinza e granulação muito fina. São constituídos por sericita (60%), quartzo (30%) e minerais opacos (9%) e, como acessórios, tem-se a clorita e a turmalina. A homogeneidade na sua constituição mineralógica, granulação fina e a ocorrência de minerais opacos (pirita e pirrotita), sugerem tratar-se de tufos. Os quartzo-clorititos descritos no capítulo 6.3 apresentam características que também levam a suspeitar de ser rocha vulcânica. Portanto, estas considerações nos levaram a submeter algumas amostras destas rochas a análises químicas, a seguir comentadas, com o objetivo de identificar os possíveis protólitos das mesmas.

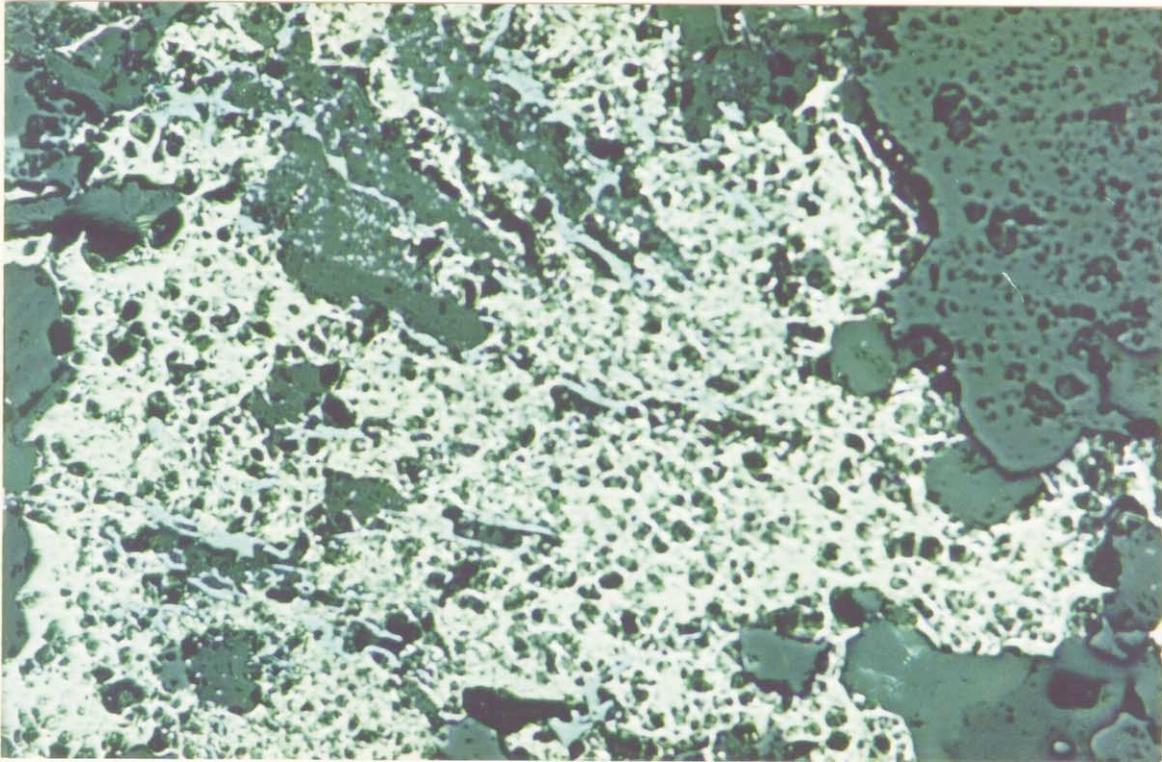
Os dados composicionais (tabela 3), relativos às rochas subjacentes ao horizonte mineralizado do depósito João Néri, denominadas mesoscopicamente de "filito" e "quartzo-cloritito", representadas pelas amostras:

- CR-200 - 90m de profundidade do furo 4A;
- CR-201 - 104m de profundidade do furo 5A;

TABELA 3 - Dados químicos de "filitos" e "quartzo-clorititos"

| Nº AMOSTRA<br>UN. GEOL.        | CR-200<br>filitos | CR-201<br>filitos | CR-78S<br>filitos | CR-202<br>quartzo-<br>cloritito | CR-203<br>quartzo-<br>cloritito | CR-204<br>quartzo-<br>cloritito | CR-77S<br>quartzo-<br>cloritito |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 67,5              | 66,0              | 66,8              | 48,3                            | 58,8                            | 63,4                            | 62,7                            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13,6              | 15,2              | 17,0              | 12,1                            | 12,1                            | 11,8                            | 11,3                            |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,2               | 0,95              | 1,2               | 2,0                             | 1,2                             | 1,1                             | 0,77                            |
| FeO                            | 4,0               | 5,1               | 2,8               | 13,0                            | 10,1                            | 9,1                             | 3,1                             |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,55              | 0,55              | 0,71              | 1,6                             | 1,3                             | 0,72                            | 0,54                            |
| MnO                            | 0,39              | 0,39              | 0,05              | 0,33                            | 0,20                            | 0,27                            | 0,10                            |
| CaO                            | 2,3               | 1,1               | 0,70              | 7,2                             | 4,9                             | 4,0                             | 10,4                            |
| MgO                            | 1,7               | 1,9               | 2,0               | 3,9                             | 2,0                             | 1,5                             | 4,1                             |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,0               | 1,0               | 0,54              | 0,13                            | 2,6                             | 0,20                            | 0,94                            |
| K <sub>2</sub> O               | 3,7               | 3,7               | 4,8               | 1,5                             | 0,66                            | 2,5                             | 2,9                             |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,057             | 0,057             | 0,06              | 0,10                            | 0,29                            | 0,16                            | 0,11                            |
| P.F.                           | 3,47              | 3,33              | 3,3               | 8,38                            | 4,68                            | 4,06                            | 1,7                             |
| umidade                        | -                 | -                 | 0,3               | -                               | -                               | -                               | 0,5                             |
| S                              | -                 | -                 | -                 | -                               | -                               | -                               | 0,51                            |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,027             | 0,027             | -                 | 0,014                           | 0,005                           | 0,005                           | -                               |
| NiO                            | 0,008             | 0,008             | -                 | < 0,003                         | < 0,003                         | < 0,003                         | -                               |
| F                              | 0,063             | 0,079             | -                 | 0,048                           | 0,044                           | 0,033                           | -                               |
| Cl                             | 0,002             | < 0,002           | -                 | 0,005                           | 0,006                           | 0,020                           | -                               |
| total                          | 99,53             | 99,32             | 100,26            | 98,58                           | 98,87                           | 98,85                           | 99,67                           |
| Nb                             | 12                | 21                | -                 | 9                               | 17                              | 14                              | -                               |
| Rb                             | 141               | 162               | -                 | 49                              | 29                              | 86                              | -                               |
| Ba                             | 850               | 1.066             | -                 | 244                             | 170                             | 353                             | -                               |
| Co                             | 26                | 21                | -                 | 32                              | 27                              | 25                              | -                               |
| Ni                             | 61                | 61                | -                 | 16                              | < 10                            | < 10                            | -                               |
| Cu                             | 41                | 27                | -                 | 96                              | 97                              | 83                              | -                               |
| Zr                             | 212               | 173               | -                 | 84                              | 148                             | 163                             | -                               |
| Y                              | 23                | 13                | -                 | 21                              | 41                              | 42                              | -                               |
| V                              | 46                | 69                | -                 | 736                             | 16                              | < 10                            | -                               |
| Cr                             | 184               | 186               | -                 | 94                              | 34                              | 37                              | -                               |
| U                              | < 10              | < 10              | -                 | < 10                            | < 10                            | < 10                            | -                               |
| Th                             | 7                 | 10                | -                 | < 5                             | < 5                             | < 5                             | -                               |
| Sc                             | 16                | 15                | -                 | 35                              | 25                              | 24                              | -                               |
| Zn                             | 87                | 82                | -                 | 160                             | 124                             | 140                             | -                               |
| La                             | 166,27            | 196,52            | -                 | 38,69                           | 69,40                           | 85,40                           | -                               |
| Ce                             | 115,41            | 158,80            | -                 | 35,46                           | 68,08                           | 80,59                           | -                               |
| Nd                             | 96,05             | 88,41             | -                 | 27,41                           | 53,06                           | 68,00                           | -                               |
| Sm                             | 52,48             | 44,44             | -                 | 20,39                           | 37,95                           | 46,18                           | -                               |
| Eu                             | 23,64             | 17,68             | -                 | 11,13                           | 20,42                           | 22,66                           | -                               |
| Gd                             | 25,26             | 19,36             | -                 | 16,33                           | 28,90                           | 30,30                           | -                               |
| Dy                             | 15,99             | 9,90              | -                 | 17,30                           | 26,43                           | 25,37                           | -                               |
| Ho                             | 14,10             | 8,25              | -                 | 16,17                           | 24,78                           | 23,40                           | -                               |
| Er                             | 12,57             | 6,53              | -                 | 16,01                           | 24,62                           | 22,66                           | -                               |
| Yb                             | 9,63              | 4,20              | -                 | 13,47                           | 19,20                           | 19,27                           | -                               |
| Lu                             | 8,35              | 3,97              | -                 | 11,77                           | 16,42                           | 16,77                           | -                               |
| LaN/LuN                        | 19,91             | 49,40             | -                 | 3,28                            | 4,22                            | 5,09                            | -                               |
| LaN/SmN                        | 3,16              | 4,42              | -                 | 1,89                            | 1,83                            | 1,84                            | -                               |
| EuN/Eu*                        | 0,60              | 0,55              | -                 | 0,60                            | 0,61                            | 0,59                            | -                               |

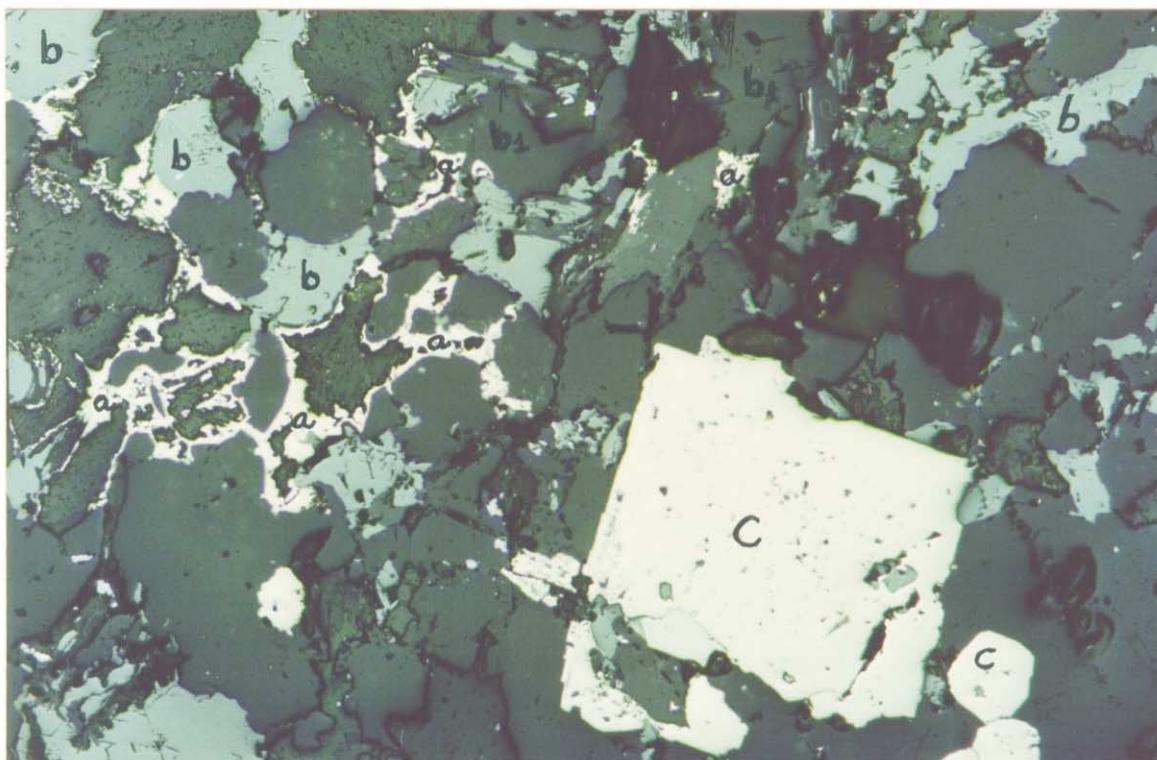
Análises efetuadas no LAMIM/RJ: CR - 77S e CR 78S  
 Análises efetuadas na GEOSOL: CR- 200, 201, 202, 203 e 204



Fotomicrografia 1 (CR-46S) - Pirrotita (mais clara) com aspecto cavernoso, disposta na ganga (mais escura), com várias inclusões de blenda<sub>1</sub>, esta com disposição planar paralela à estratificação da encaixante. Dimensão maior da foto = 1,4mm.



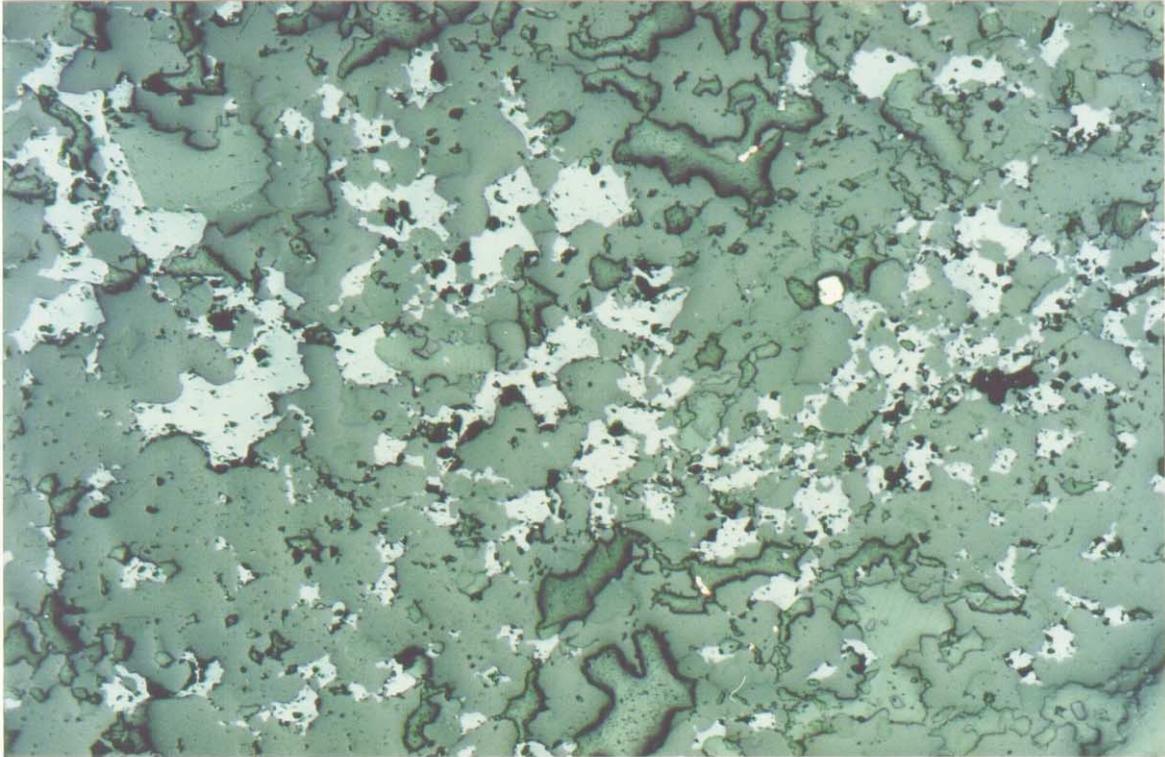
Fotomicrografia 2 (CR-41S) - Banda constituída por pirita<sub>1</sub>, concordante com a estratificação da encaixante. Dimensão maior da foto = 2,8mm



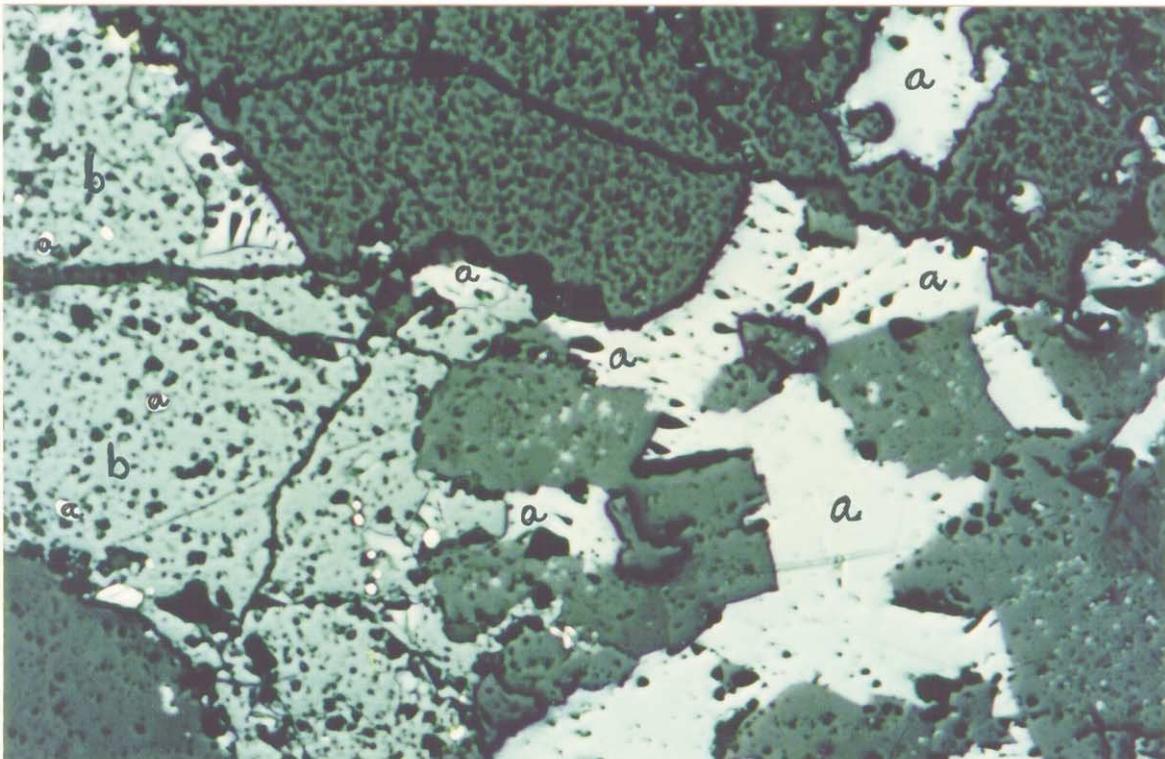
Fotomicrografia 3 (CR-46S) - Pirita<sub>1</sub> (a) de hábito xenomórfico contornando grãos de ganga e blenda<sub>1</sub> (b) por vezes estirada (b<sub>1</sub>). Grãos de pirita<sub>2</sub> (c) de hábito idiomórfico, com inclusões de blenda<sub>1</sub>. Dimensão maior da foto = 1,4mm.



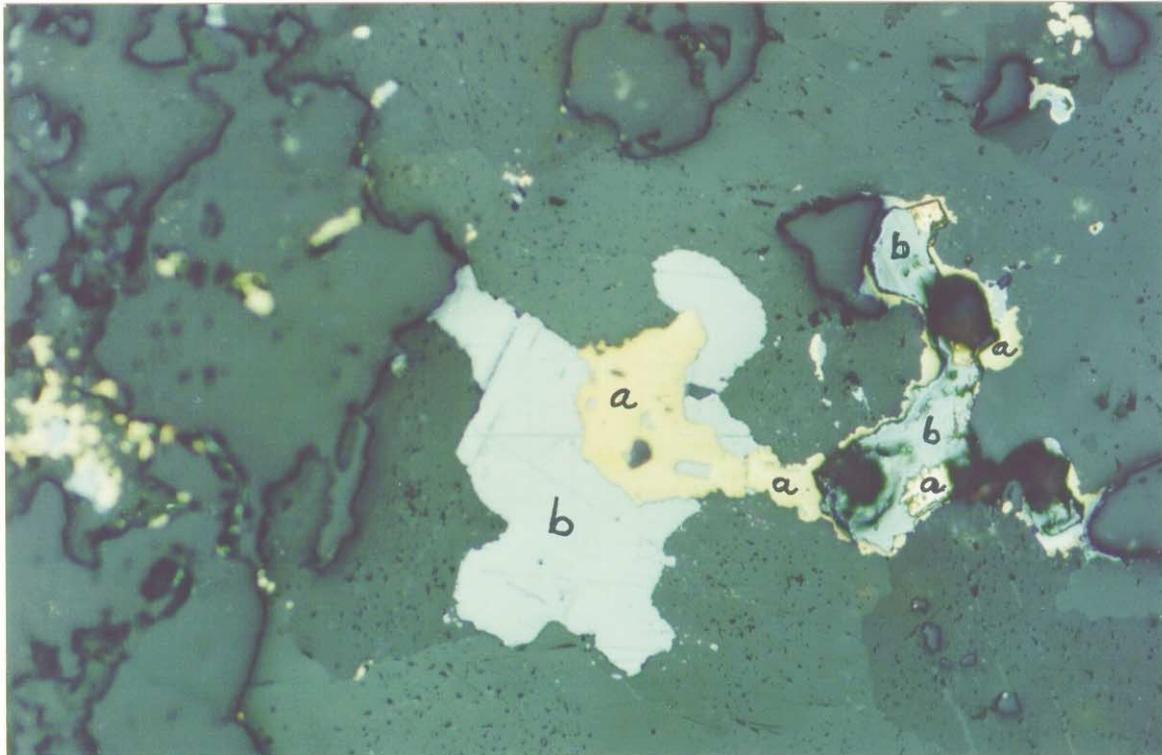
Fotomicrografia 4 (CR-43S) - Blenda<sub>1</sub> com hábito xenomórfico e aspecto cavernoso, apresenta inclusões de pirita<sub>2</sub> idiomórfica intercrescida posteriormente. Dimensão maior da foto = 2,8mm.



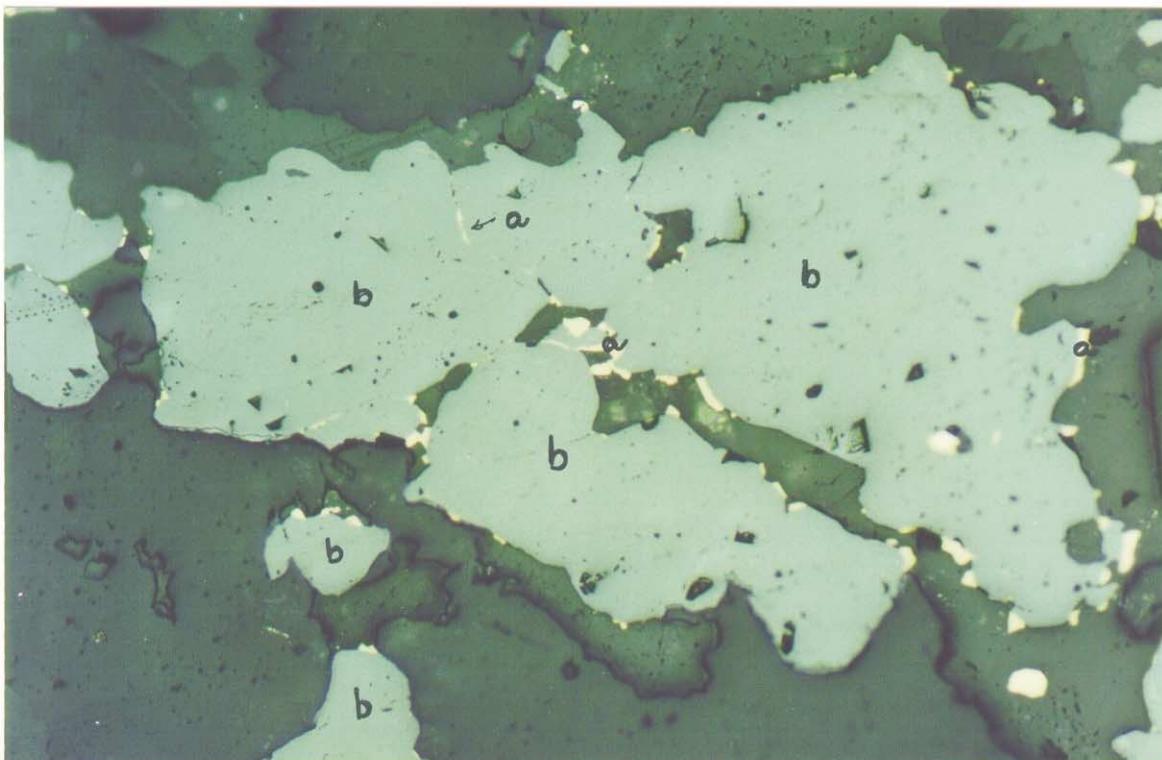
Fotomicrografia 5 (CR-42S) - Blenda<sub>2</sub> de hábito xenomórfico, mas com contorno dos grãos bem definidos, ocorre em disseminações esparsas. Dimensão maior da foto = 2,8mm



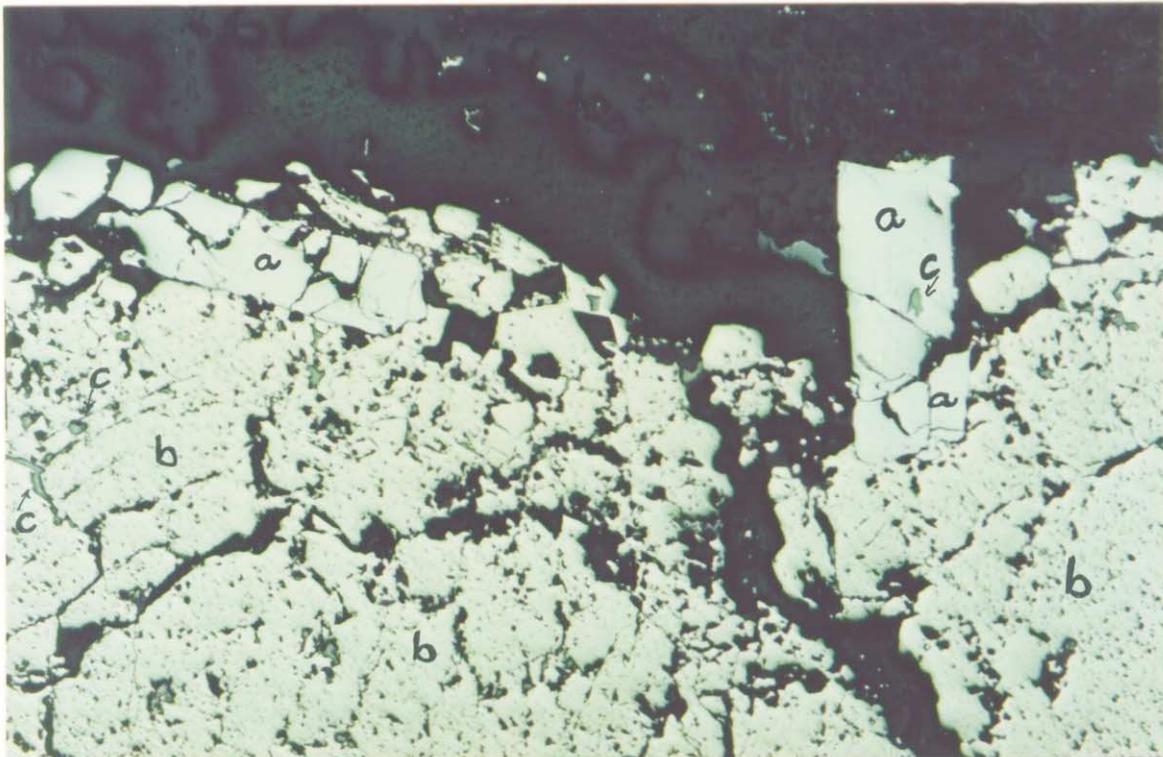
Fotomicrografia 6 (CR-135) - Galena (a) com hábito subidiomórfico, com figuras de arranque e inclusa na blenda<sub>1</sub> (b). Dimensão maior da foto = 2,8mm



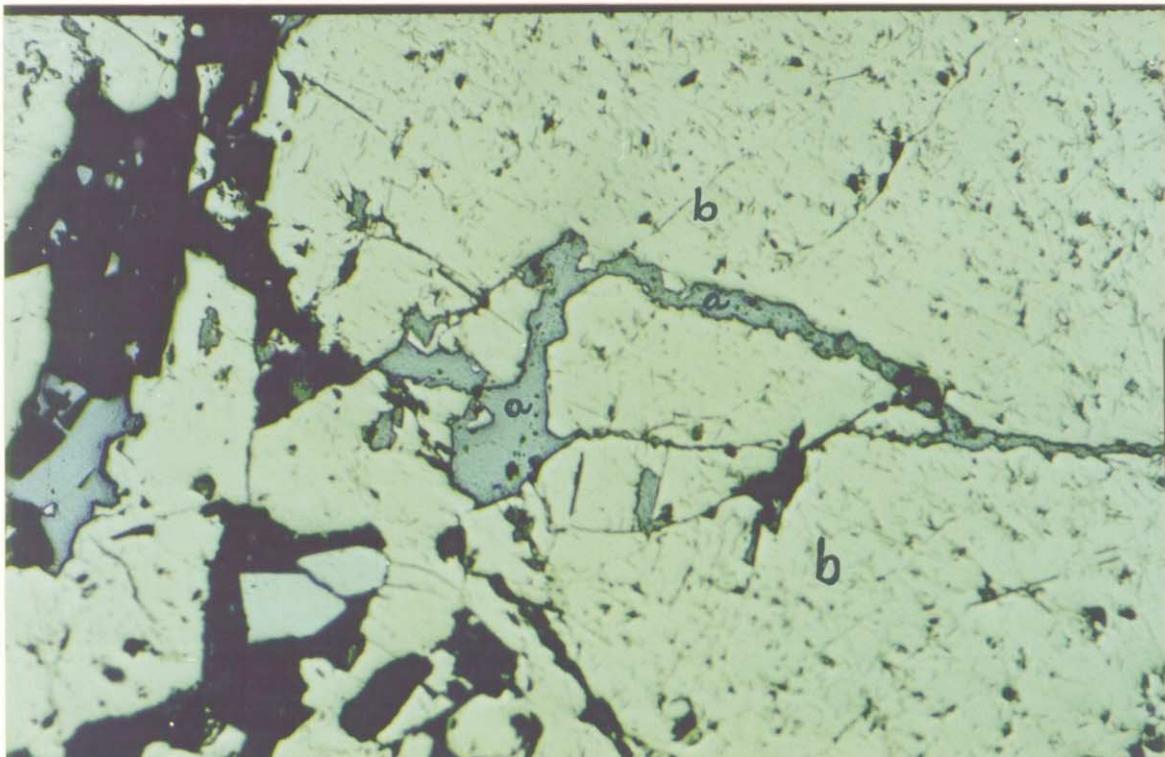
Fotomicrografia 7 (CR-135) - Calcopirita (a) inclusa e substituindo a blenda<sub>1</sub> (b), respectivamente no centro e na parte direita da foto. Dimensão maior da foto = 1,4mm



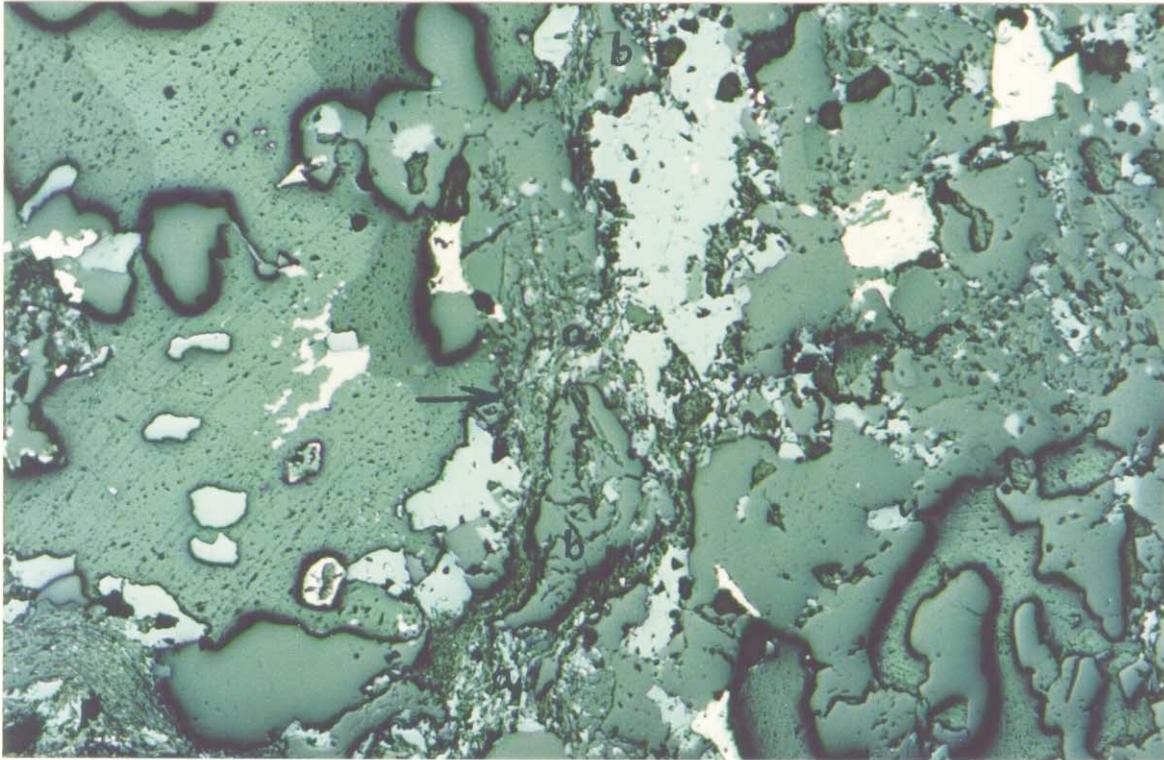
Fotomicrografia 8 (CR-135) - Calcopirita (a) bordejando e inclusa na blenda<sub>2</sub> (b). Dimensão maior da foto = 0,7mm



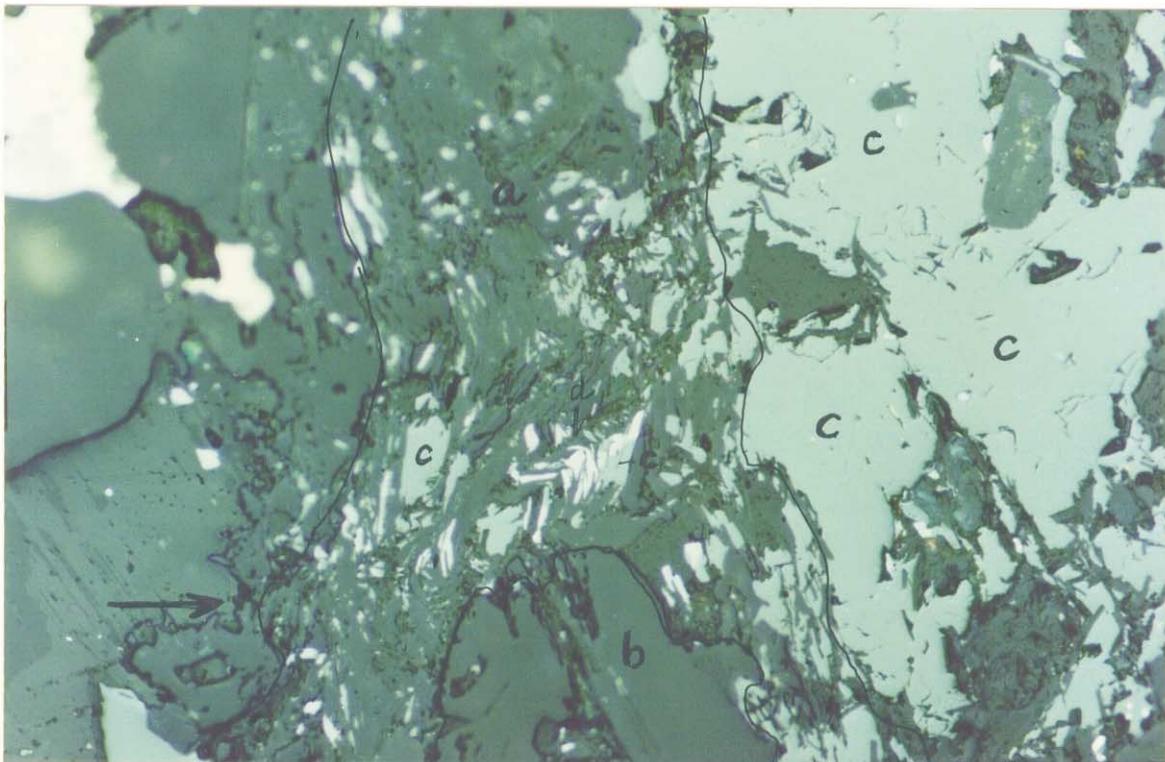
Fotomicrografia 9 (CR-46S) - Arsenopirita (a) inclusa na pirita<sub>1</sub> (b). Inclusão de galena (c) na arsenopirita e pirita<sub>1</sub> e ainda preenchendo fraturas da pirita<sub>1</sub>. Dimensão maior da foto = 2,8mm



Fotomicrografia 10 (CR-46S) - Galena (a) preenchendo fraturas na pirita<sub>1</sub>. Dimensão maior da foto = 0,7mm



Fotomicrografia 11 (CR-46S) - Microzonas de cisalhamento dúctil (a) com porções internas ainda preservadas (b). Dimensão maior da foto = 2,8mm



Fotomicrografia 12 (CR-46S) - Detalhe da foto anterior, onde se observa a blenda, (c) e arsenopirita (d) estiradas e dobradas, numa microzona de cisalhamento dúctil (a). Dimensão maior da foto = 0,7mm

CR-78S - 124,3m de profundidade do furo 5A;

CR-202 - 108m de profundidade do furo 4A;

CR-203 - 121m de profundidade do furo 4A;

CR-204 - 157m de profundidade do furo 5A;

CR-77S - 160m de profundidade do furo 5A; foram plotados em diagramas binários para alguns elementos/óxidos selecionados, revelaram que:

1) No diagrama TAS (Total alcalis x sílica), segundo Le Maître, apud Cox et alii (1979), de classificação de rochas ígneas (Fig. 23A), as amostras CR-200, 201 e 78S posicionam-se no campo dos dacitos, ao passo que as amostras CR-203 e 77S encontram-se no campo dos andesitos, enquanto que, as amostras CR-202 e 204 apresentam composições próximas, entretanto fora das faixas das rochas basálticas e andesíticas, respectivamente;

2) no diagrama de classificação de rochas ígneas de Winchester & Floyd (1977), baseado nos teores de sílica versus  $\log (Zr/TiO_2)$  (Fig. 23B), o posicionamento das amostras é em geral similar ao diagrama anterior, com as amostras CR-200 e 201 no campo do riodacito/dacito, as CR-204 e 203 no campo do dacito/andesito e a CR-202 no campo dos basaltos sub alcalinos;

3) para o diagrama de elementos imóveis, baseado nos teores de  $\log (Zr/TiO_2)$  versus  $\log (Nb/Y)$ , Winchester & Floyd (op. cit.) (Fig. 23C), ocorrem alguns deslocamentos anômalos. Por exemplo, a amostra CR-201, que nos diagramas anteriores figura nos campos dos dacitos e/ou riodacitos, neste diagrama plota no campo dos basaltos alcalinos, (Fig. 23C), e que conflita totalmente com seus teores de  $SiO_2$  (maiores que 65%), provavelmente devido a processos hidrotermais superimpostos.

As demais amostras analisadas confirmaram, no essencial, os resultados anteriores (fig. 23C).

Análises dos Elementos Terras Raras - ETR, posteriormente normalizados para condritos (Evensen et alii 1978) foram efetuadas nas amostras CR 200, 201, 202, 203 e 204, (tabela 3).

As amostras CR-200 e 201 descritas inicialmente como "filitos", posicionados a 20m abaixo do nível inferior da mineralização, apresentam padrões de distribuição dos ETR com elevado enriquecimento dos ETR leves em relação aos ETR médios e pesados, (as razões  $LaN/SmN = 3,1$  e  $4,4$ ,  $LaN/LuN = 19,9$  e  $49,4$ , respectivamente), e leve anomalia negativa de  $EuN/Eu^* = 0,60$  e  $0,55$  (Fig. 24).

Esses padrões de ETR assemelham-se àqueles apresentados por Condie (1981) para rochas vulcânicas ácidas/intermediárias e félsicas. Também são similares aos padrões de ETR de metatufo (AG-06/33B) e de um corpo intrusivo de composição traqui-andesítico (FPS-6/26B) da Mina do Perau, descritos por Bettencourt e Daitx (1993), reproduzidos na figura 26.

As amostra CR-202, 203 e 204 posicionadas num corpo de rocha (quartzocloritito), sotoposto ao "filito" (furos 4A e 5A) e às rochas carbonáticas (furo 01), a cerca de 70m abaixo do nível mineralizado, apresentam padrões de distribuição dos ETR similares entre si (Fig. 27), e menos assimétricos em relação às amostras CR-200 e 201 (Fig. 24), com razões  $LaN/LuN = 3,28$ ,  $4,22$  e  $5,09$ ,  $LaN/SmN = 1,89$ ,  $1,83$  e  $1,84$  e anomalias negativas de  $EuN/Eu^* = 0,60$ ,  $0,61$  e  $0,59$ , respectivamente.

A amostra CR-202, posicionada mais afastada do horizonte mineralizado, em relação às amostras CR-203 e 204, apresenta teores menores de ETR, principalmente de ETR leves. Aspecto contrário às amostras de rocha quartzosericíticas associadas aos níveis mineralizados da Mina do Perau, que apresentam

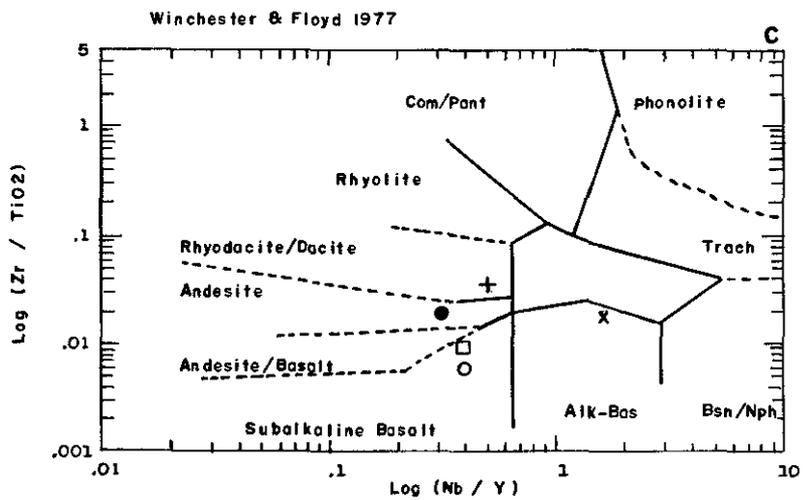
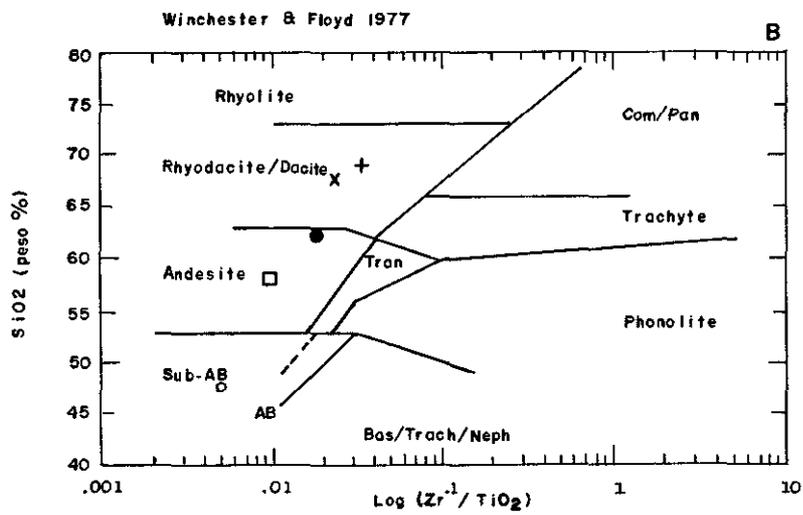
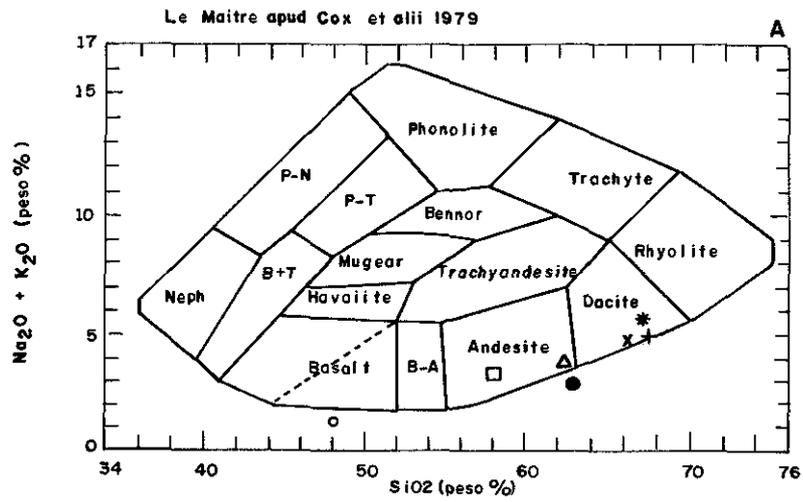
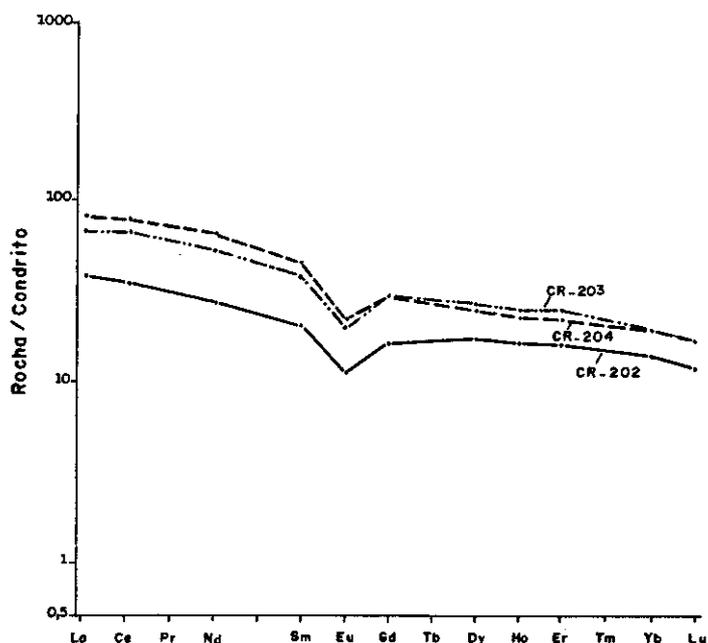
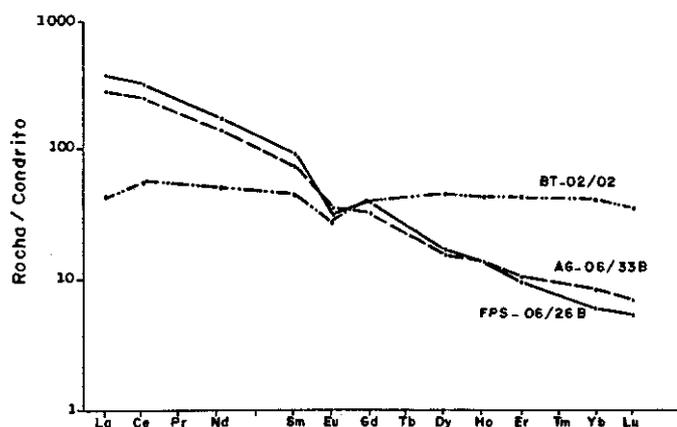
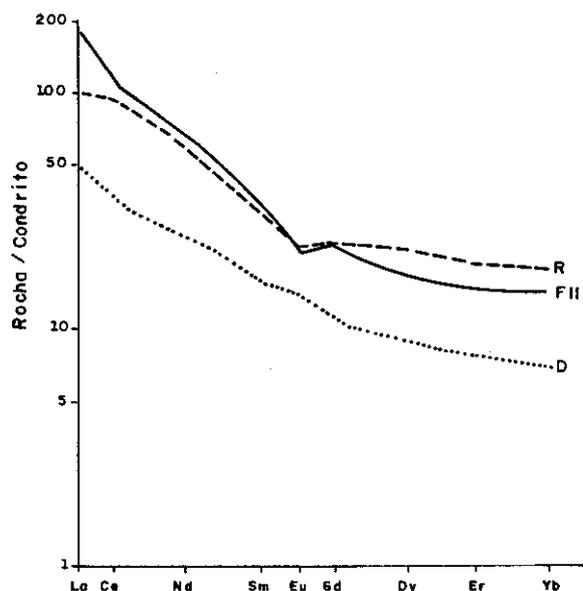
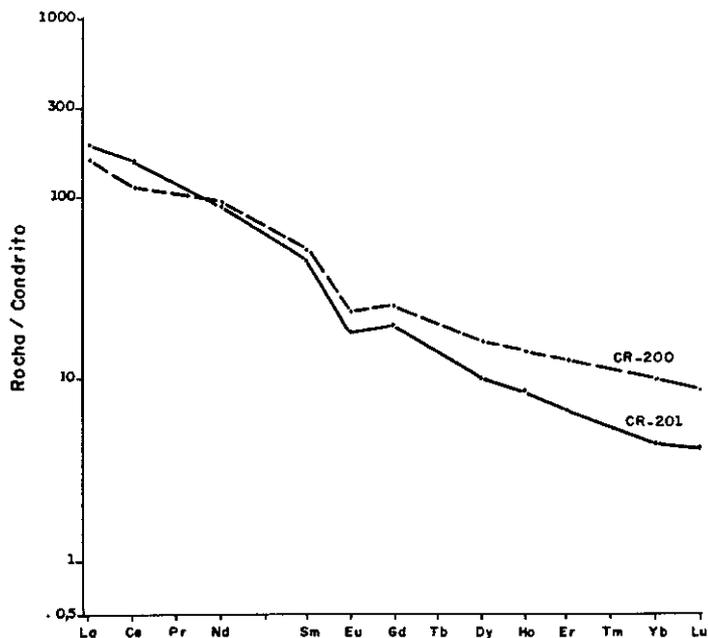


Fig.: 23 Representação das rochas "filíticas", CR-78s ( $\ast$ ), CR-200 ( $+$ ), CR-201 ( $\times$ ) e "quartzo-cloritíneas" CR-77s ( $\Delta$ ), CR-202 ( $\circ$ ), CR-203 ( $\square$ ) e CR-204 ( $\bullet$ ), em relação aos campos composicionais das principais rochas ígneas vulcânicas.



teores mais altos de ETR leves e intermediárias à medida que se aproximam do minério representativo de um em ambiente originalmente de alta razão fluído-rocha, segundo Bettencourt & Daitx (op. cit.).

Entretanto o padrão de distribuição dos ETR dessas amostras, aproximam-se do padrão dos "meta-felsitos" BT-02/02 (Bettencourt & Daitx op. cit.), da área Betara (Fig. 26), considerado pelos autores acima, como protólito hipotético das rochas quartzo-sericíticas da Mina do Perau. E, assemelha-se também aos andesitos arqueanos do tipo I e III de Condie (op. cit.) (Fig. 28).

O estudo apresentado acima integrado ao estudo microscópico (pag. 49-50), permite sugerir que os protólitos dos "filitos" foram tufos de afinidade dacítica e dos "quartzo-clorititos", andesitos, que sofreram hidrotermalismo pré-metamorfismo.

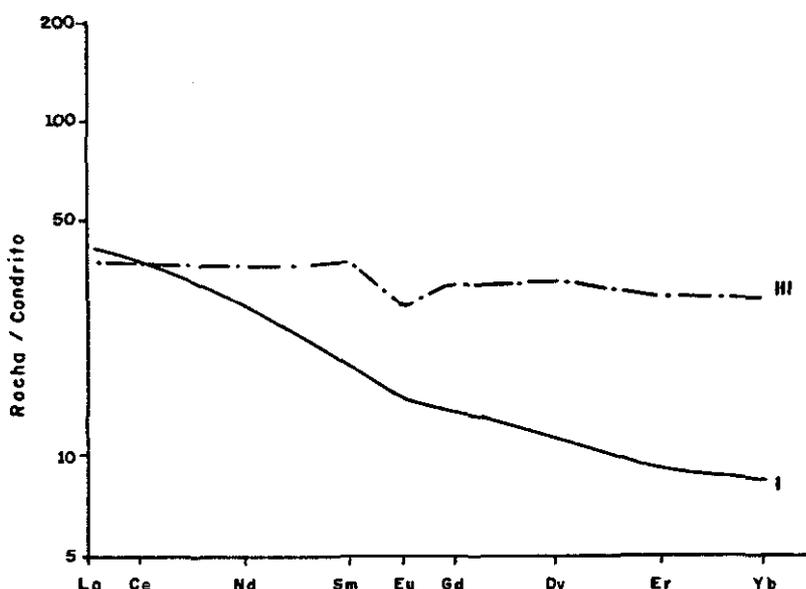


Fig.: 28 - Padrões de Terras Raras, condrito normalizados para andesitos arqueanos dos tipos I e III (CONDIE, 1981).

## 6.6 - Análises químicas das amostras dos testemunhos de sondagem

Os dados dos principais elementos das análises químicas, efetuadas, nos três furos de sonda descritos anteriormente, plotados em gráficos de teores versus profundidades, permitem tecer algumas considerações (gráficos de 1 a 13):

- ocorre um aumento expressivo nos teores dos elementos Pb, Zn, Ag, Ba, Cd e Fe nos níveis mineralizados;
- houve uma significativa diminuição de B nos níveis mineralizados (gráfico 6). Isto pode indicar que durante sua deposição a mineralização, não manteve contato direto (mistura) com a água do mar;
- foi detectado a presença de Au nos níveis mineralizados (anexos 2 e 3);
- Mg e Ca ocorrem em menores quantidades nos níveis mineralizados, sugerindo que não tiveram participação ativa na formação do minério;
- o Cu acompanhou, a grosso modo, os outros metais do minério, entretanto os valores mais elevados de Cu ocorrem nos "quartzo-clorititos" (possíveis metandesitos hidrotermalizados).

Foram ainda efetuadas análises (por espectrometria óptica) de duas amostras de barita (tabela 4), visto que suas indicações em termos de alguns elementos menores pode fornecer indicações genéticas. Segundo Puchelt (1967) baixos teores de Sr (0,3 - 1,5%) nas baritas indicariam sua origem exalativa-submarina (singenéticas) separando-as das baritas hidrotermal-magmáticas (tipo veio epigenético), que em geral apresentam teores Sr maiores que 1%, não excedendo 1,5%. Os teores de Sr nas baritas do depósito João Néri não ultrapassam 0,05%, (tabela 4). Resultados similares foram obtidos em várias análises, horizonte mineralizado do furo 02 (em anexo); portanto, os dados geoquímicos do Sr, são condizentes com baritas singenéticas de origem exalativa.

Tabela 4 - Dados químicos de amostras de barita do depósito João Néri (espectrometria óptica de emissão semi-quantitativa)

| AMOSTRA<br>ELEMENTO | CR-01   | CR-01C  |
|---------------------|---------|---------|
| Fe                  | 0,5     | 10      |
| Mg                  | 0,5     | 0,7     |
| Ca                  | 0,7     | 0,1     |
| Ti                  | 0,1     | 0,07    |
| Mn                  | 200     | 500     |
| Ag                  | 2       | 20      |
| As                  | n.d.    | n.d.    |
| Au                  | n.d.    | n.d.    |
| B                   | < 10    | < 10    |
| Ba                  | > 5.000 | > 5.000 |
| Pb                  | 150     | 2.000   |
| Sb                  | n.d.    | n.d.    |
| Sc                  | n.d.    | 5       |
| Sn                  | n.d.    | 100     |
| Sr                  | 500     | < 100   |

| AMOSTRA<br>ELEMENTO | CR-01 | CR-01C |
|---------------------|-------|--------|
| V                   | 10    | 30     |
| W                   | n.d.  | n.d.   |
| Y                   | n.d.  | < 10   |
| Zn                  | 500   | 3.000  |
| Zr                  | 70    | 70     |
| Be                  | 2     | 1,5    |
| Bi                  | n.d.  | n.d.   |
| Cd                  | n.d.  | < 20   |
| Co                  | 5     | 30     |
| Cr                  | 30    | 50     |
| Cu                  | 5     | 20     |
| La                  | n.d.  | n.d.   |
| Mo                  | n.d.  | 7      |
| Nb                  | < 10  | < 10   |
| Ni                  | 5     | 20     |

Análises efetuadas no LAMIM/RJ

As análises químicas das amostras CR-71 (furo 4A) e CR-76 (furo 5A), de quartzo-cloritito, efetuadas por espectrometria óptica de emissão semiquantitativa (anexos 4 e 5), não revelaram valores de Zn, Sr, Ag, Cd, Au, porém, assinalaram baixo valor de Pb (15 ppm) e altos teores de Cu (500 ppm) e Fe (10%).

Essa rocha, caracterizada como possível metandesito hidrotermalizado pré-metamorfismo, encontra-se a cerca de 20m (furo 01) e 67m (furos 4A e 5A), abaixo do nível mineralizado do depósito João Néri. Apresenta em subsuperfície as dimensões conhecidas de 150m de extensão e no mínimo 34m de espessura. A caracterização de hidrotermalito (cloritização e carbonatação), a não detecção em superfície, o maior conteúdo de Fe e Cu em relação aos elementos Zn, Pb, Ag e Cd, a ocorrência na lapa da mineralização, sugerem que estas rochas constituem uma "zona de alteração hidrotermal", ou seja uma zona subjacente à mineralização,

Gráfico 1 - RESULTADO DE ANÁLISES  
FURO DE SONDA Nº 1

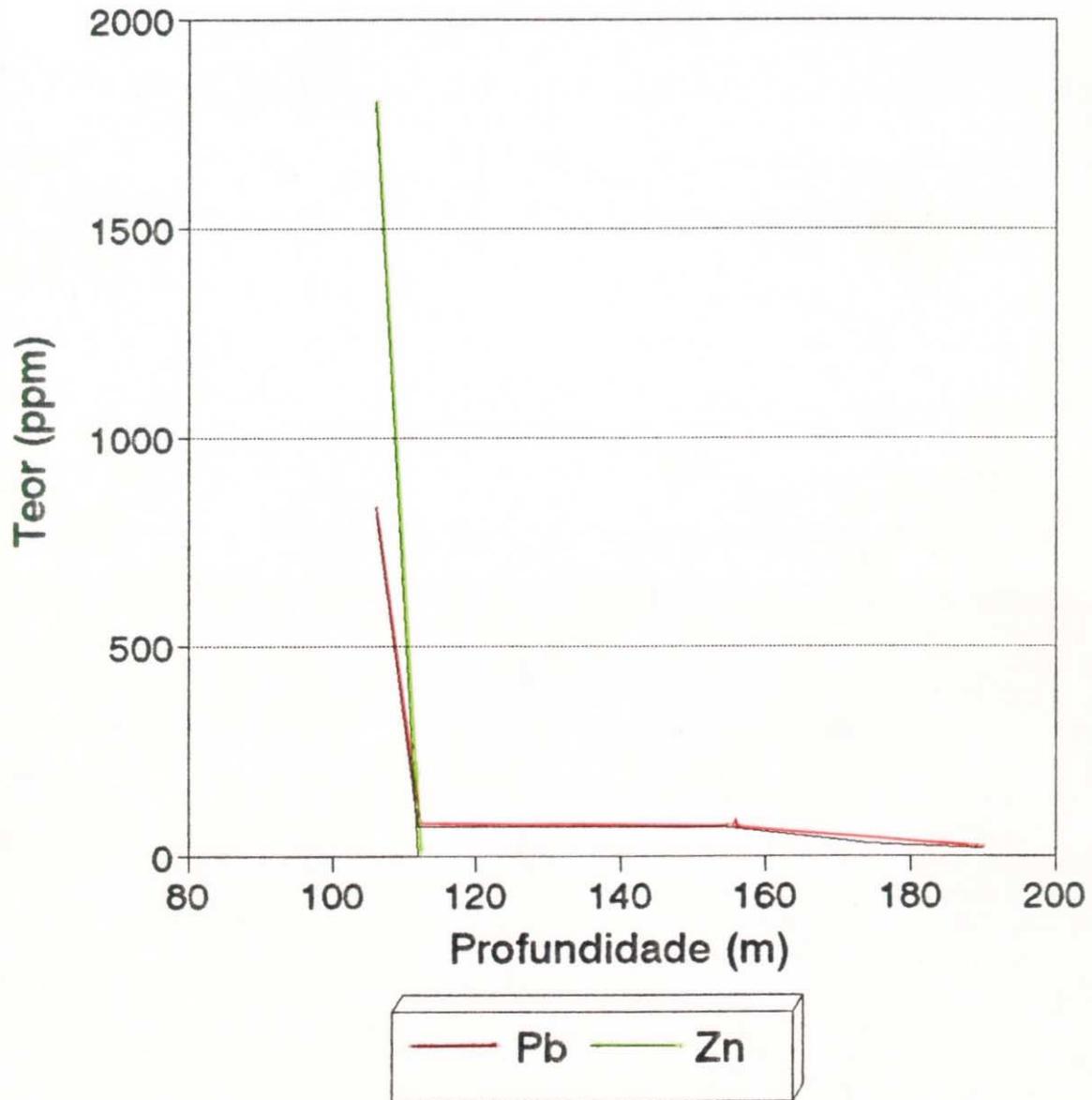


Gráfico 2 - RESULTADO DE ANÁLISES  
FURO DE SONDA Nº 1

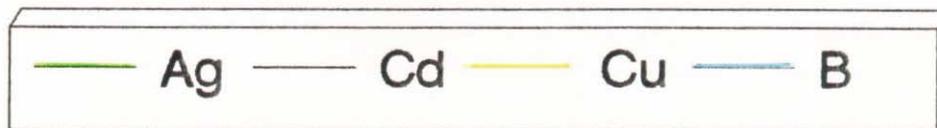
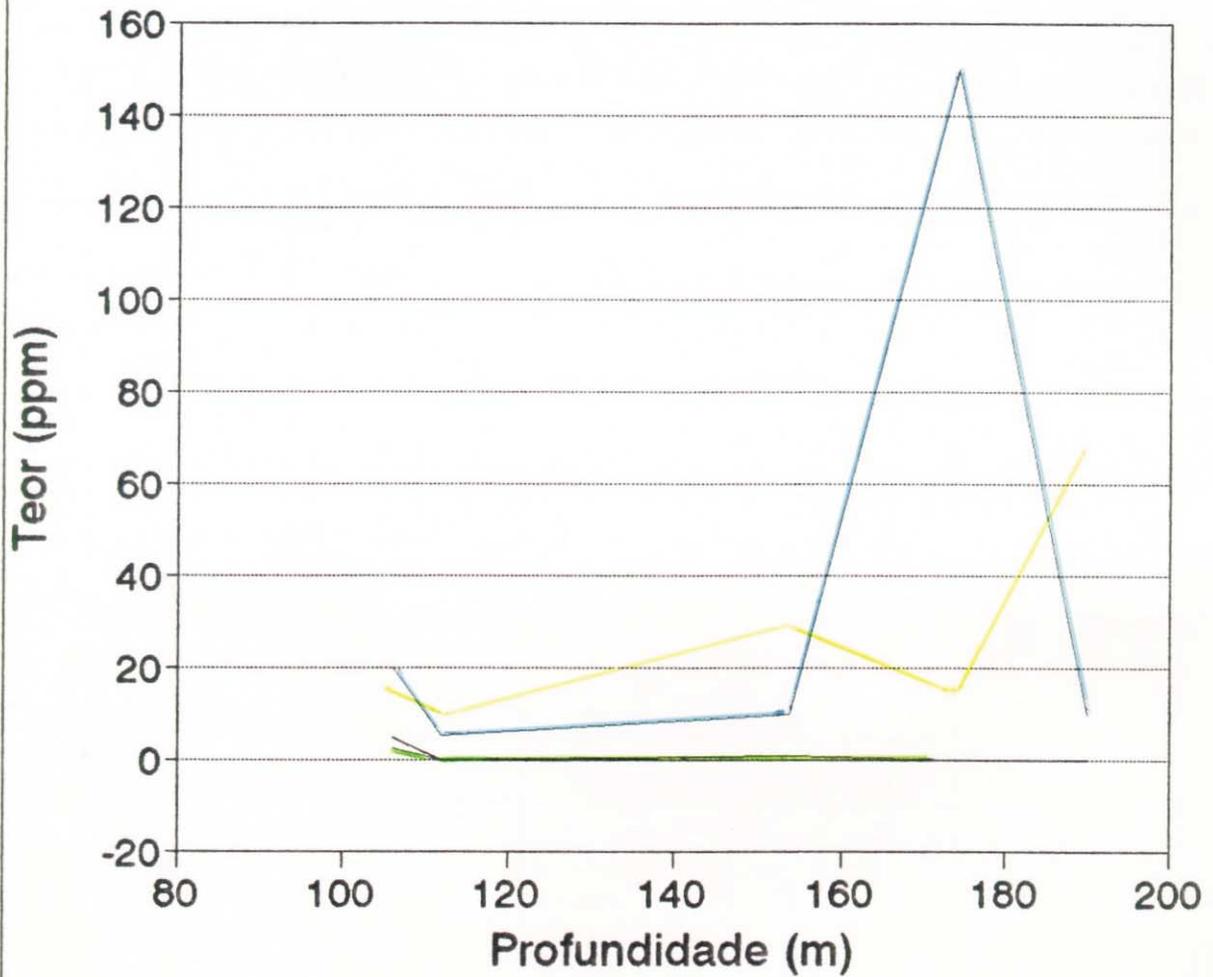


Gráfico 3 - RESULTADO DE ANÁLISES  
FURO DE SONDA Nº 1

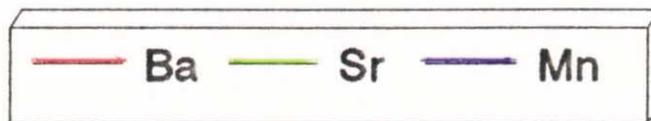
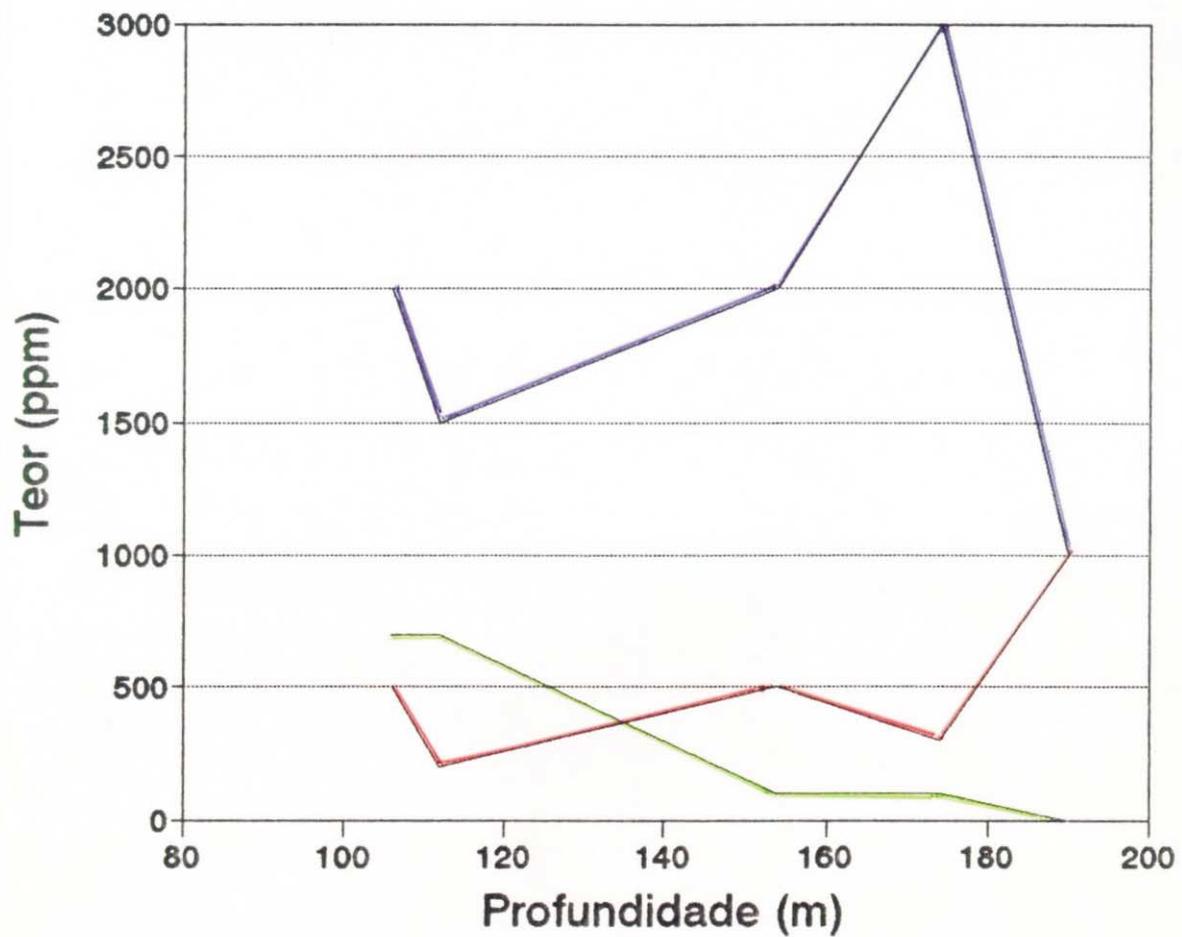


Gráfico 4 - RESULTADO DE ANÁLISES  
Furo de Sonda N° 1

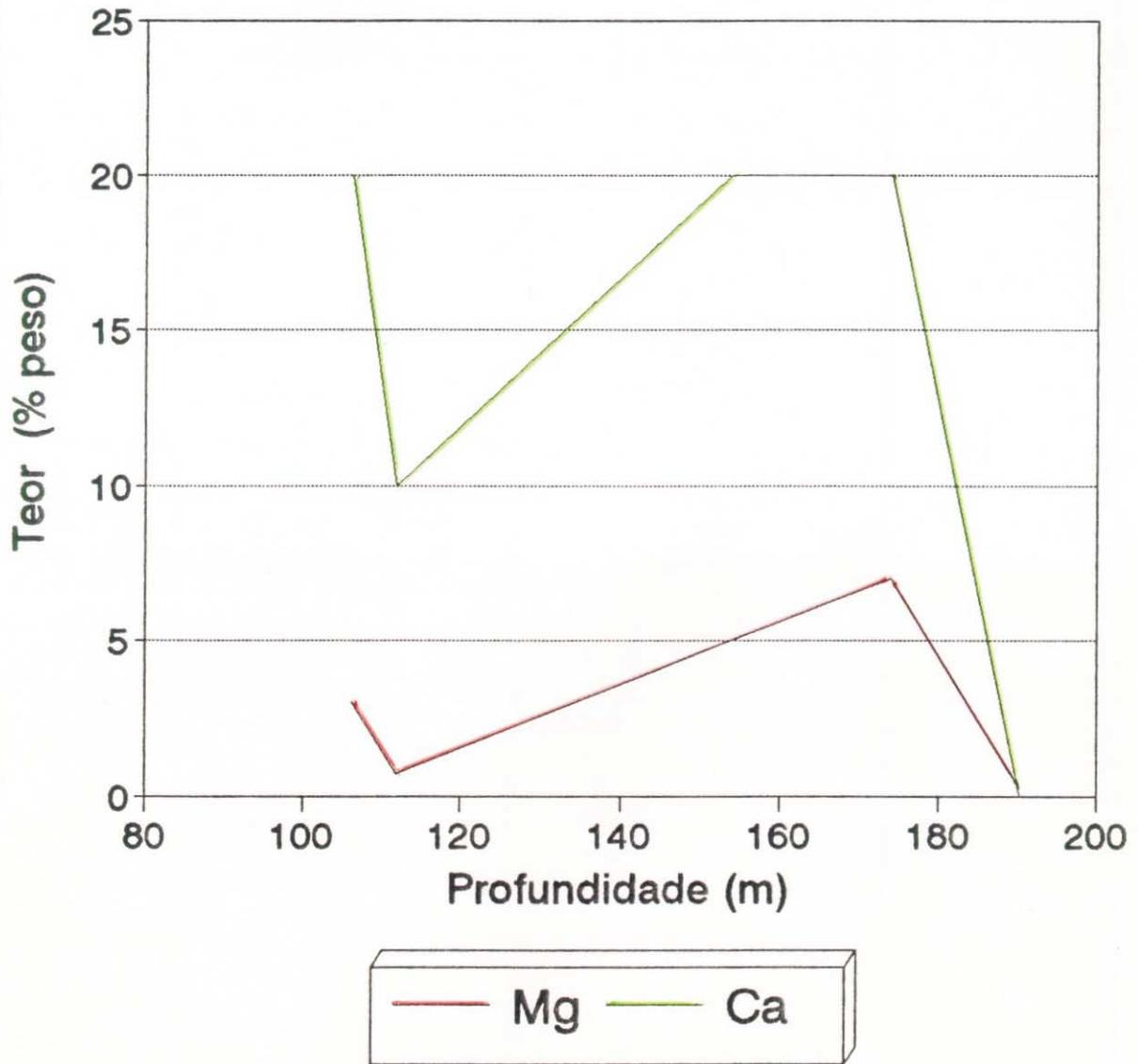


Gráfico 5 - RESULTADO DE ANÁLISES  
FURO DE SONDA Nº 2

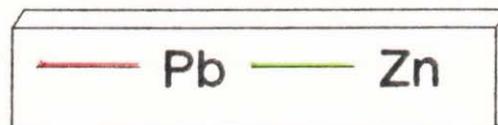
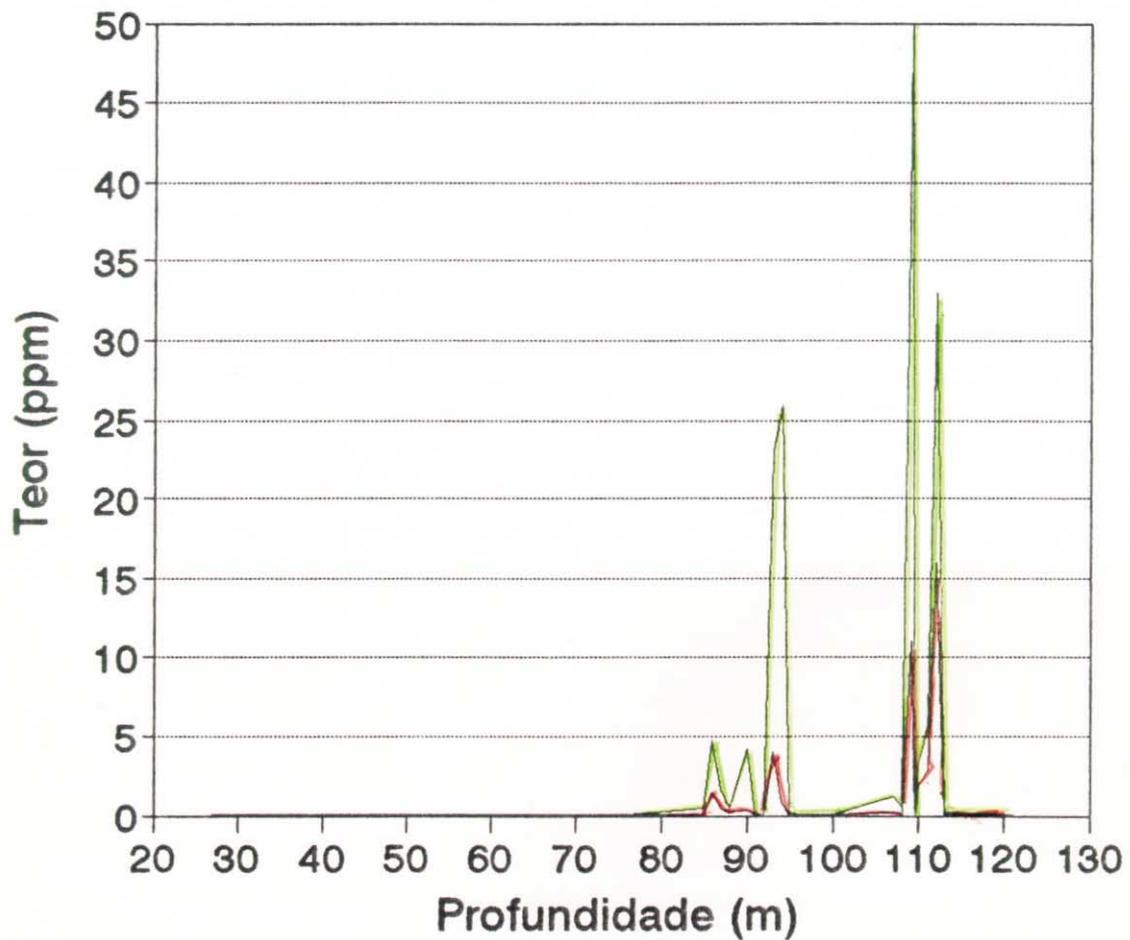


Gráfico 6 - RESULTADO DE ANÁLISES  
FURO DE SONDA N° 2

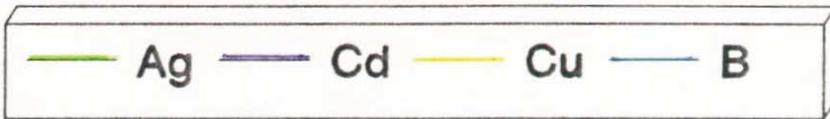
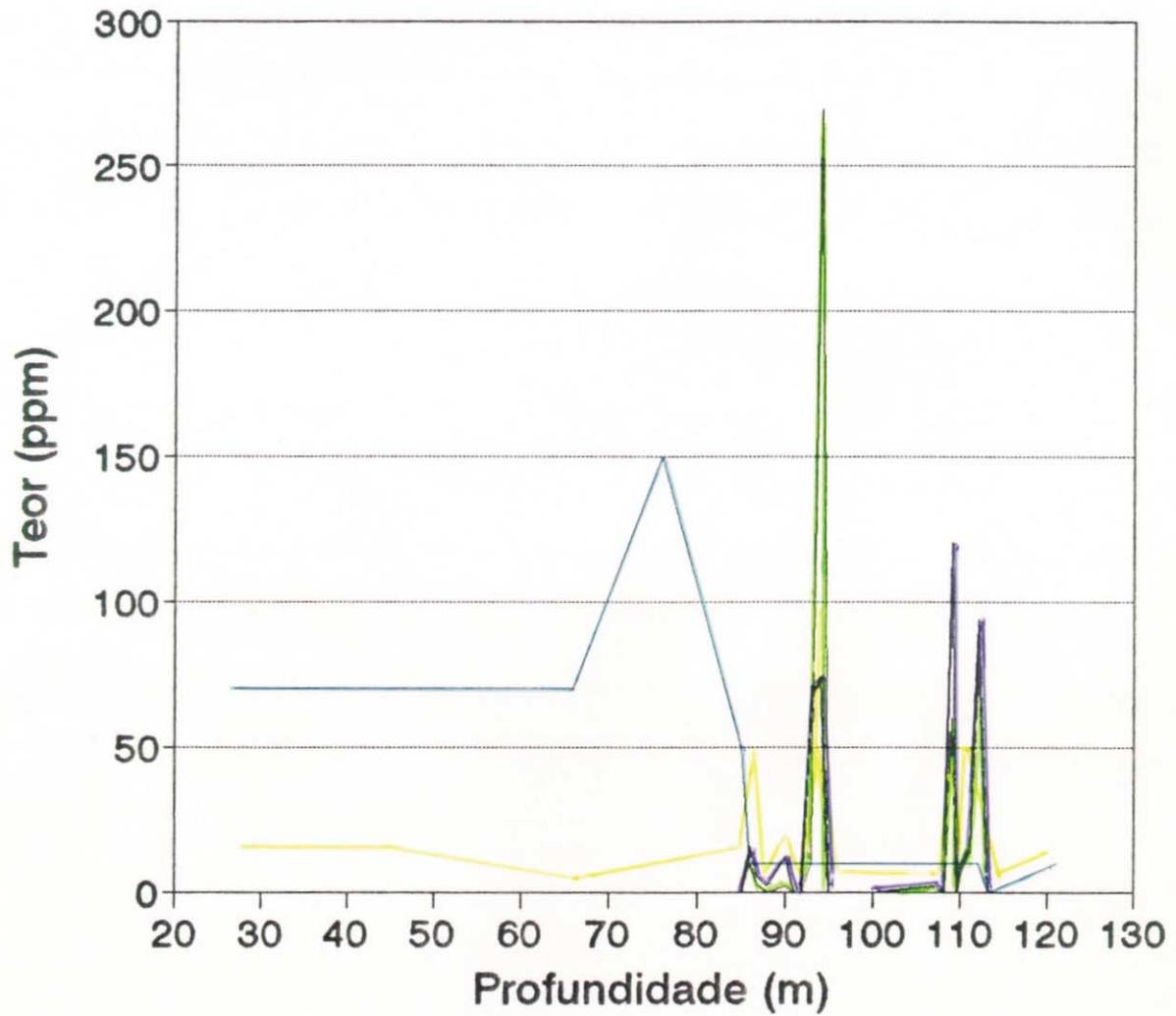


Gráfico 7 - RESULTADO DE ANÁLISES  
FURO DE SONDA Nº 2

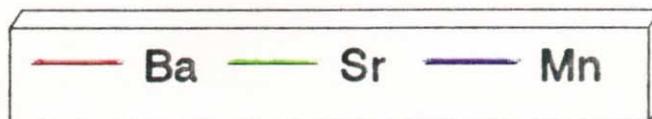
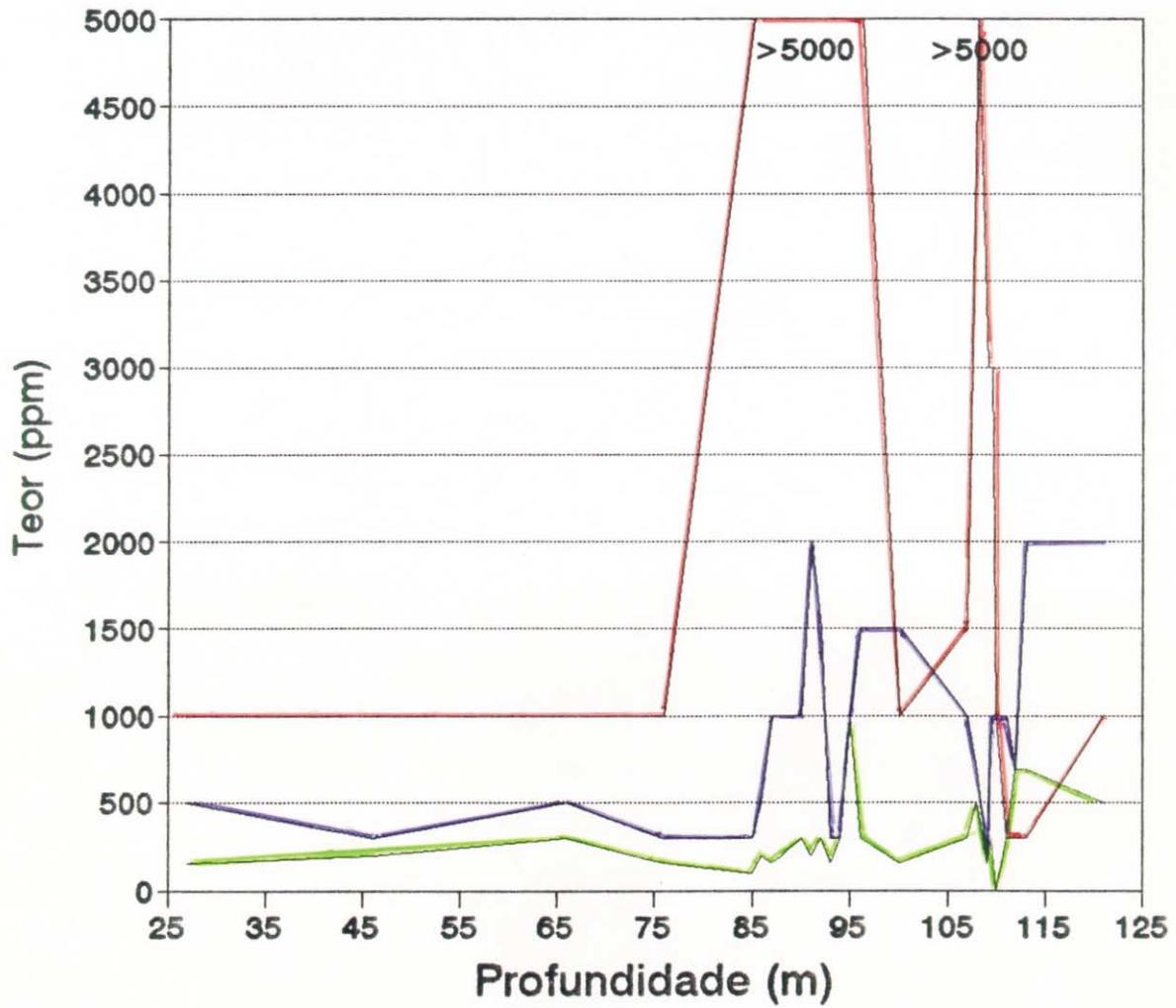


Gráfico 8 - RESULTADO DE ANÁLISES  
FURO DE SONDA Nº 2

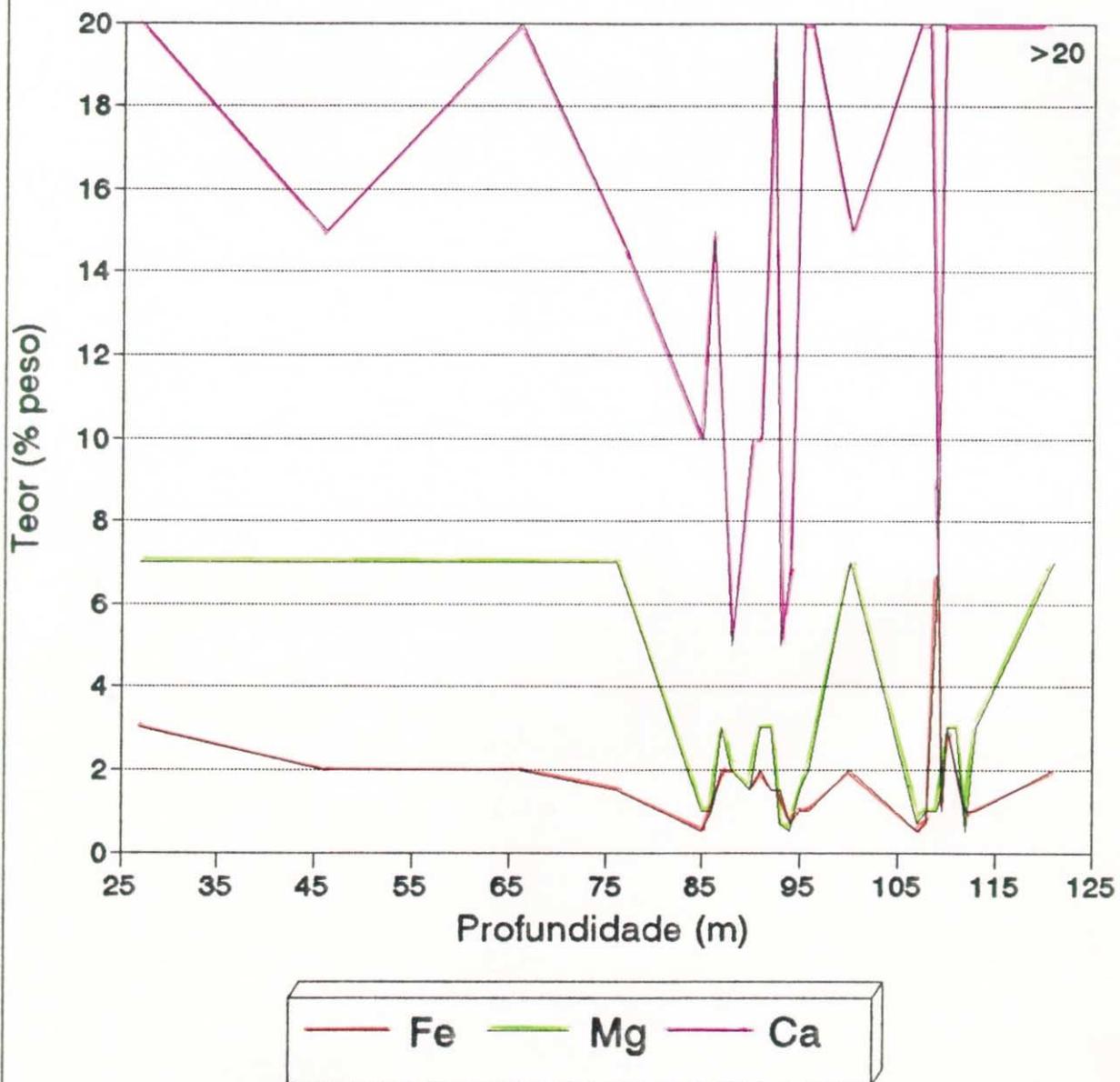
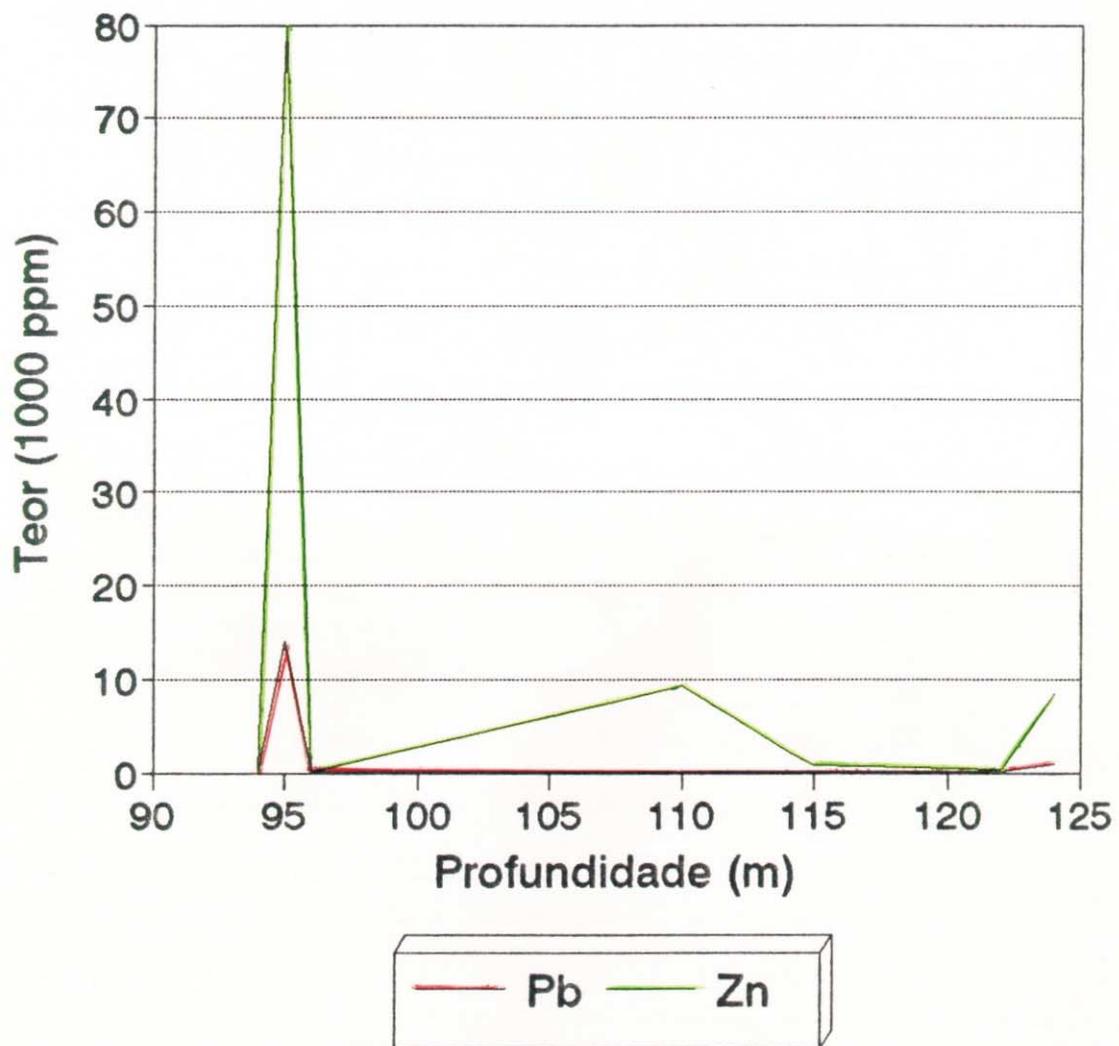


Gráfico 10 - RESULTADO DE ANÁLISES  
FURO DE SONDA Nº 3



**Gráfico 11 - RESULTADO DE ANÁLISES  
FURO DE SONDA Nº 3**

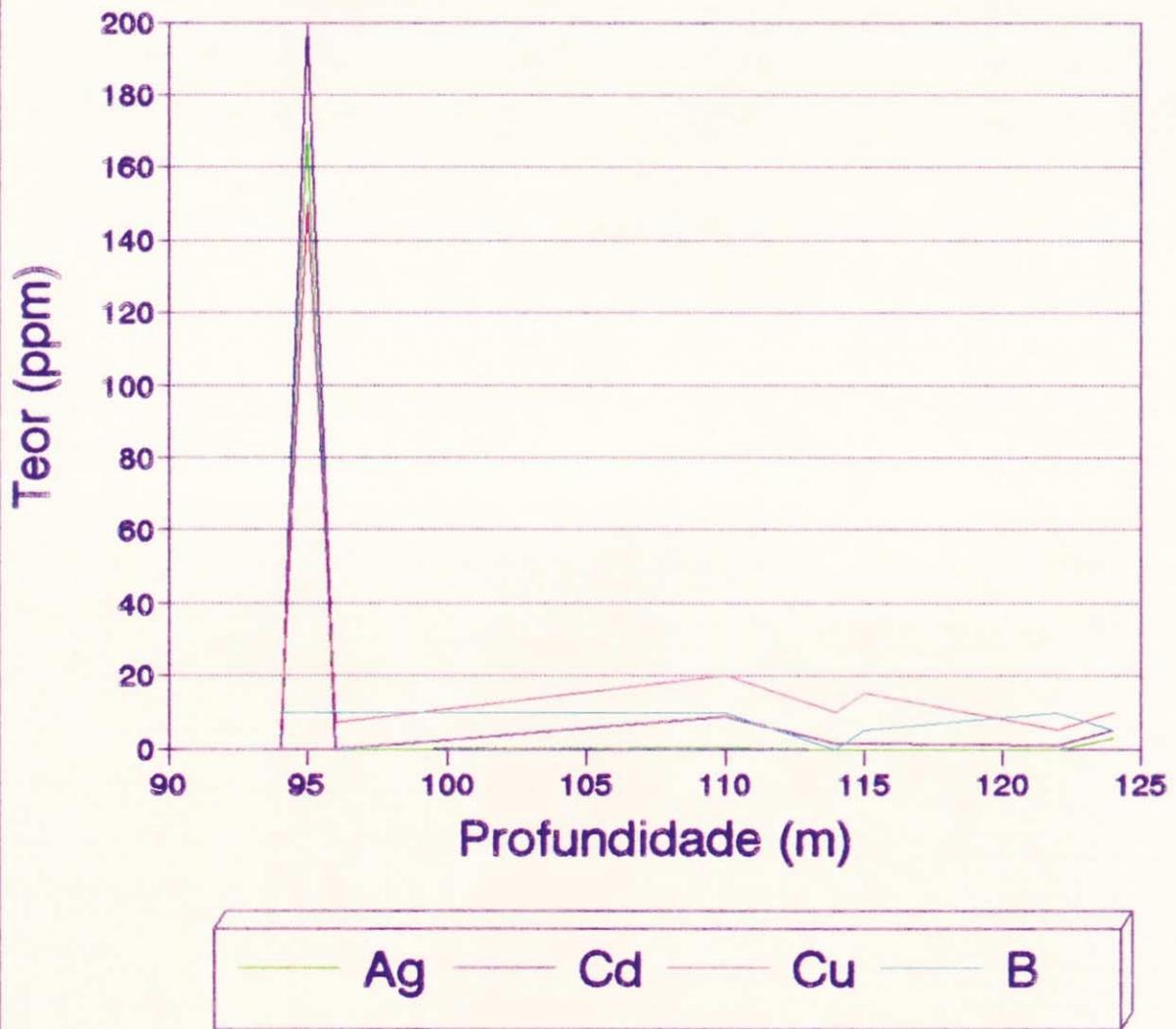


Gráfico 12 - RESULTADO DE ANÁLISES  
FURO DE SONDA Nº 3

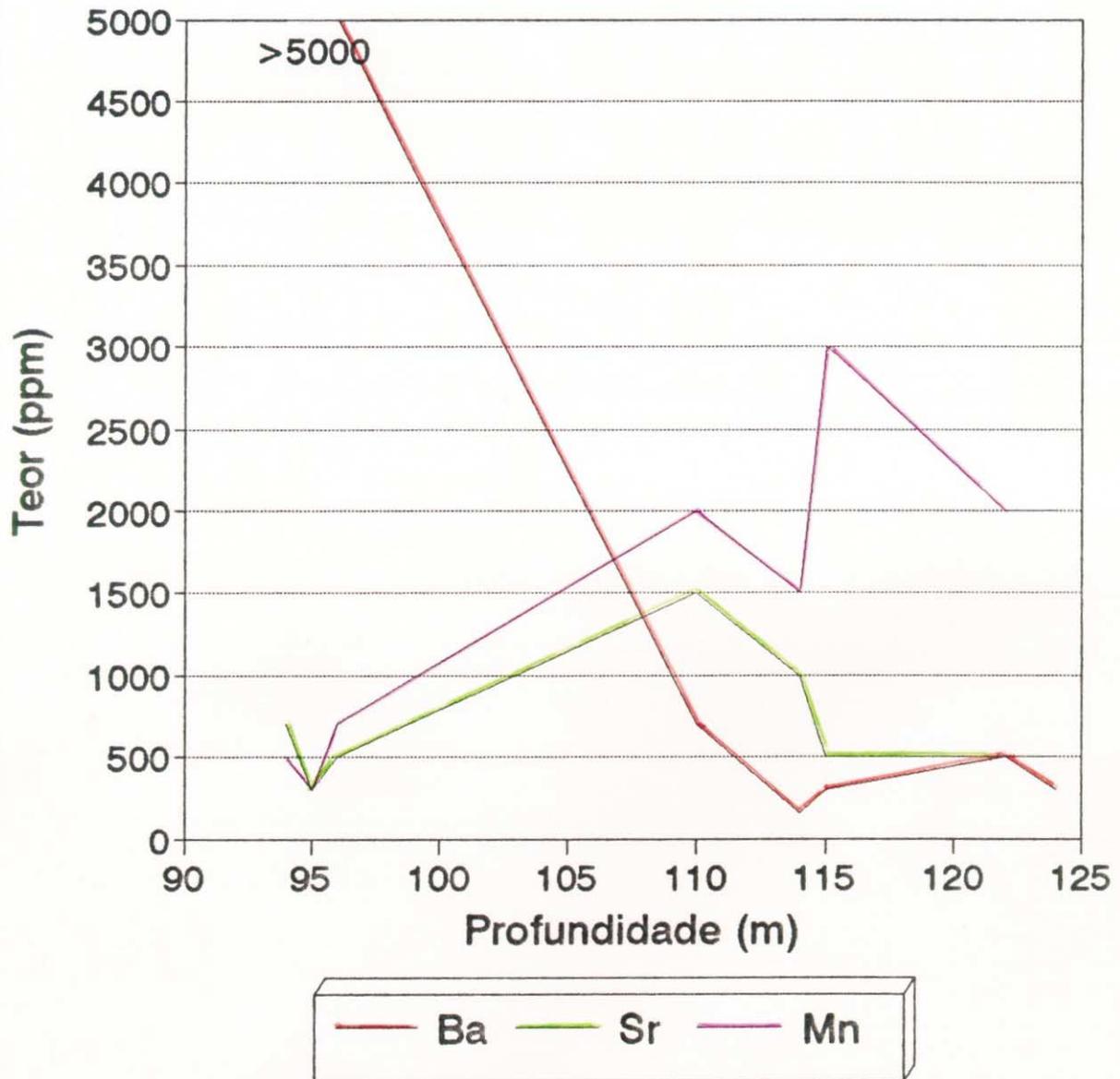
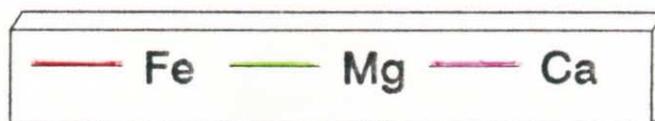
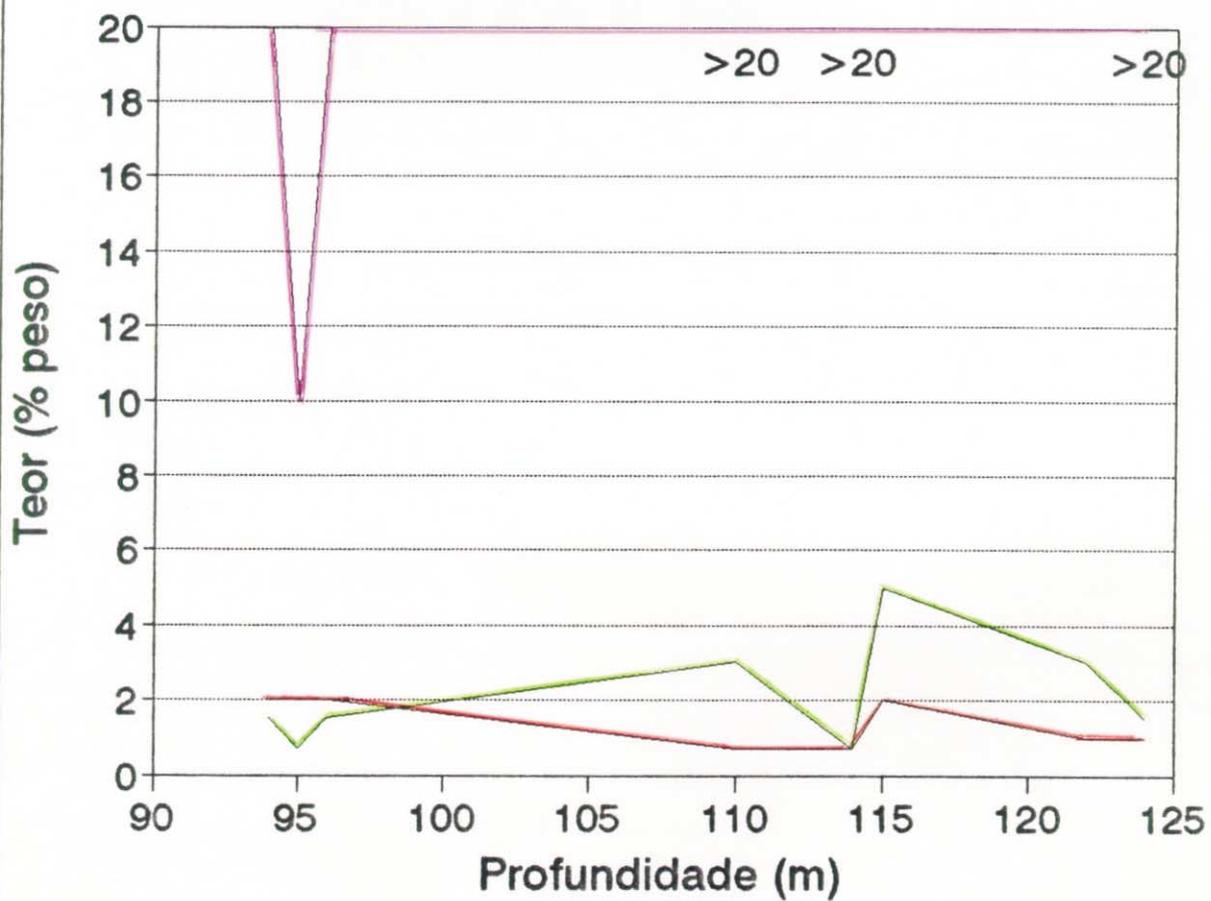


Gráfico 13 - RESULTADO DE ANÁLISES  
FURO DE SONDA Nº 3



possivelmente, com a forma de um cone (centro exalativo), por onde ascenderam as soluções hidrotermais através do assoalho oceânico e suas coberturas "preexistentes" (Fig. 29).

A ocorrência de zonas de alteração hidrotermal (primária) na lapa das mineralizações exalativas de fundo oceânico, é comum nos depósitos mundiais como os "kniest" (silicificação) em Rammelsberg (Fig. 30), "silica-dolomite" em Mount Isa, "turmalinitos" em Sullivan e "silicificação" em Meggen (Large 1980). No Brasil, o depósito de Palmeirópolis (GO), tido como de origem vulcanogênica, (Oliveira et alii 1985), apresenta zonas de alteração hidrotermal (primárias) associadas ao nível mineralizado, em geral na lapa. As alterações constatadas em Palmeirópolis foram cloritização, sericitização, biotitização, carbonatação e silicificação.

### **6.7 - Estudo isotópico do depósito João Néri**

No depósito João Néri efetuou-se o estudo isotópico do Pb em 6 (seis) amostras de galena (tabela 5), e o estudo isotópico do Sr em 3 (três) amostras de barita e 5 (cinco) da encaixante carbonática (tabela 6). Esses estudos tiveram por finalidade auxiliar na caracterização das idades e das fontes das mineralizações.

A metodologia e técnicas analíticas para determinação e interpretação dos dados isotópicos de Sr e Pb adotados neste trabalho encontram-se descritos no capítulo de metodologia, baseados principalmente no trabalho de Tassinari et alii (1990).

Na tabela 5 foram incluídas as idades modelo Pb-Pb das amostras de galena, calculadas pelo modelo Stacey & Kramers (1975), as quais agrupam-se no intervalo de 1.600 a 1.366 m.a.

As composições isotópicas de Pb foram plotadas no diagrama  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  versus  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  (Fig. 31), contendo as curvas de evolução do Pb da "Plumbotectônica" de Zartman & Doe (1981), para a Crosta Superior, Inferior, Manto e ambientes orogênicos. Os pontos analíticos situaram-se entre as curvas do ambiente orogênico e da Crosta Superior, sugerindo a presença de Pb proveniente principalmente de rochas da Crosta Superior para a formação das galenas.

Esse diagrama sugere ainda para a formação das galenas o intervalo de 1.650 a 1.400 m.a. com maior concentração de pontos na curva de 1.600 m.a.. Estes resultados são semelhantes àqueles obtidos das galenas das minas do Perau e Canoas (Tassinari et alii op. cit.), conforme observa-se na figura 31. O campo de distribuição dos dados do Perau e Canoas superpõe-se em grande parte com aqueles dos dados do depósito João Néri.

Na figura 32 estão representadas as composições  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  das galenas estudadas em comparação com os demais depósitos, minas e ocorrências do Vale do Ribeira. A composição isotópica média das galenas do depósito João Néri, com  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  de 16.365, é compatível com os depósitos do "tipo Perau" conforme apresentado por Tassinari et alii (op. cit.). Esses autores sugerem ainda que a fonte do Pb destes tipos de jazimentos por ser menos radiogênico e menos variável, estaria relacionada a rochas homogêneas com baixa razão U-Pb, possivelmente com rochas vulcânicas derivadas do Manto Superior.

Fig.29 - Reconstrução tentativa da forma original do depósito João Neri

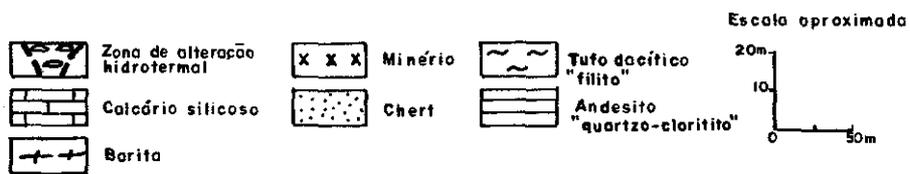
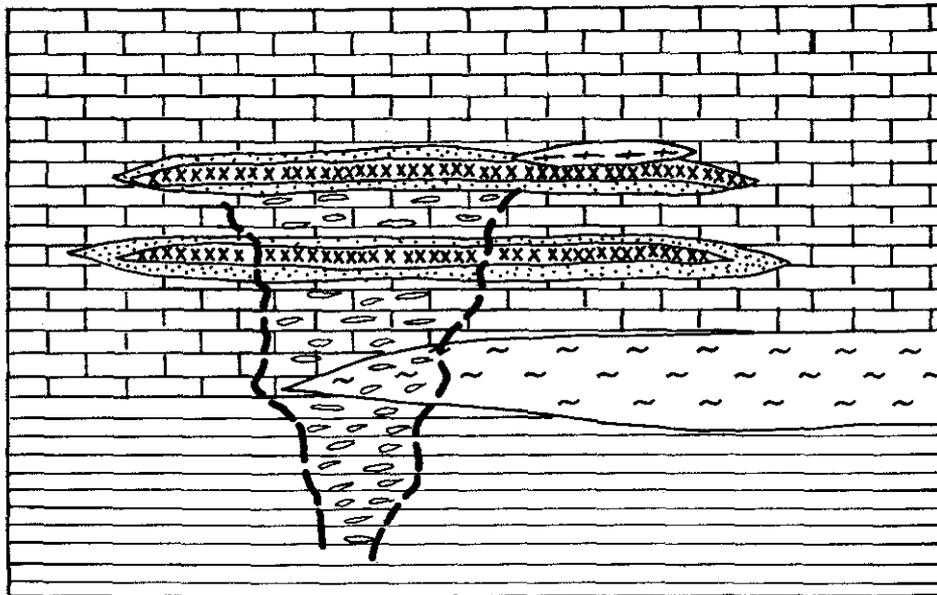


Fig.30 - Reconstrução da forma original do depósito Rammelsberg.  
( Large, 1980)

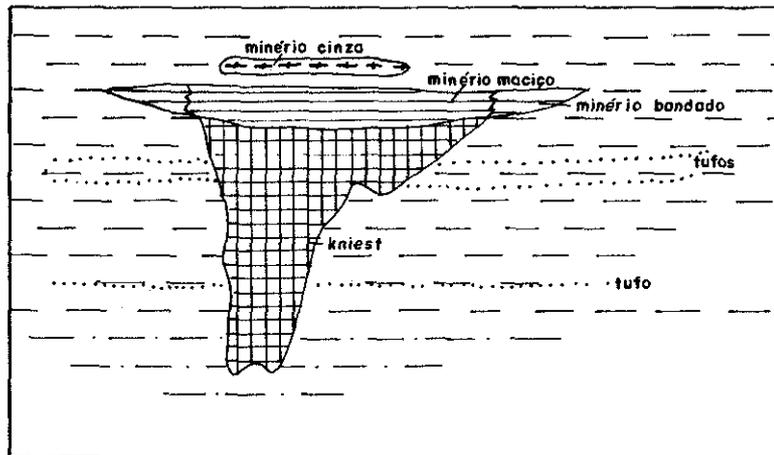


Tabela 5 - Composição isotópica do Pb em galenas do depósito João Neri  
Idades calculadas pelo modelo Stacey & Kramers (1975).

| Nº de CAMPO | LOCALIZAÇÃO                    | $^{206}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ | $^{207}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ | $^{208}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ | IDADE<br>m. a. |
|-------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| CR - 01     | Barita da ocorrência João Neri | 16.395                              | 15.506                              | 36.548                              | 1.496          |
| CR - 06     | Furo de sonda nº 2             | 16.548                              | 15.496                              | 36.702                              | 1.366          |
| CR - 06A    | Trincheira B-6                 | 16.232                              | 15.454                              | 36.291                              | 1.534          |
| CR - 10     | Furo de sonda nº 2             | 16.320                              | 15.555                              | 36.587                              | 1.600          |
| CR - 107    | Afloramento (Fig-15)           | 16.445                              | 15.542                              | 36.770                              | 1.515          |
| CR - 351    | Trincheira B-6                 | 16.251                              | 15.484                              | 36.369                              | 1.572          |
|             | Média                          | 16.365                              | 15.506                              | 36.544                              | 1.513          |

Tabela 6 - Razão isotópica inicial do Sr dos metacálcários silicosos encaixantes e da barita do Depósito João Neri

| Nº de CAMPO | LOCALIZAÇÃO           | MATERIAL     | $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ |
|-------------|-----------------------|--------------|-----------------------------------|
| CR - 01A    | Ocorrência João Neri  | Barita       | 0,7124                            |
| CR - 02     | Ocorrência João Neri  | Barita       | 0,7095                            |
| CR - 101    | Ocorrência João Neri  | Barita       | 0,7087                            |
| CR - 08     | Trincheira d-8        | Metacálcario | 0,7099                            |
| CR - 22 S   | Furo de sonda nº 2    | Metacálcario | 0,7107                            |
| CR - 03     | Furo de sonda nº 3    | Metacálcario | 0,7199                            |
| VA - 4A     | Afloramento ( Fig-15) | Metacálcario | 0,7210                            |
| VA - 64 A   | Afloramento ( Fig-15) | Metacálcario | 0,7120                            |

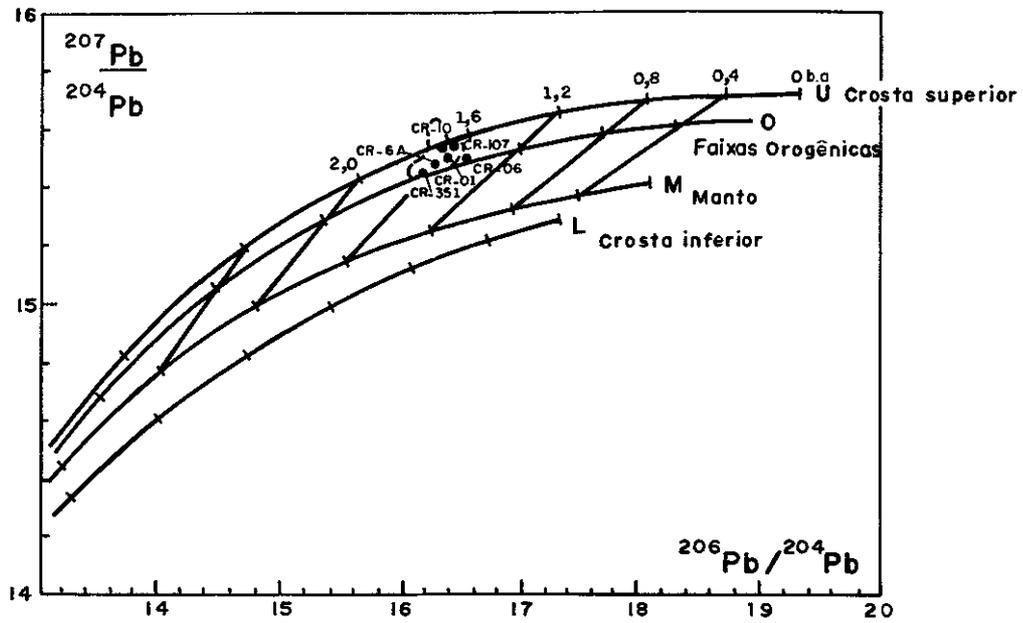


Fig. 31 - Dados da composição isotópica do Pb de galenas do Depósito João Neri plotados em relação às curvas de evolução do Pb (plumbo-tectônicas) de Zartman & Doe, (1981). Em tracejado, tem-se o campo de distribuição dos dados isotópicos da mina do Perau.

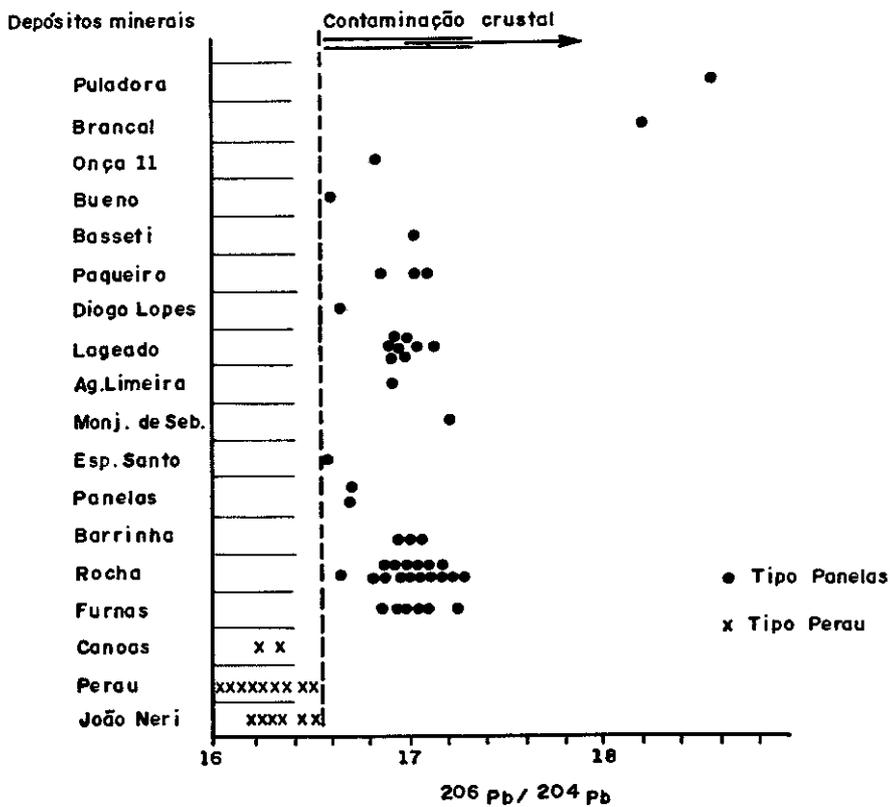


Fig. 32 - Composição isotópica  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  para os depósitos de Pb do Vale do Ribeira. (extraído de Tassinari et alii 1990 com inclusão dos dados isotópicos do Depósito João Neri).

Os dados isotópicos de Pb do depósito João Néri plotados na figura 33 em comparação aos dados de Large (1980) posicionam-se juntos aos depósitos McArthur River, Mount Isa e Sullivan, considerados de idade do Proterozóico Médio, do tipo estratiformes, singenéticos e de origem vinculada a processos vulcano exalativos sin-sedimentares, submarinos.

As composições isotópicas do Sr apresentaram-se variáveis, entre 0,7087 e 0,7124 (tabela 6), com valores superiores aos da água do mar há 1.600 m.a. (quando situavam-se próximos a 0,7060).

Os metacalcários encaixantes forneceram valores de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  extremamente variáveis, dentro do intervalo 0,7099 a 0,7210.

As composições isotópicas do Sr das amostras de barita CR-02 e CR-101, apresentam-se próximas do metacalcário encaixante, amostra CR-08 (tabela 6). Estes dados podem sugerir que as baritas e os metacalcários formaram-se em equilíbrio isotópico, ou seja, singeneticamente.

Entretanto, as composições isotópicas do Sr das demais amostras não se mostraram homogêneas, com grande variação nos valores de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ . Tal fato pode ser explicado devido à generalizada recristalização dos minerais que a seqüência de valores sofreram através dos eventos metamórficos superimpostos e conseqüentemente alterando os valores das razões iniciais do Sr das baritas e metacalcários.

### **6.8 - Modelo genético da mineralização**

À proposta de um modelo para a origem das mineralizações do depósito João Néri, leva em consideração as seguintes observações:

- a) afloramentos, trincheiras e furos de sonda, mostram que as concentrações de sulfetos de Fe, Zn, Pb, Cu encontram-se predominantemente em níveis milimétricos a centimétricos concordantes com o acamamento original da encaixante carbonática. Por vezes tem-se concentrações preenchendo fraturas como produto de remobilização dos sulfetos devido ao tectonismo atuante na área;
- b) os níveis mili-centimétricos sulfetados formam conjuntos métricos que se estendem, comprovadamente, por centenas de metros, também concordantes com a encaixante, dando ao depósito características estratiformes;
- c) a paragênese mineral do minério Zn-Pb-Ag-Ba-Cd, predominante no depósito é similar aos depósitos Perau e Canoas vizinhos no Vale do Ribeira, e no exterior (Rammelsberg, Mount Isa, Sullivan), que também são considerados do tipo exalativo-sedimentar;
- d) como os níveis de sulfetos, o corpo de barita (mesmo com alguns veios de quartzo discordantes, produtos de remobilizações locais), no geral, também se comporta como uma camada concordante com o acamamento das encaixantes carbonáticas;
- e) o baixo teor de Sr na barita sugerem que seja do tipo singenética e de origem exalativa;
- f) a presença de rochas, de uma possível zona de alteração hidrotermal (primária), na lapa de mineralização é indicativa da existência de processos exalativos;
- g) o depósito João Néri encontra-se inserido no contexto evolutivo das rochas da Formação Água Clara que, segundo os trabalhos de caráter regional, apontam

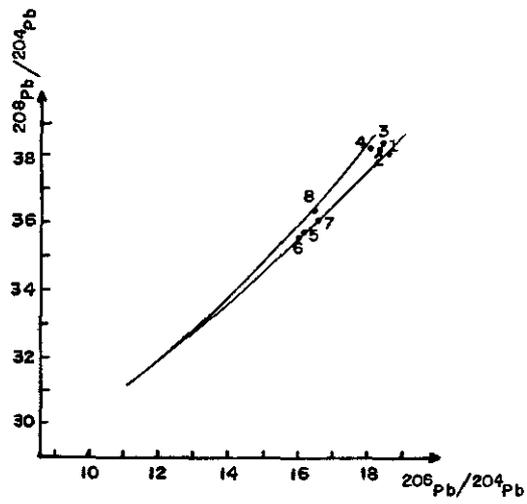
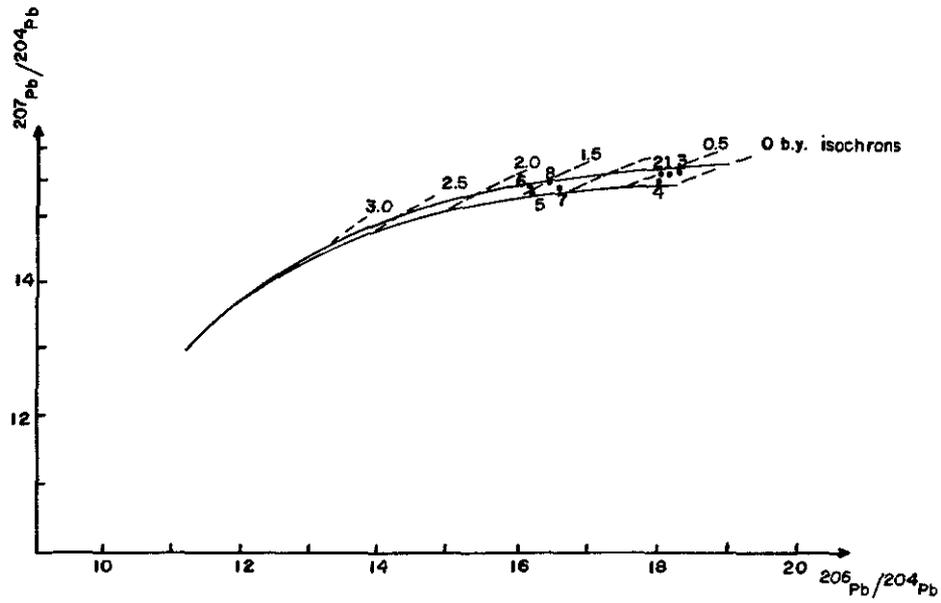


Fig.: 33-Curvas de evolução isotópica de Pb em dois estágios de diferenciação de U/Pb e Th/Pb ( Large 1980 ), para os depósitos 1-Rammelsberg; 2 - Meggen ; 3 - Silvermines; 4 - Tynagh; 5 - McArthur River ; 6 - Mount Isa; 7- Sullivan; 8 - João Neri.

para o conjunto, deposição em bacia intracratônica em ambiente tectônico distensional;

- h) a Formação Água Clara é considerada uma seqüência metavulcano-sedimentar (Pontes 1982, M.A. Almeida 1989);
- i) a presença de hidrotermalitos metamorfisados ("filitos" e "quartzo-cloritos") derivados de possíveis protólitos vulcânicos, tufos dacíticos e andesitos, próximos à zona mineralizada, intercalados nos metacalcários, atestam para um ambiente deposicional do tipo vulcano-sedimentar;
- j) Os dados isotópicos de Pb das galenas do depósito João Néri apontam que as mineralizações formaram-se singeneticamente com as rochas encaixantes por volta de 1.600 m.a., contemporaneamente à deposição dos sedimentos da Formação Água Clara;
- k) os dados isotópicos de Pb são correlacionáveis aos dados isotópicos das minas de Pb, Zn e Ag do Perau e Canoas, as quais são consideradas do "tipo Perau" e de origem vinculada a processos exalativos e sedimentares. Também são similares aos depósitos de Sullivan do Canadá e McArthur River e Mount Isa da Austrália;
- l) o quadro 3 apresenta as principais características da mina do Perau e do depósito João Néri, comparativamente.

Com base nessas considerações sugere-se que o depósito de Zn, Pb, Ag e Cd João Néri possa ser considerado como estratiforme de origem vinculada a processos vulcano-exalativo sin-sedimentares, conforme classificação proposta por Hutchinson (1977).

Os estudos de isótopos estáveis, mais especificamente,  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ , e  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  e  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ , já efetuados por Bettencourt & Daitx (1992), levaram à conclusão preliminar, que os depósitos do Perau e Canoas apresentam assinaturas isotópicas muito similares aos depósitos de sulfetos maciços estratiformes associados a vulcanismo submarino, dos tipos Kuroko e Cyprus.

Estas conclusões vêm a reforçar origem análoga aqui proposta para o depósito João Néri.

Quadro 3 - Quadro comparativo das características da Mina do Perau e do Depósito João Néri.

| Características                   | Mina do Perau                                                                                                                                                                         | Depósito João Néri                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Elementos do minério              | Pb-Zn-Ag-Ba-Cd                                                                                                                                                                        | Zn-Pb-Ag-Ba-Cd                                                                                                                                                            |
| Associação mineral                | pirita, galena, blenda, calcopirita, pirrotita, magnetita, quartzo, calcita, dolomita, barita, sericita, clorita, flogopita, tremolita, diopsídio, plagioclásio, microclínio, epidoto | pirita, pirrotita, blenda, galena, calcopirita, arsenopirita, barita, quartzo, calcita, dolomita, sericita, clorita, margarita, flogopita, granada, plagioclásio, epidoto |
| Disposição do minério             | concordante com a encaixante                                                                                                                                                          | concordante com a encaixante                                                                                                                                              |
| Forma                             | estratiforme                                                                                                                                                                          | estratiforme                                                                                                                                                              |
| Rocha encaixante da mineralização | carbonatos impuros                                                                                                                                                                    | carbonatos impuros                                                                                                                                                        |
| Encaixante associada              | chert, barita, BIF, filito grafitoso                                                                                                                                                  | chert, barita                                                                                                                                                             |
| Associação litológica             | chert, BIF, filito grafitoso                                                                                                                                                          | chert, filito, quartzo-cloritito                                                                                                                                          |
| Protólitos vulcânico associados   | andesito<br>tranquiandesito-traquito                                                                                                                                                  | dacito<br>andesito                                                                                                                                                        |
| Idade de formação das galenas     | 1,7 a 1,5 b.a.                                                                                                                                                                        | 1,6 a 1,35 b.a.                                                                                                                                                           |
| Idade geológica                   | Proterozóico Médio                                                                                                                                                                    | Proterozóico Médio                                                                                                                                                        |
| Ambiente deposicional             | plataformal<br>vulcano-sedimentar                                                                                                                                                     | plataformal<br>vulcano-sedimentar                                                                                                                                         |
| Ambiente tectônico                | distensional tipo "rift"                                                                                                                                                              | distensional tipo "rift"                                                                                                                                                  |

## 7. CONCLUSÕES

Os dados levantados através de trabalhos bibliográficos, de campo e laboratoriais, permitem apresentar para o depósito João Néri as seguintes conclusões.

- 1 - O depósito João Néri encontra-se numa seqüência de rochas metavulcano-sedimentares, de direção NE, denominada de Formação Água Clara, do Grupo Setuva, a qual está inserida no domínio geotectônico da Faixa de Dobramentos Apiaí. Os protólitos desses metamorfitos depositaram-se entre 1,8 e 1,5 b.a., sofrendo metamorfismo entre 1,3 e 1,0 b.a., com superimposição de um evento metamórfico (termal) próximo a 700 m.a., no Proterozóico Superior, conforme proposição de caráter regional de Tassinari et alii (1990).
- 2 - As rochas da Formação Água Clara sofreram três eventos deformacionais originando as foliações:  $S_1$  representada por um bandamento composicional paralelo a  $S_0$ ;  $S_2$  de direção NE oblíqua a  $S_1=S_0$  e a terceira,  $S_3$  de direção NW, associado a dobramentos abertos que impuseram ondulações nos rumos dos mergulhos dos eixos NE, dando à região um padrão estrutural do tipo "domos e bacias".
- 3 - Os estudos petrográficos revelaram que as rochas que compõem o depósito João Néri apresentam metamorfismo da fácies xisto verde superior possivelmente atingindo a fácies anfibolito inferior;
- 4 - As rochas da Formação Água Clara, no contexto do depósito João Néri, apresentam características de deposição em ambiente plataformar, provavelmente num ambiente restrito de sub-bacia, num período de regime tectônico distensivo, com atividade vulcânica subaquática extrusiva (andesitos), explosiva (tufo dacíticos), e exalativa sin-sedimentar, associada.
- 5 - As mineralizações de Zn, Pb, Ag e Cd do depósito João Néri, estão associadas a metachert carbonático que, por sua vez está encaixado concordantemente com os metacalcários silicosos da Formação Água Clara.
- 6 - Os estudos isotópicos de Pb de galenas do depósito João Néri apontam idades, em torno de 1.600 m.a. para a formação das mineralizações sin-sedimentares.
- 7 - A mineralização de Pb do depósito João Néri ocorreu de forma sin-sedimentar consequentemente, reforçando que os metassedimentos encaixantes vulcano-sedimentares da Formação Água Clara também depositaram-se no Proterozóico Médio.
- 8 - A análise de seções polidas dos níveis mineralizados apresentam paragêneses e sucessões dos minerais de minérios, na seguinte ordem de formação: pirrotita, *pirita<sub>1</sub>*, *blenda<sub>1</sub>*, galena, calcopirita, arsenopirita, *pirita<sub>2</sub>* e *blenda<sub>2</sub>*. Como ganga tem-se, principalmente, quartzo, calcita e dolomita e, subordinadamente, margarita, plagioclásio, flogopita, diopsídio, granada, tremolita e epidoto.
- 9 - Os controles metalogenéticos do depósito João Néri são estratigráficos (Formação Água Clara), litológicos (metachert) e mineralógicos (barita).
- 10 - Dentre as tipologias estudadas, descritas na literatura, o depósito de Zn, Pb, Ag e Cd João Néri aproxima-se mais das jazidas estratiformes, de origem vinculada a processos vulcano-exalativos sin-sedimentares
- 11 - Assim, a maioria das características do depósito João Néri, tais como o ambiente tectono-estratigráfico, forma de ocorrência, associação litológica,

paragênese mineral da e dados isotópicos de Pb, leva-nos a correlacioná-lo com os depósitos do "tipo Perau".

## 8- BIBLIOGRAFIA

- ALGARTE, J.P. Projeto Sudeste do Estado de São Paulo. Mapa Geológico; folha SG.22-X-B Itararé. Escala 1:250.000. CPRM, Convênio DNPM/CPRM, São Paulo, 1972.
- ALGARTE, J.P., HAMA, M., CHIODI FILHO, C. Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais; folha SG.22-X-B, Itararé. Escala 1:250.000. CPRM, Convênio DNPM/CPRM, v.1, São Paulo, 1986
- ALMEIDA, F.F.M. de. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. DNPM/DGM. Bol., 241, 36p, IL. Rio de Janeiro, 1967.
- ALMEIDA, F.F.M. de, AMARAL, G., CORDANI, U.G. et al. The precambrian evolution of the South American Cratonic margin south of Amazon River. - in: NAIRN, A.E., STEHLI, F.G., (Eds.) The ocean basins and margins. New York: Plenum, 1973. v.1, p. 1411-1446.
- ALMEIDA, M.A. de. Geologia da Formação Água Clara na Região de Araçuaia-SP. Dissertação(Mestrado), Instituto de Geociências-USP, São Paulo, 1989.
- ALMEIDA, M.A. de. Síntese dos conhecimentos geológicos no Vale do Ribeira relacionados ao Complexo Setuva e Grupos Açungui e Itaiacoca. São Paulo: Ex. Qual. Mestr. DMP/USP, 1985. inédito.
- BARBOSA, A.F. Estrutura e gênese da jazida de chumbo de Furnas, Estado de São Paulo. Tese (Livre Docência-Jazidas Minerais), Universidade de São Paulo, 1955. 52p.
- BARBOSA, O. Geologia e Petrologia da região de Apiaí, Estado de São Paulo, São Paulo. 76p. (tese de doutoramento. Escola Politécnica, USP) 1941 inédito.
- BARBOUR, A.P., OLIVEIRA, M.A.F. de. Pb, Zn, Cu e Ba do Distrito do Perau, PR - Modelo sedimentar para sulfetos do Vale do Ribeira. Boletim do Instituto de Geociências, v.10, 97-120, 1979.
- BARBOUR, A.P., OLIVEIRA, M.A.F., HYPOLITO, R. Geologia e gênese do depósito estratiforme de Pb da Mina Barrinha, Vale do Ribeira, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: SBG, 1984. v.8. p. 3641-3657.
- BASTIAN, L. Ocorrência de minérios de chumbo em Lageado, município de Iporanga, Estado de São Paulo. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA DE MINAS E GEOLOGIA, 2, 1946. Petrópolis. Anais... Petrópolis: s.ed., 1946. v.2. p. 199-221.
- BASUMALLICK. S., TREIN, E., MURATORI, A. Preliminary note on the charnockitic occurrence around Curitiba. Boletim Paranaense de Geociências, n. 27, p. 105-110, 1969.
- BATOLLA JR., F., SILVA, A.T.S.F. ALGARTE, J.P. O pré-cambriano da Região Sul-Sudeste do Estado de São Paulo e Este-Nordeste do Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, Curitiba, 1981. Atas... Curitiba: SBG, 1981. v.1. 94-108.

- BETTENCOURT, J.S., DAITX, E.C., MOREIRA, M.Z., MATSUI, E. Estudo isotópico pelos métodos  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$  e  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$  dos depósitos de chumbo-zinco-prata do Vale do Ribeira, estados de São Paulo e Paraná. Relatório, FAPESP, processo nº 90/2139-2. São Paulo: IG-USP/IGCE-UNESP/CENA-USP. 1992.
- BETTENCOURT, J.S., DAITX, E.C. Estudo litogeoquímico de rochas associadas à mineralização de Pb-Zn-Ag-Ba alojadas na Formação Perau, porção sul do Vale do Ribeira (PR). Relatório Final. CNPq processo nº 40.4041/9036-GI. São Paulo: IG-USP/IGCE-UNESP, 1993.
- BIGARELLA, J.J., SALAMUNI, R. Estudos preliminares na Série Açungui-5. Estruturas organógenas nos dolomitos da Formação Capirú, Estado do Paraná. Dusenía, v. 7, n. 6, p. 317-323, 1956.
- BIGARELLA, J.J., SALAMUNI, R. Estudos preliminares na Série Açungui-8. A Formação Votuverava. Bol. Int. Hist. Nat. Geol., n. 2, 1958.
- BIONDI, J.C. Mapa geológico da área do embasamento do Estado do Paraná. Escala 1:250.000. Curitiba: Mineropar/ Secretaria da Indústria e Comércio do Paraná, 1983. inédito.
- BISTRICHI, C.A., ALMEIDA, M.A., STEIN, D.P. Geologia das folhas Barra do Chapéu SG.22-X-B-I-4 e Araçaiuba SG.22-X-F-II-3, Estados de São Paulo e Paraná. São Paulo: IPT/PROMINÉRIO, 1985. Relatório, IPT 22.150.
- CAMPANHA, G.A. da C. Modelos de evolução tectônica para o escudo Cristalino Paranaense e Sul do Estado de São Paulo. Ex. Qual. Dout. Instituto de GEOCIÊNCIAS-USP. São Paulo, 1987.
- CAMPANHA, G.A. da C. Tectônica proterozóica no alto e médio Vale do Ribeira, Estados de São Paulo e Paraná. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências-USP. São Paulo, 1991.
- CASSEDANNE, J. Estudo dos elementos-traços e acessórios das galenas do Vale do Ribeira (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 21, 1971. São Paulo, Anais... São Paulo: SBG, 1971. v.1. p. 111-119.
- CHIODI FILHO, C. Contribuição à geologia das regiões sul paulista e leste paranaense - Grupos Açungui e Setuva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA 33, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBG, 1984. v.5. p. 2394-2406.
- CHIODI FILHO, C., ALEGRI, V., BATOLLA Jr., F. Geologia e mineralizações da Região que abrange as minas do Rocha, Paqueiro e Barrinha, Vale do Ribeira, PR e SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 32, 1982. Salvador. Anais... Salvador: SBG, 1982. v.3. p. 1037-1049.
- CHIODI FILHO, C., TAKAHASHI, A.T., SILVA, C.R. Projeto Capão Bonito. Relatório Final. São Paulo: CPRM/PROMINÉRIO, 1983.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. Projeto Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira. Relatório Final. São Paulo: CPRM, 1981. Convênio DNPM/CPRM.
- CONDIE, K.C., Archean greenstone belts. Amsterdam: Elsevier, 1981. 434 p.

- COX, K.C., BELL, J.D., PANKHURST, R.J. The interpretation of igneous rocks, London: Allen & Unwin, 1979. 450 p.
- DAITX, E.C. Uma análise crítica dos chamados Grupos Setuva e Açungui no Vale do Ribeira (PR E SP). Ex. qual. maestr. Instituto de Geociências-USP. São Paulo, 1985a (Inédito).
- DAITX, E.C. O estágio atual do conhecimento sobre as mineralizações de Pb-AG (Zn) do Vale do Ribeira (PR e SP). Ex. Qual. Mestr. Instituto de Geociências-USP. São Paulo, 1985b (Inédito).
- DARDENE, M.A. Geologia do chumbo e zinco. In: BRASIL. D.N.P.M. Principais depósitos minerais do Brasil. Brasília, 1988. v. 3, Cap. 8, p. 83-90.
- EBERT, H. Observações sobre a litologia e subdivisão do Grupo Setuva no Estado do Paraná com sugestões à tectônica geral do geossinclíneo Açungui. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo. Anais... São Paulo: SBG, 1971. v.1. p. 131-146.
- EBERT, H.D., HASUI, Y. & QUADE, H. 1988. Aspectos da Evolução Estrutural do Cinturão Móvel Costeiro na Região da Mina do Perau, Vale do Ribeira - PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém. Anais..., SBG, v.5, p. 2318-2331.
- EVENSEN, N.M., HAMILTON, P.J., O'NIONS, R.K. Rare - earth abundances in chondritic meteorites. Geoch. Cosmoch. Acta. 1978, 42 (8): 1199-1212.
- EVANS, A.M. An introduction to ore geology. s. 1., Blackwell Scientific Publications, 1980. 231 p.
- FLEISCHER, R. A pesquisa de chumbo no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976. Ouro Preto. Anais... Ouro Preto: SBG, 1976. v.1 p. 19-32.
- FILOW-BATES, T. The chemical and physical controls on the genesis of submarine exhalative ore bodies and their implications for formulating exploration concepts. Geologisches Jahrbuch, D 40, p. 131-168, 1980.
- FRANKLIN, J.M., LYDON, J.W., SANGSTER, D.F. Volcanic associated massive sulfide deposits. Economic geology, 75 th, p. 485-627, 1981.
- FRITZSONS JR., O., PIEKARZ, G.F., FALCADE, D. Geologia e potencial econômico do Grupo Setuva (PR). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, 1982. Salvador. Anais... Salvador. SBG, 1982. v.3, p. 987-1001.
- FUCK, R., MARINI, O.J., TREIN, E. Contribuição ao estudo das rochas graníticas do Estado do Paraná. Boletim Paranaense de Geografia, 23/25, p. 183-221, 1967.
- GALVÃO, M.V. Regiões Bioclimáticas do Brasil. R. Bras. Geogr., Rio de Janeiro, 29(1):3-36, Jan/Mar. 1967.
- GIMENEZ FILHO A. Evolução do complexo granítico Três Córregos a nordeste de Apiaí SP. IG\_USP. São Paulo. 1993 (dissertação de mestrado).
- GUARANYNS, M.Y., VELASCO, A.I. Mina de galena argentífera de Painéis de Brejaúvas. Rio de Janeiro: DNPM, 1949. 116p. (DNPM/DFPM, boletim, 84).

- GUSTAFSON, L.B., WILLIAMS, N. Sediment-hosted stratiform deposits of copper, lead and zinc. *Economic Geology*, 75 th, p. 139-178, 1981.
- HASUI, Y. Carta geológica do Brasil e área oceânica adjacente com depósitos minerais-Região VI. Escala 1:2.500.000. Brasília: DNPM, 1981.
- HASUI, Y. Novo modelo geológico do Vale do Ribeira. São Paulo: IPT, 1986. Relatório IPT. 23742.
- HASUI, Y., CARNEIRO, C.D.R., COIMBRA, A.M. The Ribeira folded belt. Revista Brasileira Geociências, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 257-262, 1975.
- HASUI, Y., CREMONINI, O.A., BORN, H. Considerações sobre o Grupo Açungui em São Paulo e porção adjacente do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, Anais... Rio de Janeiro: SBG, 1984a. v.7. p. 3297-3306.
- HASUI, Y., CREMONINI, O.A., BORN, H. O "Granito Três Córregos" revisado e o Maciço Catas Altas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBG, 1984b. v. 7. p. 3023-3031.
- HUTCHINSON, R.W. Curso de geologia econômica. Notas de aula ministrada no Curso de Pós-Graduação da UFBA. Compilação e tradução feita pela equipe da DOCEGEO. 1977. (inédito).
- HUTCHINSON, R.W. Volcanogenic sulphide deposits and their metallogenic significance. Economic Geology, v. 68, n. 8, p. 1233-1245, 1973.
- HUTCHINSON, R.W. Massive base metal sulphide deposits as guide to tectonic evolution. In: STRANGWAY, D.W. (ed.). The continental crust and its mineral deposits. Geol. Assoc. Canadá, Spec. Paper, 20, p. 660-684, 1980.
- HUTCHINSON, R.W. FYFE, W.S., KERRICH, R. Deep fluid penetration and ore deposits. Minerals Science Engennering, v. 12, n. 3, p. 107-120, 1980.
- KAUL, P.R.T. Magmatismo e evolução da crosta no Sul - Sudeste do Brasil, durante o Proterozóico Superior - Eopaleozóico. In: SIMPÓSIO SUL - BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2, 1985. Florianópolis. Boletim de Resumos. Florianópolis 1985.
- KAUL, P.F.T. Significado dos granitos anorogênicos da suite intrusiva Serra do Mar na evolução da crosta do Sul - Sudeste do Brasil, no âmbito das folhas SG.22 - Curitiba e SG.23 - Iguape. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, SBG, 1984. v.6 p. 2815-2825.
- KNECHT, T. As minas de chumbo de Furnas no município de Iporanga. Boletim Agrônômico de São Paulo, N. 9-10, 735-742, 1929
- KNECHT, T. Jazidas de minérios de chumbo - contribuição à gênese de algumas jazidas de minério do chumbo nos municípios de Apiaí e capão Bonito, São Paulo. Mineração Metalurgia, v. 3, n. 13, p. 41-43, 1938.
- KLAU, W., LARGE, D.E. Submarine exhalative Cu-Pb-Zn deposits-A discussion of their classification and metallogenesis. Geologisches Jahrbuch, D 40, p. 13-58, 1980.
- LARGE, D.E. Geological parameter associated with sediment-hosted, submarine exhalative Pb-Zn deposits: an emperical model for mineral exploration. Geol. Jahrbuch, D 40, p. 59-129, 1980.

- LEONARDOS, O.H. Chumbo e prata no Estado de São Paulo. Rio de Janeiro: DNPM, 1934. 47p. (DNPM/SFPM, boletim, 6).
- LOPES, O.F. 1983. Faixa do Perau: uma unidade faciológica e tectono-metamórfica do Grupo Açungui. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 190-203, 1983.
- MACEDO, A.B. A gênese de sulfetos maciços de Cu, Pb e Zn. Ex. Qual. Dout. IG-USP, p. 1-37, 1985. (inédito).
- MARINI, O.J., TREIN, E., FUCK, R.A. O Grupo Açungui no Estado do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba, N. 23-24, p. 43-103, 1967.
- MELCHER, G.C. Contribuição ao conhecimento do distrito mineral do Ribeira do Iguape, Estados de São Paulo e Paraná. Tese (Livre Docência-Geologia Econômica), Escola Politécnica, USP, 1968. 122p.
- MELCHER, G.C. Geochemical exploration in the Rio Ribeira de Iguape lead district, Brazil. In: CONGRESSO GEOLÓGICO INTERNACIONAL, 20, 1960. México, v.3, p. 585-596.
- MELFI, A.J., BITTENCOURT, I., CORDANI, U.G. Reconhecimento fotogeológico de parte do Grupo Açungui. Bragantia Instituto Agrônomo/Secretaria da Agricultura do Estado de SÃO Paulo, v. 24, n. 34, p. 447-473, 1965.
- MELLO, I.S.C., SILVA, R.B. Prospecção da área Lajeado, município de Apiaí (SP). In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6, 1987, Rio Claro - SP. Atas... 1987.
- MITCHELL, A.H.G., GARSON, M.S. Mineral deposits and global tectonic settings. London: Academic Press, 1981.
- MMAJ/JICA-METAL MINING AGENCY OF JAPAN. Japan International Cooperation Agency. Report on geological survey of Anta Gorda, phase 1. Convênio DNPM/MMAJ/JICA, 1981.
- MMAJ/JICA-METAL MINING AGENCY OF JAPAN. Japan International Cooperation Agency. Report on geological survey of Anta Gorda, phase 2. Convênio DNPM/MMAJ/JICA, 1982.
- MMAJ/JICA-METAL MINING AGENCY OF JAPAN. Japan International Cooperation Agency. Report on geological survey of Anta Gorda, phase 3. Convênio DNPM/MMAJ/JICA, 1983.
- ODAN, Y., FLEISCHER, R., ESPORTELE, F. Geologia da Mina de chumbo de Pannels, Adrianópolis-PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978. Recife, Anais... Recife: SBG, 1978. v. 4. p. 1545-1552.
- OLIVEIRA, E.P. Épocas metalogênicas do Brasil. Rio de Janeiro: DNPM, 1925. (DNPM/SGM, boletim, 13).
- OLIVEIRA, E.P. Geologia e recursos minerais do Estado do Paraná. Rio de Janeiro: DNPM, 1927. 172 p. (DNPM/SGM, monografia, 6).
- OLIVEIRA, G.M. A jazida de galena argentífera das Pannels das Brejaúvas, Bocayúva-Paraná. Mineração Metalurgia, v. 1, n. 5, p. 182, 1937.

- OLIVEIRA, I.W.B., FIGUEIREDO, J.A.; LEÃO NETO, R., VALENTE, C.R. Depósito de sulfeto maciço de Zn, Cu e Pb da região de Palmeirópolis - Goiás II. Goiânia: CPRM, 1985. Relatório interno.
- PAIVA, G. Jazidas de minérios de chumbo no Estado de São Paulo. Rio de Janeiro: DNPM, 1929. 25p. (DNPM/SGM, boletim, 42).
- PETRI, S., SUGUIO, K. Sobre os metassedimentos do extremo sul do Estado de São Paulo. São Paulo: USP/DAEE, 1969. 98p.
- PIEKARZ, G.F. Reconhecimento das unidades correlacionáveis à seqüência mineralizada do Perau, Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, Curitiba. Atas... Curitiba: SBG, 1981. v. 1, p. 148-154.
- PIRES, F.A. Uma nova concepção para os ambientes do Grupo Açungui na região de Iporanga e Apiaí, sul de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988, Belém. Anais do. Belém: SBG, 1988. v. 2, p. 606-616.
- PLIMER, I.R. Proximal and distal stratabound ore deposits. Mineralium Deposits, 13, p. 345-353, 1978.
- PONTES, J.B. Geologia e potencialidades economicas da Formação Água Clara (PR). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, 1982, Salvador. Anais... Salvador: SBG, 1982, v. 3, p. 1002-1016.
- PORADA, H. The Damara-Ribeira orogen of the Pan-African Brasília cycle in Namibia (South West África) and Brazil as interpretation in terms of continental collision. Tectonophysics, Amsterdam, n. 57, p. 237-265, 1979.
- PRÓ-MINÉRIO. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, Escala 1:1.000.000. São Paulo. Secretária de Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1981.
- PUCHELT, H. Sur geoquimie des Bariums in ecogenen Zyklus-Stzungsber. Heidelb. Akad. Wiss. Math. Nat. K1., Jg. p. 85-287, 1967.
- REIS NETO, J.M. Faixa Itaiacoca: registro de uma colisão entre dois blocos continentais no neoproterozóico. IG-USP. 1994. (tese de doutoramento).
- RUSSEL, M.J., SOLOMON, M., WALLSHE, J.L. The genesis of sediment hosted, exhalative zinc + lead deposits. Mineralium Deposits, 16, p. 113-127, 1981.
- SAWKINS, F.J. Massive sulphide deposits in relation to geotectonics "metallogey and plate tectonics". Geol. Assoc. Can. Special Paper, 14, p. 221-240, 1976.
- SCHOLL, W.V. Geologia do Grupo Açungui na região a noroeste de Rio Branco do Sul - PR, In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, 1981, Curitiba. Atas... Curitiba: SBG, 1981. v. 1, p. 170-184.
- SILVA, C.R., CHIODI FILHO, C., MACEDO, A.B. Projeto Integração e detalhe Geológico do Vale do Ribeira. área Mina do Perau. São Paulo: CPRM, 1981. v. 11. Convênio DNPM/CPRM.
- SILVA, C.R., LOPES Jr., I. Pb, Zn, Ag e Ba estratiforme no município de Guapiara-SP. In: 5º Simpósio Regional de Geologia do Sudeste. Atas, V.Z: 445-458, SBG, São Paulo, 1985.
- SILVA, C.R., LOPES Jr., I. Projeto Serra da Samambaia. Relatório Final de Pesquisa. São Paulo: CPRM, 1987. Relatório Interno.

- SILVA, C.R., da., SOUZA, I.M., BRANDÃO, W. Mina de chumbo e prata do Perau, Adrianópolis, Paraná In: BRASIL. DNPM. Principais depósitos minerais do Brasil. Brasília, 1988. v. 3, p. 123-134.
- SILVA, C.R., TAKAHASHI, A.T., CHIODI FILHO, C. Geologia e mineralizações da região Perau-Água Clara, Vale do Ribeira, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, 1982. Salvador. Anais... Salvador, SBG, 1982. v. 3. p. 1024-1036.
- SILVA, R.B., MAEYAMA, O., PEROSA, P.T.Y. Considerações sobre as mineralizações de chumbo, zinco e prata do Grupo Açungui no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 32, 1982. Salvador. Anais... Salvador: SBG, 1982. v. 3. p. 972-986.
- SOARES, P.C. Seqüências tectono-sedimentares e tectônica deformadora no Centro - Oeste do Escudo Paranaense. In: SIMPÓSIO SUL - BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1987. Curitiba. Atas... Curitiba, SBG, 1987. v. 2. 743-771.
- SOUZA, I.M. Mineralogia da jazida de cobre do Ribeirão do Perau, Paraná. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências-USP, 1972. 213p.
- SOUZA, I.M., CAMPANHA, G.A.C. Chumbo e cobre no Vale do Ribeira, Mina Barra do Perau, município de Adrianópolis, Estado do Paraná. Mineração Metalurgia, v. 40, n, 384, p. 4-7, 1977.
- STACEY, J.S., KRAMERS, J.P. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two stage model. Earth Planet. Science Letters, n. 26, 207-221, 1975.
- TAKAHASHI, A.T., FERREIRA, J.C.G., THEODOROVICZ, A. Projeto Guapiara. Relatório Final. São Paulo: SICCT/CPRM, 1984. 2v. Inédito.
- TAKAHASHI, A.T., CHIODI FILHO, C., SILVA, C.R., BATOLLA Jr., F. Projeto Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira. área Ribeirão do Perau. São Paulo: DNPM/CPRM, 1981. 94p. v.7. Inédito.
- TASSINARI, C.C.G., DAITX, E.C., BARBOUR, A.P. et al. Aplicação dos isótopos de Pb e Sr na determinação da natureza das fontes das mineralizações de chumbo do Vale do Ribeira, SP/PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990. Natal. Anais... Natal: SBG, 1990. v. 3. p. 1254-1266.
- THEODOROVICZ, A., CAMARA, M.M., MORAIS, S.M., GODOY, H.K., TAKAHASHI, A.T. Projeto Engenheiro Maia-Ribeirão Branco. Relatório Final. São Paulo: SICCT/CPRM, 1986. Inédito.
- VEIGA, A.T.C., SALOMÃO, E.P. A Formação São Sebastião e sua importância econômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, 1980, Balneário Camboriú. Anais... Balneário Camboriú: SBG, 1980. v.2, p. 826-831.
- WINCHESTER, J.A., FLOYD, P.A. Geochemical discrimination of different magma séries and their differentiation products using immobile elements. Chem. Geol., v. 20, 325-343, 1977.
- WINKLER, H.G.F. Petrogênese das rochas metamórficas. Porto Alegre: Edgard Blucher, 1977. 254 p.
- YARDLEY, B.W.D. An introduction to metamorphic petrology. New York: John Wiley & Sons, 1989. 248 p.

ZARTMAN, R.E., DOE, B.R. Plumbotectonics the model. Tectonophysics, n. 75, p. 135-162, 1981.

## **ANEXOS**

1. Resultados de análises do furo de sonda nº 1
2. Resultados de análises do furo de sonda nº 2
3. Resultados de análises do furo de sonda nº 3
4. Resultados de análises do furo de sonda nº 4A
5. Resultados de análises do furo de sonda nº 5A









