JORGE SILVA BETTENCOURT

T/023

**A MINA DE COBRE DE CAMAQUÃ,
RIO GRANDE DO SUL**

1972

JORGE SILVA BETTENCOURT

DEDALUS - Acervo - IGC

30900004635

A MINA DE COBRE DE CAMAQUÃ, RIO GRANDE DO SUL

Jorge Bettencourt

Tese de doutoramento apresentada ao
Instituto de Geociências da Universi-
dade de São Paulo

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
BIBLIOTECA CENTRAL

1G-14

1972

ÍNDICE

I	RESUMO	1
II	INTRODUÇÃO	5
III	TRABALHOS ANTERIORES	8
IV	PRODUÇÃO, RESERVAS E MÉTODOS DE LAVRA	10
	IV. 1	Produção
	IV. 2	Reservas
	IV. 3	Lavra
V	METODOLOGIA	17
VI	EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS GEOLÓGICOS REGIONAIS	20
VII	ESTRATIGRAFIA E LITOLOGIA DA REGIÃO DE CAMAQUÃ	25
	VII. 1	Generalidades
	VII. 2	Grupo Bom Jardim
	VII. 2. 1	Formação Arroio dos Nobres
	VII. 2. 1. 1	Membro Mangueirão
	VII. 2. 1. 2	Membro Vargas
	VII. 3	Grupo Camaquã
	VII. 3. 1	Formação Santa Bárbara
	VII. 3. 1. 1	Membro Rodeio Velho
	VII. 3. 2	Formação Guaritas
	VII. 4	Caracterização Local das Litologias
	VII. 4. 1	Generalidades
	VII. 4. 2	Membro Mangueirão
	VII. 4. 2. 1	Arenitos
	VII. 4. 2. 2	Ritmitos

VII. 4. 3	Membro Vargas	35
VII. 4. 3. 1	Arenito Inferior	35
VII. 4. 3. 2	Conglomerado Vargas	38
VII. 4. 3. 3	Arenito Médio e Arenitos Intercalados	42
VII. 4. 3. 4	Arenito Superior	44
VII. 4. 4	Diabásio	46
VIII	TECTÔNICA	
VIII. 1	Análise Estrutural	54
VIII. 1. 1	Procedimento de Campo e Tratamento dos Dados	54
VIII. 1. 1. 1	Mina S. Luiz	55
VIII. 1. 1. 1. 1	Falhas Maiores e Menores	55
VIII. 1. 1. 1. 2	Juntas	56
VIII. 1. 1. 1. 3	Acamamento	57
VIII. 1. 1. 2	Mina Uruguai	57
VIII. 1. 1. 2. 1	Falhas Maiores e Menores	57
VIII. 1. 1. 2. 2	Juntas	57
VIII. 1. 1. 2. 3	Acamamento	58
VIII. 1. 1. 3	Superfície	58
VIII. 1. 1. 3. 1	Falhas Principais e Menores	58
VIII. 1. 1. 3. 2	Juntas	59
VIII. 1. 1. 3. 3	Acamamento	59
VIII. 1. 2	Relações Entre Falhas Maiores, Menores e Juntas	59
VIII. 1. 3	Qualificação das Fraturas	61
VIII. 1. 4	Análise Dinâmica	68
VIII. 1. 5	Estruturas Locais e Suas Relações Com os Sistemas Regionais	70

IX	VEIOS E MINERALIZAÇÃO	75
X	CONTROLES DE MINERALIZAÇÃO	78
X.1	Generalidades	78
X.2	Controles Estruturais	79
X.2.1	Intersecções de Fraturas	79
X.2.2	Estruturas Penadas	79
X.2.3	Falhas Menores	79
X.2.4	Caracteres Físicos das Rochas Encaixantes	80
X.2.5	Irregularidades dos Planos da Falhas	80
X.2.6	Movimento Intra-minério	81
X.2.7	Zonas de Brechas	81
X.3	Controles Estratigráfico e Litológico	82
XI	CORPOS DE MINÉRIO	85
XI.1	Generalidades	85
XI.2	Mina S. Luiz	86
XI.2.1	Zona Sul do Diabásio	86
XI.2.1.1	Filão 1 (Filão S. Luiz ou Principal)	86
XI.2.1.2	Filão 2 (Filão Lapa)	88
XI.2.1.3	Filão 3 (Filão Capa)	90
XI.2.2	Zona Norte do Diabásio	92
XI.2.2.1	Filão 4 (Filão Principal)	92
XI.2.2.2	Filão 5 (Filão Lapa)	93
XI.2.2.3	Filão 6 (Filão Capa)	94
XI.2.3	Outros Filões	95
XI.2.4	Correlações	95
XI.3	Mina Uruguai	96
XI.3.1	Zona Uruguai	97

XI.3.1.1	Filão 1 (Filão Lapa)	97
XI.3.1.2	Filão 2 (Filão Sobre Lapa)	98
XI.3.1.3	Filões 16, 17, 18 e 19	100
XI.3.1.4	Filão 3 (Filão Capa)	100
XI.3.2	Zona Piritas	102
XI.3.2.1	Filão 10 (Filão Piritas) e Filão 11	102
XI.3.2.2	Filão 12	102
XI.3.2.3	Outros Filões	104
XII	MINERALOGIA	105
XII.1	Pirita	105
XII.2	Calcopirita	108
XII.3	Bornita	110
XII.4	Hematita	111
XII.5	Calcosita	114
XII.6	Quartzo	116
XII.7	Clorita	118
XII.8	Barita	119
XII.9	Calcita	120
XII.10	Limonita	120
XII.11	Cuprita	121
XII.12	Cobre Nativo	122
XII.13	Malaquita	122
XII.14	Crisocola	123
XII.15	Antlerita e Brochantita	123
XII.16	Covelita	
XIII	PARAGÊNESE	136
XIV	ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL E ZONAMENTO	140
XV	OXIDAÇÃO E ENRIQUECIMENTO SUPÉRGENO	142
XVI	ELEMENTOS MAIORES E MENORES	145

XVI. 1	Generalidades	145
XVI. 2	Distribuição dos Elementos Traço	146
XVI. 3	Conclusões	156
XVII	ORIGEM DA MINERALIZAÇÃO PRIMÁRIA	158
XVIII	CONCLUSÕES	164
XIX	AGRADECIMENTOS	
XX	BIBLIOGRAFIA	

TABELAS

1.	Produção de Cobre da Mina do Camaquã de 1901 a 1972	11
2.	Reservas da Mina de Camaquã	13
3.	Sequências Estratigráficas da Região de Caçapava do Sul - Lavras do Sul	24
4.	Composição Modal de Arenitos do Membro Mangueirão	33
5.	Análise Modal de Arenitos do Arenito Inferior	37
6.	Composição Modal do Conglomerado da Mina de Camaquã	41
7.	Composição Modal de Arenitos Intercalados aos Conglome- rados	44
8.	Análise Modal dos Arenitos do Arenito Superior	46
9.	Composição Modal do Dique de Diabásio da Mina S. Luiz	48
10.	Idades K-Ar do Dique de Diabásio da Mina S. Luiz	49
11.	Paragênese Mineral na Mina de Camaquã	139
12.	S, Fe, Cu, Co, Ni e Razão Co/Ni em Piritas e Calcopiritas	149
13.	Ag, Pb, Cr, As, Zn, Co, Ni e Razão Co/Ni em Piritas e Calcopiritas	150
14.	Ag, Pb, Cr, As, Zn, Co e Ni em Hematita	151
15.	Pb, Zn, Cu, Ni, Co e Cr em Andesitos e Granitos	151
16.	Ag, Pb, Cr, As, Zn, Co, Ni e Cu em Concentrados	152
17.	Análise Estatística	153

FOTOGRAFIAS

1.	Vista Parcial do Distrito Cuprífero de Camaquã	15
2.	Instalações do Poço Principal	16
3.	Feições da Lavra Céu Aberto na Zona Intermediária	16
4.	Estratificação Gradual em Siltito do Membro Mangueirão	50
5.	Estratificação Gradual em Sedimentos Rítmicos do Membro Vargas	50
6.	Grauvacas do Membro Mangueirão	51
7.	Siltito do Membro Mangueirão	51
8.	Arenitos Sublíticos Ferruginosos do Arenito Superior	52
9.	"Wackes Arcósicos"	52
10.	Pirita Cataclasada e substituída por Calcosita	125
11.	Substituição de Pirita por Bornita	125
12.	Textura Reticulada em Pirita	126
13.	Calcosita Substituindo Bornita	126
14.	Calcopirita envolvendo Pirita	127
15.	Substituição da Bornita por Calcopirita II	127
16.	Substituição da Bornita por Calcopirita II	128
17.	Textura Mirmequítica	128
18.	Cristais de Hematita	129
19.	Hematitas em Rede Angular	129
20.	Textura Fluidal Formada por Hematita	130
21.	Arranjo Concêntrico de Lamelas de Hematita Especular	130
22.	Hematita Substituindo Fragmentos de Rochas	131
23.	Substituição de Fragmentos de Rocha por Hematita Especular	131

24.	Cobre Nativo em Calcosita	132
25.	Substituição de Hematita por Calcopirita II	132
26.	Calcopirita II Substituindo Fragmentos de Minério	133
27.	Calcopirita II Substituindo Hematita e Bornita	133
28.	Calcosita Substituída por Bornita	134
29.	Intercrescimento Mirmequítico	134
30.	Intercrescimento Mirmequítico	135
31.	Covelita Substituindo Calcosita	135

FIGURAS

1.	Mapa de Localização do Distrito da Mina de Camaquã	7
2.	Folha Geológica da Mina de Camaquã	53
3.	Mapa Geológico do Distrito Cuprífero da Mina de Camaquã	
4.	Diagramas de Contorno de Polos das Normais a Falhas da Mina S. Luiz	63
5.	Diagramas de Contornos de Polos das Normais a Falhas da Mina Uruguai	64
6.	Diagramas de Contornos de Polos das Normais a Falhas da Superfície	65
7.	Diagramas de Contornos de Polos das Normais a Juntas Medidas à Superfície, Mina S. Luiz e Uruguai	66
8.	Diagramas de Contornos de Polos das Normais a Acamamentos Medidos à Superfície e minas S. Luiz e Uruguai	68
9.	Diagrama Síntese de Polos de Normais a Falhas Principais da Mina de Camaquã	

10.	Diagramas de Contorno de Polos das Normais a Falhas Principais das Minas S. Luiz e Uruguai com Projeções das Estrias de Falhas Correspondentes.	73
11.	Configuração das Relações Existentes Entre Fraturas e Direções de Esforços na Mina de Camaquã.	69
12.	Diagrama de Contorno de Polos das Normais a Fraturas Pós- Mineralização.	74
13.	Perfil Longitudinal ao Longo da Linha Base NW-SE- Mina Uruguai.	84
24.	Conteúdo de Co e Ni em Piritas da Mina de Camaquã.	147
25.	Conteúdo de Co e Ni em Calcopiritas da Mina de Camaquã.	148

ANEXOS

3.	Mapa Geológico do Distrito Cuprífero da Mina de Camaquã.	
14	Padrão Estrutural e Mineralização - Mina S. Luiz.	
15	Padrão Estrutural e Mineralização - Mina Uruguai.	
16.	Controles de Mineralização das Minas S. Luiz e Uruguai.	
17	Controles de Mineralização das Minas S. Luiz e Uruguai.	
18	Controles de Mineralização das Minas S. Luiz e Uruguai.	
19	Controles de Mineralização das Minas S. Luiz e Uruguai.	
20	Mina S. Luiz - Plantas de Níveis	
21	Mina Uruguai - Plantas de Níveis.	
22	Mina S. Luiz - Realces e Perfis Transversais.	
23	Mina Uruguai - Realces e Perfis Transversais.	

I - RESUMO

A Mina de cobre de Camaquã, no Estado do Rio Grande do Sul, é constituída por duas zonas principais, denominadas, Mina S. Luiz e Mina Uruguai, além dos setores subsidiários conhecidos por Zonas Intermediária, Potreiros, Oscarino, Feliciano e Cêrro das Tunas. Pequenos filões, de menor importância também são assinalados (Fig. 3).

O setor S. Luiz se compõe da mina propriamente dita e de vários filões isolados, conhecidos como, São Júlio, Barnabé e Esperança. Sem considerar os filões isolados, abrange uma faixa de aproximadamente 700 metros de comprimento, com largura variável, de 20 metros na extremidade SE e 110 metros no extremo NW. Seus filões mais importantes, modernamente foram designados como Principal ou S. Luiz, Capa e Lapa.

Na Mina Uruguai, sempre se considerou a existência de duas zonas independentes, quais sejam, Zona Uruguai e Zona Piritas, separadas pela Falha Piritas. Os veios ocorrem numa área com extensão de 650 metros de larguras de 270 metros na Zona Piritas e 180 metros na Zona Uruguai. Os veios mais importantes são: Filão Piritas, na Zona Piritas; filões, Lapa, Sôbre Lapa, Capa e Sôbre Capa na Zona Uruguai.

Os trabalhos de lavra e pesquisa, efetuados nos últimos 30 anos, permitem verificar a existência de um sistema de veios, muito mais numerosos do que acima indicado.

A Zona Intermediária, situada entre as minas S. Luiz e Uruguai, dista 300 metros da Zona Piritas e 200 metros da extremidade SE da Mina S. Luiz. Ao contrário das duas minas anteriores, esta zona se caracteriza por densos fraturamentos subsidiários a falhas principais.

A Zona Potreiros dá continuidade aos veios isolados da Mina S. Luiz; estende-se por cerca de 700 metros, com largura aproximada de 200 metros. Nesta faixa ocorrem inúmeros veios, predominantemente constituídos por minerais de ganga.

Os setores Cêrro das Tunas e Feliciano possuem vários filões contínuos, além de afloramentos isolados, cujos comprimentos variam de poucos até 120 metros; podem ser considerados como prolongamentos das falhas mineralizadas da Zona Piritas.

Todos os setores da Jazida de Camaquã foram pesquisados em diversas épocas, por trincheiras superficiais e por galerias, trabalhos de sondagem e desenvolvimento subterrâneo. Os setores Oscarino, Feliciano, Cêrro das Tunas e Potreiros a despeito dos intensos trabalhos de pesquisa efetuados, apresentam inexpressiva reserva de minério. Em contrapartida, as Minas S. Luiz, Uruguai e Zona Intermediária mostram-se possuidoras das maiores reservas de minério de cobre no distrito sendo responsáveis por toda a produção da jazida de Camaquã.

As rochas mais abundantes no distrito, pertencem aos Grupos Bom Jardim e Camaquã, respectivamente de idades pré-cambriana e paleozóica inferior, além de diques de diabásio de idade mesozóica e sedimentos recentes (Fig. 2). As unidades sedimentares possuem uma espessura local provavelmente de vários quilômetros e recobrem o embasamento pré-cambriano. O complexo sedimentar, representado pelos grupos acima discriminados, é constituído de arenitos, ritmitos, grauvas e conglomerados, além de intrusivas e extrusivas andesíticas. O Grupo Bom Jardim, contendo as rochas mais antigas do distrito, é recoberto em discordância angular pelos sedimentos do Grupo Camaquã.

Em âmbito local, as rochas do Grupo Bom Jardim são mais importantes, uma vez que constituem as encaixantes da mineralização cuprífera. Emergem no núcleo de um anticlinal formado por rochas do Grupo Camaquã, determinando uma estrutura homoclinal, cujas camadas possuem direção NE e mergulho médio em torno de 35°.

O dique de diabásio mais importante na área corta o sistema de veios da Mina S. Luiz, seccionando-a em duas zonas; dados geocronológicos apontam uma idade correspondente ao Cretáceo Médio Inferior. Metamorfismo termal, tanto dos sulfetos quanto das rochas encaixantes, é observado nos contatos deste corpo.

As feições estruturais dominantes no distrito, são representadas por grandes falhamentos transcorrentes com direção NE, e falhas normais, tracionais e subsidiárias, com direção NW, todas de idade pré-cambriana. Estas últimas são transversais ou oblíquas à direção média das camadas e à estrutura homoclinal do Grupo Bom Jardim e assumem extrema importância pelo fato de estarem associadas à mineralização no distrito. Falhamentos pós-mineralização também foram assinalados, cortando as estruturas acima apontadas.

A distribuição dos depósitos filonares é restrita a arenitos, ritmitos e conglomerados dos Membros Mangueirão e Vargas que são unidades da Formação Arroio dos Nobres do Grupo Bom Jardim (Fig. 3).

Verificou-se que, em geral, a mineralização econômica é principalmente localizada nos conglomerados e arenitos conglomeráticos; entretanto, mineralizações de porte foram constatadas em arenito, a grande profundidade, com condicionamento tectônico discutido no capítulo X.

Os depósitos filonares se formaram por preenchimento e substituição ao longo de planos de falhas normais e estruturas penadas associadas; há também mineralização disseminada nas paredes e nos espaços entre os planos de falhas. A possança dos filões varia de poucos centímetros a um máximo de 4 metros, nas zonas de enriquecimento. A persistência dos principais corpos de minérios em profundidade é notória, até pelo menos 330 metros na vertical, não havendo evidências, de que o limite inferior de mineralização tenha sido atingido em qualquer localidade. De um modo geral, os filões principais das minas Uruguai e S. Luiz tem mergulhos para SW e NE, respectivamente, sendo possível prever os caimentos dos corpos mineralizados, em função das estruturas e estratigrafia.

Os tipos de alteração das encaixantes identificados no distrito são: silicificação, caolinização e sericitização, que acompanham, com mais frequência a mineralização primária. Digna de nota, é a cloritização intensa, desenvolvida na Mina Uruguai, particularmente na Zona Piritas. Representa uma alteração tardia, superimposta à alteração primitiva e acompanha a mineralização hematítica.

De uma maneira geral, a sequência paragenética indica a existência de pelo menos, quatro fases de deposição. As soluções mineralizantes sofreram modificações físico-químicas marcantes, durante a evolução do depósito sendo função dos eventos magmático-tectônicos coevos. A paragenese primária é simples, sendo os principais sulfetos e óxidos: pirita, calcopirita, bornita, hematita e calcosita.

Zonamento vertical hipógeno, em veios, foi observado, especialmente na Mina S. Luiz onde a lavra já atingiu o nível 700 pés. Notou-se que a calcopirita e pirita aumentam em profundidade, predominando nos níveis 600 e 700 pés. Na Mina Uruguai, mesmo no nível 500 pés, há sempre mistura intensa de minerais hipógenos e supérgenos. Ligeiro zonamento lateral primário foi notado na Zona Piritas da Mina Uruguai, onde predomina mineralização a hematita.

A Jazida de Camaquã apresenta todas as características de depósitos hidrotermais mesotermiais. A julgar pelos dados geoquímicos obtidos, as soluções hidrotermais sulfuretadas são consideradas derivadas de uma fonte magmática profunda.

Os condutos primários seriam, provavelmente, as grandes falhas de direção NE, que atingiriam o embasamento cristalino. Devido ao ambiente tectônico propício da Zona da Mina, as soluções seriam canalizadas, secundariamente, para as falhas NW, com espaços abertos adequados à deposição de sulfetos, óxidos e minerais de ganga. As rochas encaixantes teriam um papel relevante no fornecimento dos elementos necessários à formação de grande parte dos minerais de minério e ganga.

Lixiviação e enriquecimento supérgeno são bem desenvolvidos no distrito, com formação de calcosita e bornita como minerais principais. A fixação precisa dos limites da zona enriquecida é problemática, devido às dificuldades em discriminar a natureza hipógena e supérgena da calcosita e bornita, bem como pela oxidação intensa, efetuada em realces antigos e galerias dos níveis inferiores, por águas percolantes.

II - INTRODUÇÃO

O distrito mineral da Mina de Camaquã situa-se no Município de Caçapava do Sul, Estado do Rio Grande do Sul. Faz parte do chamado "Polígono Cuprífero Riograndense", definido por Ribeiro et al (1966 pg. 171), que abrange a área delimitada pelas ocorrências cupríferas na Quadrícula de Caçapava do Sul, estendendo-se, ainda, por algumas dezenas de quilômetros para Sudoeste dentro da Quadrícula de Pinheiro Machado, nos Municípios de Bagé e Pinheiro Machado (Fig. 1).

As atividades de prospecção e lavra de cobre e ouro neste distrito foram historiadas por Teixeira (1937, 1941), Oliveira (1944), Costa Filho (1944), Leonardos (1944) e, detalhados extensamente, por Gavronski (1965 e 1971), sem dúvida, o melhor conhecedor de todo o Polígono. Este distrito começou a ter notoriedade após a descoberta, em 1865 - 70, das primeiras amostras de minério de cobre oxidado, na área da Mina de Camaquã, então Campos de João Dias dos Santos.

As atividades de prospecção e princípio de lavra tiveram início em 1888, embora a produção efetiva tenha começado e se estendido no período compreendido entre 1900 e 1908, pela "Société Anonyme des Mines de Cuivre du Camaquã". Os primeiros trabalhos mineiros no distrito foram conduzidos por ingleses e belgas, estes da "Société Anonyme des Mines de Cuivre du Camaquã". Um reinício efêmero de lavra foi assinado no ano de 1944, mas somente no período compreendido entre 1952 e 1955 se efetuou a retomada e implantação definitiva da lavra, pela Companhia Brasileira do Cobre (C.B.C), detentora da Mina de Camaquã desde 1942.

Em âmbito regional, numerosos trabalhos foram publicados versando sobre os mais diferentes aspectos geológicos. Restritas ao distrito, as únicas publicações mais recentes e que abordam problemas mineiros e geológicos são de autoria de Costa Filho (1944), Leinz e Almeida (1941) e Ribeiro et al (1966). De 1946 até a presente data, a lavra subterrânea foi extremamente intensificada. Trabalhos detalhados de pesquisa foram

efetuados desde 1958, particularmente sondagens e mapeamentos de subsolo. O volume de observações geológicas coletadas nos últimos 3 anos modificam substancialmente e complementam muitas observações anteriormente feitas. Por outro lado, os trabalhos geológicos regionais e de detalhe, efetuados à escala 1:250.000 e 1:50.000 constituem apoio seguro a qualquer tentativa de síntese.

O autor integrou, a partir de meados de 1969 até janeiro de 1971, o grupo técnico de pesquisa da C.B.C. operando na Mina de Camaquã. Durante esse período, essa equipe coletou um volume considerável de dados geológicos, que se revelam de grande importância para o conhecimento estrutural e metalogenético do distrito. Os resultados obtidos e as excelentes informações geológicas regionais, atualmente disponíveis, possibilitaram ao autor, esboçar uma análise geológica em escala de distrito, visando os seguintes objetivos principais: 1) execução de análise tectônica do distrito, com caracterização das fraturas pré-mineralização e dos esforços responsáveis pelas deformações na área, 2) estabelecimento dos fatores responsáveis pela localização do minério, 3) análise tridimensional dos principais corpos de minério, visando a melhor visualização do comportamento em profundidade, 4) estudo da mineralogia do minério, com suficiente detalhe para o estabelecimento das fases de mineralização e da sequência paragenética pertinente, 5) estudo das concentrações e distribuição dos elementos traço e menores, nos principais sulfetos, testando a aplicabilidade das relações mútuas entre esses elementos, visando esclarecer alguns problemas ligados à gênese dos veios hidrotermais no distrito.

A análise tectônica e o estudo dos elementos traço devem ser encarados como experiências pioneiras, sujeitas a complementações futuras. Vários outros aspectos de importância para o distrito deixaram de ser tratados em detalhe, pois demandariam estudos adicionais de campo e laboratório. Detalhamento da alteração hidrotermal no distrito, determinações isotópicas e análises mais numerosas de elementos traço para complementar os dados já existentes e permitir conclusões genéticas seguras, não puderam ser realizadas no momento. Trabalhos

adicionais de levantamento geológico superficial detalhado, especialmente no setor da Mina Uruguai, permitiriam o entendimento tridimensional de inúmeros corpos de minério, imperfeitamente conhecidos na capa do depósito.

Para a compilação das informações geológicas superficiais e localização dos filões, foram utilizados mapas plano-altimétricos às escalas 1:5.000, 1:1.000 e 1:500. Nos trabalhos de mapeamento geológico de subsolo, em galerias e realces, foram necessários mapas planimétricos à escala 1:250, todos executados pela equipe técnica da C.B.C.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO DISTRITO DA MINA DE CAMAQUÃ

Localização Geográfica da Mina do Camaquã

Fig.-1

III - TRABALHOS ANTERIORES

Os primeiros trabalhos mineiros no distrito foram conduzidos em 1888, por agricultores alemães de Pelotas e posteriormente por ingleses e belgas, estes da "Societé Anonyme des Mines de Cuivre du Camaquã". As primeiras descrições de ocorrências são de autoria de Carvalho (1932) e Teixeira (1937). A pesquisa sistemática em caráter preliminar, para avaliação das possibilidades do distrito, teve início com Emílio Alves Teixeira, que resumiu os resultados em 1941. Estes trabalhos tiveram como objetivos a desobstrução de acessos e galerias, confecção de mapas topo-geológicos de superfície e subsuperfície, amostragem dos veios e realces antigos, descrição dos filões e da geologia, bem como o estabelecimento de uma sequência estratigráfica local. Esta campanha se prolongou até 1944 e contou com numerosa equipe de engenheiros de minas e geólogos. Merece destaque a importante contribuição de Leinz e Almeida (1941), que apresentaram um estudo detalhado da mineralogia, paragênese e origem do minério, único até à presente data. Costa Filho (1944) teve o mérito de não só compilar todos os dados de pesquisa geológica efetuada pelas equipes anteriores, como também acrescentar informações importantes de cunho pessoal. Esta obra minuciosa, ainda hoje, é ótimo guia para lavra das porções de minério existentes acima do nível 300 pés da Mina São Luiz.

Entre 1957 e 1961, merecem destaque as atividades da equipe "Comissão Mista de Investigação dos Recursos de Metais não Ferrosos", constituída pela Comissão Mista Departamento Nacional de Produção Mineral e United States Geological Survey . As contribuições de Melcher (1957, 1959, 1962), Melcher e Mau (1960), Martinelli e Nogueira Filho (1959), Robertson (1961, segundo Ribeiro et al 1966), atestam a intensa atividade do período, compreendendo levantamento geológico de superfície, à escala 1:1.000, testes de aplicabilidade de prospecção geoquímica, além de levantamento e amostragem de subsolo, na Mina S. Luiz.

Os trabalhos da "Comissão Mista", no período compreendido entre 1958 e 1961, desenvolveram-se paralelamente à pesquisa executada pelo D.N.P.M. - Rio Grande do Sul, em regime de cooperação com a C.B.C., sendo esta representada pelo grupo Japonês "Mitsubishi Metal Mining Company", na época responsável pela operação da Mina.

Estas pesquisas possibilitaram a abertura de uma nova mina, no setor Filão Piritas - Mina Uruguai, o aprofundamento dos níveis 400 e 500 pés da Mina S. Luiz, além de evidenciar minério até ao nível 900 pés.

A partir de 1969, a C.B.C. iniciou um projeto de ampliação das instalações de concentração de minério, com a construção de uma usina com capacidade de 70 mil toneladas mensais de minério. Para atender a este desenvolvimento e definir reservas que permitissem essa produção, a C.B.C. elaborou programa de sondagens profundas, visando testar a continuidade da mineralização até ao nível 1.100 pés, nas duas Minas (S. Luiz e Uruguai). Este programa foi elaborado pela equipe de técnicos da C.B.C., ficando a execução dos furos de sondagem a cargo do D.N.P.M. - R.G.S., em regime de cooperação. Paralelamente ao programa de desenvolvimento, foram iniciados, em 1969, pela primeira vez na Mina, trabalhos de mapeamento geológico sistemático no subsolo, à escala 1:250.

Dando continuidade ao programa de pesquisa, Ellert (1971) executou um levantamento geofísico no distrito, tendo como finalidade a observação da aplicabilidade do método eletromagnético indutivo, nos tipos de jazimento e condições superficiais da área. Foram utilizados os equipamentos E.M. Sharpe (Canadense) e E.M.Gun (Sueco), efetuando-se perfis perpendiculares às estruturas locais, em extensão superior a 25 quilômetros.

Em 1970 foi criada a Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (C.P.R.M.), que sucedeu ao D.N.P.M. na execução do programa de sondagem profunda, ainda em curso, mediante contrato de prestação de serviços com a C.B.C.

IV - PRODUÇÃO, RESERVAS E MÉTODOS DE LAVRA

IV. 1 Produção

A quase totalidade da produção brasileira de cobre provém da Mina de Camaquã, repartida pelos setores Mina S. Luiz e Mina Uruguai, além de pequena contribuição do setor, Zona Intermediária. As produções do início do século eram totalmente exportadas constituindo de minério escolhido, minério concentrado e mate, com altos teores em cobre. A Tabela 1 apresenta uma estimativa da produção e dos teores obtidos durante a vida da Mina, configurando assim a evolução da produção até a presente data. Os dados numéricos resultam de uma compilação bibliográfica Oliveira (1944), Costa Filho (1944), de relatórios da C.B.C. e também de informações verbais. Baseando-se nesses valores, deduz-se que a produção total de cobre, até o momento, pode ser avaliada em aproximadamente 25.000 toneladas. O aumento da capacidade do Velho Engenho de Concentração de minério assim como melhorias operadas na lavra e transporte do minério, de 1967 a 1971, possibilitaram um aumento efetivo de minério desmontado e concentrado. A conclusão das instalações do Poço Novo (Mina S. Luiz) em 1969 e do Novo Engenho em 1971, com capacidade para 70 mil toneladas mensais, permitiram duplicar a produção de minério nos anos 1971 e 1972 (Fot. 1, 2 e 3).

TABELA 1

PRODUÇÃO DE COBRE DA MINA DE CAMAQUÃ DE 1901 a 1972

ANO	MINÉRIO PRODUZIDO (t)	TEOR MÉDIO PONDERADO DE MINÉRIO (%)	CONCENTRADO (t)	TEOR MÉDIO PONDERADO DO CONCENTRADO (%)		COBRE (kg)
1901	-	-	478	30,0	-	143.400
1902	-	-	235	30,0	-	70.500
1903	-	-	795	28,5	Minério escolhido	226.570
			556	23,0	Min. concentrado	127.880
1904	1.933	6,4			Minério bruto	12.370
1905	-	-	658	30,0	-	197.400
1906	-	-	720	30,0	Minério	216.000
			429	50,0	Mate	214.500
1907	-	-	607	30,0	Minério escolhido	182.100
			255	50,00	Mate	127.500
1908	-	-	818	30,0	-	245.400
1956	-	-	300	32,0	-	96.000
1957	-	-	300	32,0	-	96.000
1958	-	-	300	32,0	-	96.000
1959	-	-	500	32,0	-	160.000
1960	-	-	800	34,0	-	272.000
1961	-	-	1.000	35,0	-	350.000
1962	-	-	1.200	36,0	-	432.000
1963	-	-	1.500	37,0	-	555.000
1964	-	-	1.800	38,0	-	684.000
1965	-	-	1.800	38,0	-	684.000
1966	117.528	1,66	1.849	39,4	-	728.500
1967	128.747	1,56	1.898	38,5	-	730.730
1968	159.413	1,64	2.386	37,4	-	892.360
1969	231.089	1,39	8.266	36,1	-	2.984.400
1970	306.171	1,20	10.022	33,7	-	3.337.400
1971	480.082	0,94	14.039	30,4	-	4.267.800
1972	480.000	1,00	14.000	30,4	-	4.256.000
Total -						22.385.810

OBS: a) Os dados anteriores a 1908 foram extraídos de Costa Filho (1944) e Oliveira (1944)
b) Os valores restantes foram obtidos da C. B. C. e de informações pessoais.

IV. 2

Reservas

O levantamento das reservas de minério da Mina de Camaquã, foi efetuado por Bettencourt e Cornuth (1971). Esta cubagem foi feita até ao nível 1.100 pés, das Minas S. Luiz e Uruguai. Foi baseada em dados de sondagem existentes até dezembro de 1970, bem como nos trabalhos de desenvolvimento e serviços sistemáticos de mapeamento geológico e de subsolo, executados no período entre 1969 e 1972, e que mais visam aproveitar as porções de minério abandonadas nos níveis superiores. À época da confecção do relatório de cubagem, estava em curso uma campanha de sondagem profunda nas minas Uruguai e S. Luiz, cujos resultados não foram utilizados nessa estimativa. As informações obtidas dessa campanha de sondagem profunda, embora ainda em execução, demonstraram a existência de corpo de minério possante, abaixo do nível 1.100 pés da Mina Uruguai, no Arenito Inferior (Fig. 13), além de inúmeros filões localizados na região da capa da Mina Uruguai, não pesquisados anteriormente.

Os trabalhos de pesquisa, então, efetuados, permitiram uma reinterpretação do comportamento dos corpos de minério pela equipe técnica da C. B. C. e possibilitaram uma previsão, para a Mina Uruguai, até ao nível 1.200 pés, de aproximadamente 9 a 10 milhões de toneladas de minério inferido, com teores em cobre variável entre 1,0 a 1,5 %.

A Tabela 2 apresenta um resumo geral das reservas e seus respectivos teores. Deve-se assinalar que os teores obtidos na cubagem de 1971 foram otimistas, pois os teores médios mensais da Mina se mostram sistematicamente bem inferiores aos teores de alimentação do engenho. Este fato é atribuído à diluição na lavra, êrros sistemáticos na amostragem efetuada antes de 1969 e à irregularidade da distribuição da mineralização. Presentemente, este problema está sendo resolvido em cada bloco de desmonte, pela equipe de produção da C. B. C., aplicando-se um fator de correção, estatisticamente determinado, ao teor médio obtido em cada bloco de desmonte e que deve variar em torno de 15 a 20 %.

TABELA 2
RESERVA DA MINA DE CAMAQUÃ
RESUMO GERAL
(1971)

	RESERVA (t)						RESERVA (t)
	MEDIDA	INDICADA	INFERIDA	PILARES	DESMONTADA		SUB-TOTAL
MINA SÃO LUIZ	17.871 1,29 1.378.377	11.763 1,32 390.369	16.259 1,45 1.125.153	2.202 1,38 159.198	486 0,84 57.687	48.881 1,34 3.611.284	
MINA URUGUAI	12.465 1,53 815.218	7.994 1,50 532.475	34.789 1,63 2.132.220	5.474 2,35 232.821	901 1,27 70.917	61.623 1,63 3.783.651	
FILÃO SÃO JÚLIO	1.042 1,46 71.350				327 1,58 20.714	1.369 1,49 92.064	
FILÃO BARNABÉ	1.178 1,55 75.390					1.178 1,55 75.390	
ZONA INTERMEDIÁRIA		5.205 1,63 319.000				5.205 1,63 319.000	
TOTAL	32.556 1,39 2.340.835	24.962 1,43 1.741.844	51.148 1,57 3.257.373	7.676 1,96 392.019	1.714 1,15 149.318	118.056 1,49 7.881.389	
HORIZONTE INFERIOR DO CONGLOMERADO VARGAS			1.211.000			1.211.000	
RESERVA TOTAL —						9.092.389	

- a) Reserva total 7.881.389 (t)
- b) Reserva total incluindo o Horizonte Inferior do Conglomerado Vargas 9.092.389 (t)

RESERVAS DETERMINADAS E PREVISTAS APÓS 1971

1. Cêrro das Tunas, Oscarino e Feliciano (Reserva Inferida)	0,74% 129.275
2. Reserva Prevista para a Mina Uruguai até ao nível 1.200 pés, em função das sondagens profundas	1,00/1,50% 9.000.000 a 10.000.000

- OBS: a) Os teores obtidos da reserva total (1971), devem ser corrigidos (para menos), por um fator variável entre 15 a 20 %.
- b) A reserva correspondente ao Horizonte Inferior do Conglomerado Vargas deve ser considerada como uma reserva marginal, sujeita a comprovação por trabalhos de pesquisa. Os teores previstos devem variar entre 1,0 a 1,5 %.

Cobre	Teor
Contido	Minério
Tonelagem do Minério	

IV.3

Lavra

A mineração subterrânea é feita por "shrinkage stoping" em blocos de desmonte, havendo, no entanto, projetos para implantação de novos métodos, provavelmente "sub-level stoping". Além da mineração subterrânea, a Zona Intermediária tem sido ocasionalmente lavrada a céu aberto, por bancadas. O minério foi dividido em painéis com altura de 30 a 35 metros. Os comprimentos dos blocos são variáveis e delimitados por chaminés. O desenvolvimento é iniciado em subnível, com largura e comprimento igual ao do bloco a ser desmontado. Pilares de 3 a 4 metros são deixados, delimitando verticalmente o bloco nos níveis contíguos. O transporte de minério é feito pelas galerias principais. Na Mina S. Luiz, o minério é escoado pela Galeria Inglesa e pelo Poço Novo e a lavra atinge, atualmente, o nível 700 pés. Na Mina Uruguai a lavra se estende até ao nível 500 pés e o escoamento é feito por plano inclinado, que serve individualmente cada nível, estando em curso a construção de novo poço de extração a partir do nível 100 pés. Todo o minério é conduzido em vagonetas e caminhões até à estação de britagem e concentração dos engenhos Novo e Velho.

Foto 1 - Vista parcial do Distrito Cuprífero de Camaquã, a partir da Pedra do Paredão (Flanco NE). O espigão central é formado pelo Conglomerado Vargas e contém as minas S. Luiz e Uruguai (Cêrro da Mina e Cêrro da Tuna). O flanco esquerdo é constituído pelo Arenito Inferior e o direito contém o Arenito Superior. A formação Santa Bárbara aparece ao fundo à direita, recobrando em discordância angular o Arenito Superior e Conglomerado Vargas.

Foto 2 - Instalações do Poço Principal (Poço Novo) na Mina S. Luiz. Notar a entrada do Poço e a torre dos elevadores.

Foto 3 - Feições da lavra a céu aberto na Zona Intermediária.

V - METODOLOGIA

Para a identificação de minerais de minério, gangas, alteração hidrotermal e estudo das rochas encaixantes do distrito, foram confeccionadas 50 secções polidas, 40 secções delgadas de amostras de minério, além de 40 secções delgadas de rochas.

Todas as secções e lâminas foram estudadas, segundo métodos convencionais em microscópio de fabricação Leitz, modelo Ortolux-pol e Zeiss, modelo Standard WL. As análises modais das rochas clásticas e ígneas foram obtidas por meio de contagem de pontos (Chayes, 1949), com espaçamento adequado à granulação da rocha, empregando-se um número mínimo de 700 pontos por lâmina, nas rochas sedimentares e 1 000 pontos nos diabásios. Os resultados alcançados estão expressos em porcentagens volumétricas.

Os ângulos 2 V dos piroxênios foram medidos em Platina Universal Leitz de quatro eixos, diretamente, ou por projeção estereográfica. A composição dos plagioclásios foi obtida a partir do método da extinção máxima usando-se os gráficos fornecidos por Tröger (1956) e o gráfico de Fouqué-Kohler (segundo Tröger, 1956).

O método da difração de raios X foi utilizado intensivamente no presente trabalho, para identificação e caracterização das espécies minerais. O método fotográfico em câmara de pó, de Debye-Sherer, foi usado para a identificação da maioria dos minerais, individualizados ou em mistura de fases, quando possível. Nos casos de difícil separação a partir de misturas, foram obtidos difratogramas, sendo os resultados corroborados com observações óticas em lâminas delgadas e secções polidas. Foi utilizado equipamento de difração de marca Norelco com anticátodos de $\text{CuK}_{\alpha} = 1,5418 \text{ \AA}$ e $\text{FeK}_{\alpha} = 1,9373 \text{ \AA}$. Ao todo, foram feitas 40 determinações de raios X, sendo 16 pelo método do pó e 24 por difratometria.

Para a determinação dos elementos traço em pirita, calcopirita e hematita foram colhidas amostras de minério em níveis diferentes da Mina Camaquã e em corpos independentes, de maneira a melhor representar a distribuição, em profundidade dos elementos a serem analisados.

Sempre que possível foi dada preferência às amostras que contivessem pirita e hematita, bem cristalizadas e individualizadas, ou calcopirita livre de contaminação e intercrescimento de outros sulfetos.

Inicialmente o material foi reduzido a uma granulometria abaixo de 50 malhas, suficiente para liberar pirita e calcopirita. As frações compreendidas entre 100 e 150 malhas foram conservadas, sendo posteriormente lavadas com água destilada. No caso de hematita e pirita, foi possível obter algumas amostras de minério com cristais bem individualizados e livres de contaminações, que, após trituração, foram selecionados à lupa, por catação manual. No caso de hematita também foram obtidos concentrados purificados por simples separação com bromofórmio.

Todas as frações de minério retidas nas peneiras 100 e 150 malhas foram submetidas a concentração, com a finalidade de separar os minerais de ganga existentes. Essa concentração foi efetuada no Departamento de Minas da Escola Politécnica, U.S.P., em mini-célula de flotação, especialmente desenhada para separações dessa natureza e usando compostos orgânicos de uso rotineiro em concentração de sulfetos. Os concentrados obtidos por meio dessa operação demonstraram possuir ainda pequena contaminação de minerais de ganga, especialmente quartzo. Essas amostras foram levadas ao Separador Isodinâmico Frantz, com o objetivo de obter concentrados puros de pirita e calcopirita, não contaminados por bornita e outros sulfetos. O procedimento e os parâmetros usados nesta operação foram descritos por Gaudin et al (1943) e Rosenblun (1958).

Algumas amostras exigiram, ainda, separação final de impurezas de quartzo, por catação manual à lupa ou em bromofórmio.

Na determinação dos elementos traço e da composição química dos minerais de minério, concentrados e rochas, foram utilizadas: micro-sonda eletrônica, fluorescência de raios X e espectrofotometria de absorção atômica.

Todos os dados analíticos contantes da Tabela 12 foram obtidos por micro-sonda eletrônica, por intermédio do Laboratório de Geoquímica da Outokumpu Mining Company-Finland. Foram usados cristais de LiF e mica, sendo o aparelho operado a 25 Kv e $0,1 \mu\text{A}$. Os padrões usados foram pentlandita, para Ni e Co, calcopirita, para Cu, Fe e S em calcopirita, e pirita, para Fe e S. O limite de detecção de Co e Ni foi de 100 ppm, com os seguintes erros estimados de determinação:

$\text{S} \pm 0,3 \%$; $\text{Fe} \pm 0,4 \%$; $\text{Cu} \pm 0,4 \%$; $\text{Co} \pm 0,02 \%$; $\text{Ni} \pm 0,02 \%$.

As determinações analíticas feitas por fluorescência de raios X, consistiram na análise de microelementos, à exceção de Ni e Co, em 8 concentrados de pirita, 20 de calcopirita, 5 de hematita e 6 concentrados de minério, além da análise total de 6 amostras de rochas. Estas amostras são do Granito Caçapava e andesitos Hilário e Rodeio Velho.

Nas dosagens de elementos traço em minerais não foram usados padrões internos, mas sim padrões minerais de pirita, calcopirita e hematita, previamente analisados por absorção atômica. Para o trabalho analítico em rochas foram utilizados os padrões W - L, AGV - 1, GSP - 1 do (United States Geological Survey), respectivamente para basalto, andesito e granito. Os erros estimados nas determinações por fluorescência de raios X giram em torno de $\pm 20 \%$.

VI - EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS GEOLÓGICOS REGIONAIS

A região de Caçapava do Sul - Lavras do Sul constitui a principal zona de mineralização de cobre no Estado do Rio Grande do Sul, abrangendo vários distritos cupro-auríferos. Pela sua importância econômica, tem merecido a atenção de dezenas de investigadores, cujos trabalhos, abordando diferentes aspectos geológicos regionais, ou detalhes sobre os recursos minerais da região, constituem extensa e volumosa literatura.

Uma síntese geral da evolução do conhecimento geológico regional torna-se necessária, para a compreensão da metalogenia do cobre no Distrito Cuprífero de Camaquã. Neste trabalho, somente as publicações básicas, de interesse específico, serão resumidamente enumeradas.

As primeiras observações geológicas regionais, referentes à região, são de autoria de Paulino Franco de Carvalho (1932), que propôs uma sequência estratigráfica Pré-Itararé, compreendendo todas as rochas referidas ao Arqueano (gnaisses, granitos, dolomitos e micaxistos) e Algonquiano (Série Porongos), incluindo todos os filitos, xistos, quartzitos e andesitos, estes responsáveis pela mineralização de Au, Pb e Cu. Ainda de sua autoria, é a Série Camaquã, na qual foram incluídas as rochas sedimentares clásticas.

Leinz, Barbosa e Teixeira (1941) apresentaram um mapa geológico da região Caçapava - Lavras, à escala 1:200.000, acompanhado de uma síntese geológica regional, com modificações importantes na estratigrafia, constituindo uma importante contribuição ao conhecimento da área.

Estes autores conservaram as divisões anteriormente propostas por Carvalho (1932), para as rochas pré-cambrianas. Na Série Porongos foram englobados os xistos epimetamórficos e granitos intrusivos. Foi também definida a Formação Maricá, posterior à Série Porongos,

afetada por vulcanismo de quartzo-pórfiro e andesito. Esta Formação seria constituída por sedimentos clásticos, conglomerados arcóicos e arenitos. Ainda segundo os mesmos autores aos sedimentos da Formação Maricá, seguiu-se a deposição da Série Camaquã e o vulcanismo andesítico, responsável pela mineralização de Cu e Au.

Melcher e Mau (1960) resumiram os trabalhos geológicos efetuados na região desde 1932 mais especificamente quanto à sequência geológica regional, e apresentaram um mapa geológico regional, de autoria de Melcher, Mau, Johnson e Robertson (1959).

Neste trabalho os autores excluíram a possibilidade de existência na área próxima a Caçapava, de rochas pertencentes ao pré-cambriano inferior. Observaram que a Série Maricá era a sequência regional mais antiga e nela foram incluídas não só as rochas sedimentares definidas por Leinz, Barbosa e Teixeira (1941), como também metas sedimentos, além de riólitos, andesitos e metabasitos. A esta Série segue-se uma fase de vulcanismo intenso, compreendendo rochas ácidas, básicas e intermediárias. Sobre estas rochas, assenta-se a Série Camaquã, com derrames e intrusões andesíticas subordinadas. Os granitos de Caçapava, Lavras e Ramada foram considerados intrusivos na Série Maricá e na sequência vulcânica.

Como complementação ao estudo dos investigadores referidos, Robertson (conforme citação de Ribeiro et al, 1966), com base em trabalhos de campo, propôs novas formações. A Série Camaquã foi redefinida com o nome de Grupo Camaquã e subdividida nas formações Santa Bárbara, Guaritas e Conglomerado Coxilha. As rochas metas sedimentares circundantes do granito Caçapava foram englobadas no Grupo Porongos.

Goni, Goso e Issler (1962) propuseram modificações na coluna estratigráfica, particularmente no pré-cambriano.

Os conhecimentos geológicos do polígono cupro-aurífero do Rio Grande do Sul sofreram um notável progresso através do mapeamento geológico sistemático, à escala 1:250.000, executado pela equipe de geólogos do D.N.P.M. - R.G.S., Ribeiro, Bocchi, Figueiredo Filho e Tessari (1966). Como decorrência deste trabalho, uma nova coluna geológica foi proposta, com profundas alterações estratigráficas. Na nova coluna foram englobadas as nomenclaturas anteriores, às vezes observando os conceitos originais e, em outros casos, redefinindo e separando novas unidades.

Dando prosseguimento ao projeto para prospecção do cobre no 1º distrito do D.N.P.M. - Extremo Sul, foram efetuados mapeamentos geológicos na área do grau de Caçapava - Lavras do Sul, em áreas prioritárias e à escala 1:50.000 nas quadriculas Passo dos Enforcados, Caçapava do Sul, Bom Jardim e Mina de Camaquã (inédito). Como consequência, Ribeiro (1970) no mapa geológico da folha de Bom Jardim, demonstra a necessidade de redefinições na nomenclatura; optou, entretanto, por uma solução futura aguardando novos dados de geocronologia ou de trabalhos geológicos de detalhe.

As dificuldades de interpretação das relações de campo e, portanto, do estabelecimento de uma sequência estratigráfica segura, começaram a ser resolvidas com determinações sistemáticas de idades radiométricas. Ribeiro e Carraro (1971), de posse de mapas de detalhe à escala 1:50.000, com as revisões pertinentes, conjugadas às datações de rochas, introduziram modificações importantes na estratigrafia, além de apresentarem uma interpretação global da geotectônica regional.

Minioli et al (1971) efetuaram determinações de idades, pelo método K-Ar, em amostras de rochas extrusivas e intrusivas do núcleo Caçapava - Lavras, que de modo geral, são coerentes com o esquema estratigráfico retrabalhado de Ribeiro e Carraro (1971).

A Tabela 3, que apresenta as sequências estratigráficas da região de Caçapava - Lavras do Sul (segundo Melcher et al, 1960), complementada com as colunas geológicas propostas por Ribeiro et al (1966) e Ribeiro e Carraro (1971), ilustra a evolução dos conceitos estratigráficos até à presente data e também a disparidade de opiniões dos investigadores da área.

	CARVALHO (1932)	LEINZ E BARBOSA (1941)	MELCHER, JOHNSON, MAU E ROBERTSON (1959)		RIBEIRO et Al. (1966)					RIBEIRO E CARRARO (1971)			
				ERA	PERÍODO	GRUPO SUB	FORMAÇÃO	MEMBRO	CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS	PERÍODO	GRUPO SUB	FORMAÇÃO	MEMBRO
JURÁSSICO (?)	Diques de diabásio		Diques de diabásio	MESO-ZOICO	JURÁSSICO CRETACEO ?		Discordância		Areias de aluvião, cascalhos e arenitos mal consolidados.	QUAT.		Aluvião	
CARBONÍFERO SUPERIOR (?)	Série Tubarão Série Itararé	Série Tubarão (Tilitos, varvitos)	Série Tubarão S.l - Fácies Itararé (Tilitos, varvitos, etc.) Camadas marinhas com <i>Orbiculoidea</i> e <i>Barroisella</i> .	P	PERMIANO	Passa Dois	Serra Geral Discordância Rio Pardo Estrada Nova Irati		Sills e diques de diabásio Arenitos, siltitos e lamitos, Argilas montmoriloníticas. Siltitos e folhelhos-arenitos e siltitos Folhelhos e siltitos-arenitos subordinados (fosséis)	CRETACEO	Serra Geral		
DEVONIANO (?)	Discordância	Discordância Conglomerado Seival (Andesitos com Au e Cu) - Brechas Lavas, Tufos	Discordância	A	PENSILVÂNICO	Guatá Itararé	Palermo Rio Bonito		Siltitos e lamitos-Lentes de arenito Arenitos quartzos sub arcóicos ou arcosianos. Folhelhos associados. Tilitos, varvitos e sedimentos fluvio-glaciais. Siltitos marinhos com fosséis	CARBONÍFERO	Guatá Itararé	Palermo Rio Bonito	
SILURIANO (?)	Série Camaquã (Conglomerado, arenito e folhelho).	Série Camaquã (Conglomerado, arenito e folhelho).	Discordância	L	DEVONIANO ?		Caneleiras		Conglomerados, siltitos, arenitos conglomeráticos e feldspáticos.	DEVONIANO		Guaritas	
CAMBRIANO (?)	Andesito (com Au, Pb, Cu)	Riólitos (Lava e tufo) Formação Maricá (Conglomerado, arenito)	Andesitos (Lavas e tufos)	O	EO	Camaquã	Coxilha		Conglomerado granítico	SILURIANO		Rodeio Vélho	
PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR	Discordância	Discordância	Série Camaquã (Conglomerado, arenito, siltito)	Z	PALÉOZOICO	Bom Jardim	Guaritas Santa Bárbara		Conglomerados e arenito quartzosos e arcosianos. Conglomerados, arenitos, grauvas, siltitos e folhelhos.	ORDOVICIANO		Santa Bárbara	
PRÉ-CAMBRIANO	Filitos de Ibaré, quartzito e mármore de Vacacaí, xistos micácios Porongos.	Granitos alcalinos -- (com Sn e W) Série Porongos (Xisto, quartzito, mármore, etc.)	Granitos -Caçapava, Lavras, Ramada - (com Au e Cu)	O	EO CAMBRIANO		Discordância		Lavas andesíticas e arenitos. Acampamento Vélho Intrusões graníticas de Lavras, Ramada, São Sepé e Cerro da Cria. Andesitos, piroclásticos, conglom. grauvas e siltitos.			Acampamento Vélho	
PRÉ-CAMBRIANO	Gneiss, granito, dolomito micaxisto.	Granitos calc-alcálinos gnaissificados, leptinitos, etc.	Série Maricá (Conglomerado grauva-folhelho). Mármore, filito. Xisto.	P	SUPERIOR	Porongos	Arroio dos Nobres Manguairão		Conglomerados e arenitos subordinados.				
PRÉ-CAMBRIANO			Sequência vulcânica riólitos (ignimbritos, tufo, brecha, lava) Andesitos Conglomerado andesítico, brecha, tufo e lava).	E	EO		Discordância		Conglomerados, ardósias e folhelhos silticos.				
PRÉ-CAMBRIANO			Discordância	C	SUPERIOR		Cerro da Mantiqueira		Intrusões graníticas de Caçapava e Complexo granítico Encruzilhada	P		Hilário	
PRÉ-CAMBRIANO			Discordância	A	EO		Vacacaí		Rochas básicas, ultrabásicas e xistos	R		Maricá	
PRÉ-CAMBRIANO			Discordância	M	EO		Cambai		Rochas meta-sedimentares e vulcânicas.	C		Vacacaí	
PRÉ-CAMBRIANO			Discordância	E	EO		Encantadas		Migmatitos, gnaisses e anfibólitos	A		Cambai	
PRÉ-CAMBRIANO			Discordância	O	EO				Gnaiss a biotita e granada	N			

SEQUÊNCIA ESTRATIGRÁFICA DA REGIÃO DE CAÇAPAVA DO SUL- LAVRAS DO SUL; (SEGUNDO MELCHER E MAU, 1960),
COMPLEMENTADA COM AS COLUNAS PROPOSTAS POR RIBEIRO *et AL.* (1966) E RIBEIRO E CARRARO (1971).

TAB.-3-

VII - ESTRATIGRAFIA E LITOLOGIA DA REGIÃO DE CAMAQUÃ

VII. 1 Generalidades

Para a definição e caracterização das formações geológicas que ocorrem na região de Camaquã, especificamente quanto às suas idades e litologia, serão tomadas como base a coluna estratigráfica referente ao Grau de Caçapava, proposto por Ribeiro et al (1966) e sua conceituação mais nova esboçada em Ribeiro e Carraro (1971). Considerando o interesse e a importância das rochas encaixantes dos filões de minério, elas serão descritas com detalhe adequado dentro dos limites do mapa geológico do distrito, em escala 1:6.000 (Fig. 3). As caracterizações das formações em escala regional serão feitas resumidamente e acompanhadas de mapa geológico à escala 1:50.000 (Fig. 2). Este mapa representa uma porção da folha geológica da Mina de Camaquã, elaborada por Ribeiro et al (1966), modificada e completada com dados estratigráficos mais recentes de Ribeiro e Carraro (1971).

De acordo com a formulação mais recente de Ribeiro e Carraro (1971), na região de Camaquã predominam rochas dos Grupos Bom Jardim e Camaquã, pertencentes ao Pré-Cambriano Superior e Eo-Paleozóico (Cambriano, Ordoviciano e Siluriano), respectivamente.

Ainda segundo os mesmos autores, os sedimentos do Grupo Bom Jardim, à semelhança da Formação Maricá, estratigraficamente inferior, apresenta características de sequência terrígena superior de ambiente parageossinclinal. No Grupo Bom Jardim, entretanto, há associação com vulcanismo andesítico intenso, representado por rochas intrusivas, tufos e lavas.

As rochas do Grupo Camaquã seriam verdadeiras molassas, formadas em bacias intermontanas e antefossas, com vulcanismo intermitente.

Diques de diabásio relacionados ao episódio vulcânico mesozóico do sul do Brasil também ocorrem, subordinadamente, preenchendo fraturas de direção NW.

Estas, segundo Almeida (1966), seriam antigas fraturas pré-cambria nas posteriormente afetadas pela "Reativação Wealdeniana".

Depósitos sedimentares aluvionares de idade quaternária também ocorrem na área e constituem preenchimento de calhas e margens dos rios.

O esquema abaixo resume a sequência estratigráfica extraída de Ribeiro et al (1966), complementada de acordo com as modificações introduzidas por Ribeiro e Carraro (1971). Nesta sequência figuram somente as formações aflorantes na área (Fig. 2).

VII. 2

Grupo Bom Jardim

No Distrito Cuprífero da Mina de Camaquã, as rochas do Grupo Bom Jardim formam uma estrutura homoclinal, em discordância angular ou em contato de falhamento com a Formação Santa Bárbara, sotoposta. Ocupam ao mesmo tempo, o núcleo de uma estrutura anticlinal com caimento para NE, em cuja zona axial erodida está exposta a Formação Arroio dos Nobres.

Regionalmente as direções das camadas variam de N a NE com mergulhos variando de 30° a 60° NW. Estas atitudes podem sofrer modificações, devidas a perturbações tectônicas locais.

VII. 2. 1

Formação Arroio dos Nobres

Esta formação, definida por Tessari (1966), engloba rochas sedimentares que ocorrem junto ao Arroio dos Nobres, a SW de Pinheiro, no Município de Encruzilhada do Sul. Situa-se entre a Formação Maricá, mais velha, e o Grupo Camaquã, mais novo. Ribeiro et al (1966, pgs. 85 e 86) subdividem esta formação em dois membros, Mangueirão e Vargas, cujas relações de contato são simples, havendo mudanças litológicas graduais. No campo, a individualização é feita pelo padrão topográfico mais saliente do Membro Vargas. Regionalmente, as camadas tem direções variando entre N 45 E e N/S, com mergulhos de 20° a 45° NW a W.

VII.2.1.1

Membro Mangueirão

O Membro Mangueirão é caracterizado por espessa sequência de arenitos, predominantemente grauvacas, e arenitos arcóicos subordinados, ritmicamente intercalados com siltitos, folhelhos silticos ou grauvacas finas. Os arenitos formam camadas maciças ou laminadas de 5 centímetros a 1 metro de espessura. Os siltitos intercalados de coloração vermelha escura, possuem estrutura microlenticular e laminação bem desenvolvida.

VII.2.1.2 Membro Vargas

Nas zonas de exposição do Distrito de Camaquã, o Membro Vargas jaz sotoposto ao Membro Mangueirão, segundo contato transicional. No topo, está recoberto por rochas da Formação Santa Bárbara, em discordância angular.

Apresenta estratos de conglomerado, com espessura superior a 50 metros, e intercalações subordinadas de arenitos arcóicos de espessura centimétrica a métrica.

Os seixos do conglomerado são de granito, xisto, quartzito, gnaiss, milonito, arenito, quartzo leitoso e feldspatos, e o material intersticial é constituído por argila, material clorítico e óxidos de ferro.

As dimensões dos seixos variam, em média, de 5 a 10 centímetros de diâmetro, mas podem ocorrer matações com dimensões de até 1 metro.

VII. 3 Grupo Camaquã

As rochas pertencentes a este Grupo foram inicialmente englobadas sob a designação de Série Camaquã, por Carvalho (1932), sendo posteriormente redefinidas por Leinz, Barbosa e Teixeira (1941), como Formação Camaquã. Robertson (1961), abandonou essas conceituações e caracterizou uma sequência litológica de características continentais, com aproximadamente 4.000 metros de espessura, a que ele chamou de Grupo Camaquã. Das três formações em que foi subdividida, Santa Bárbara, Guaritas e Conglomerado Coxilha, somente as duas primeiras, ocupando grande parte da área, ocorrem na região de Camaquã.

VII. 3.1 Formação Santa Bárbara

Como já foi assinalado anteriormente, esta formação sobrepõe-se em discordância angular ao Membro Vargas da Formação Arroio dos Nobres, sendo capeada, também em discordância, pela Formação Guaritas. Contatos por falhamentos com o Membro Mangueirão são também assinalados na área.

No Distrito Cuprífero de Camaquã, a Formação Santa Bárbara é representada por: conglomerados de composição e características variáveis; arenitos arcóicos laminados em estratos de 30 a 40 centímetros de espessura com intercalações subordinadas de siltitos e folhelhos sílticos ou argilosos; grauvacas laminadas em estratos maciços; arenitos conglomeráticos com intercalações delgadas de conglomerado.

Os conglomerados apresentam estratificação cruzada bem desenvolvida, indicativa de deposição em canais em regime torrencial. Diversas intercalações andesíticas são encontradas nos arenitos da Formação Santa Bárbara. Esses vulcanitos foram agrupados sob a designação de Membro Rodeio Velho.

VII. 3.1.1 Membro Rodeio Velho

A Sul e Este do Distrito Cuprífero de Camaquã, ocorrem derrames de lavas andesíticas que foram englobadas por Ribeiro (1966, segundo Ribeiro 1966 pg. 117) no Membro Rodeio Velho da Formação Santa Bárbara. Estas rochas constituem lavas típicas e se intercalam em concordância com os arenitos da Formação Santa Bárbara. Segundo o mesmo autor, estes derrames são de andesitos vesiculares, que assumem cores avermelhadas resultantes de oxidação superficial.

VII. 3.2 Formação Guaritas

7 A Formação Guaritas, separada por discordância das formações mais velhas, ocupa grande parte da área de Camaquã, especialmente na porção norte. É constituída por espessos bancos de arenitos e conglomerados horizontais, em geral com estratificação cruzada, e subdividida em duas fácies, uma fanglomerática e outra subaquosa.

As litologias predominantes na fácies fanglomerática são conglomerados e arenitos conglomeráticos, intercalados com espessos bancos lenticulares de arenito arcózio quartzoso. Nas fácies subaquosa predominam arenitos quartzosos arcózicos, ou subarcózicos, grauvas, siltitos e conglomerados subordinados.

VII. 4 Caracterização Local das Litologias

VII. 4.1 Generalidades

Os trabalhos de sondagem profunda, efetuados na Mina de Camaquã, permitiram a obtenção de amostras frescas para estudo microscópico das diferentes rochas encaixantes.

Os trabalhos de geologia de detalhe, em conjunção com os dados de sondagem efetuados na zona da Mina, possibilitaram localmente, a subdivisão do Membro Vargas em vários horizontes, em função das variações litológicas. Essa subdivisão foi necessária, em virtude da sua importância em relação aos controles de mineralização e problemas mineiros concernentes. Entretanto, deve-se assinalar, que essa subdivisão é restrita, não havendo qualquer compromisso com a estratigrafia regional, oficialmente estabelecida. Serão adotados, também, os critérios de definição e separação dos Membros Vargas e Mangueirão, de Ribeiro et al (1966, pg. 88). O mapa geológico de distrito (Fig. 3), ora apresentado, deve ser encarado como um mapa preliminar, uma vez que grandes porções da área necessitam de trabalhos mais detalhados, indispensáveis ao melhor conhecimento estrutural e de controle de mineralização.

Para a caracterização das litologias arenosas serão adotados os critérios de nomenclatura propostos por Pettijohn, Potter e Siener (1972, pgs. 155, 158, 159).

VII. 4. 2 Membro Mangueirão

A estratificação rítmica é típica deste Membro (Fot. 4). Observações em testemunhos de sondagem das Zonas Oscarino e Feliciano, mostram que as camadas de arenito são centimétricas a decimétricas, raramente ultrapassando 1 metro de espessura; alternam-se com ritmitos, caracterizados por alternâncias de lâminas de siltitos e arenitos finos a muito finos. As direções das camadas são N 45 E a N/S, com mergulhos oscilando entre 20° e 45° NW e W, respectivamente.

VII. 4.2.1 Arenitos

Os arenitos podem ser maciços ou apresentar acamamento bem desenvolvido. A cor marrom predomina, mas também ocorrem variedades rosadas a avermelhadas.

Particularmente, nas zonas sujeitas a alteração hidrotermal podem exibir coloração cinza clara ou tonalidade esverdeada, quando há predominância de cloritização.

Textura clástica, classificação regular e empacotamento frouxo, caracterizam esses arenitos. Os componentes clásticos, principalmente quartzo e feldspatos, são subangulares, às vezes angulares, e estão dispersos em matriz constituída por clorita, sericita e minerais argilosos (Fot. 6). As micas mostram-se alinhadas e paralelas ao acamamento.

As dimensões dos grãos dos componentes clásticos principais variam de 0,01 a 0,5 milímetros, conferindo granulação fina a média à rocha.

Os minerais da matriz são abundantes nestas rochas, variando entre 10 a 26 % do volume total nas amostras estudadas. Seus constituintes são, clorita, minerais argilosos, sericita e quartzo de granulação fina a muito fina. A matriz apresenta associação íntima e substituição por cimento calcítico abundante cuja porcentagem volumétrica varia entre 20 e 44 %, além de 2,2 a 6,4 % de óxidos de ferro.

Quartzo é o mineral detrítico mais importante, ocorrendo em variedades mono e policristalinas, conforme definido por Pettijohn et al, 1972 (pg. 30). O conteúdo médio de quartzo nas lâminas observadas, varia de 20 a 30 %. Como quartzo policristalino são incluídos os fragmentos, provavelmente resultantes de rochas graníticas, gnaisses, quartzito e silexito, que, em conjunto, ultrapassam 7 %.

Os feldspatos são plagioclásios da variedade oligoclásio e feldspato potássico subordinado, normalmente microclínio. Embora ocorram cristais inalterados, nota-se que, via de regra, os feldspatos estão alterados a caolinita, sericita e mesmo calcita, polvilhando e recobrindo a superfície dos grãos individuais. A análise modal indica proporção de feldspatos variando de 1,6 a 4,8 % (Tabela 4).

Ao lado dos fragmentos de quartzo policristalino referidos, são encontrados fragmentos de xistos micáceos e cloríticos; quartzitos finos com textura granoblástica, apresentando conteúdos variáveis de sericita e clorita e agregados sericítico-cloríticos, de difícil caracterização ao microscópio. Em conjunto, estes componentes ocupam volume entre os limites 7,7 a 9,1 %.

Os minerais micáceos, predominantemente representados por clorita, muscovita e sericita, são prismáticos, alongados e subparalelos ao acamamento (Fot. 5).

Os componentes detríticos acessórios nunca ultrapassam 1 % da rocha, sendo representados por titanita, apatita, turmalina, zircão e opacos.

A composição modal de 3 amostras de arenitos representativos do Membro Mangueirão, apresentada na Tabela 4, embora em número restrito, permite concluir que, na faixa estudada, predominam arenitos, incluídos no grupo dos "wackes", caracterizados como grauvacas líticas, além de arenitos sublíticos em escala subordinada, conforme classificação proposta por Pettijohn et al (1972).

Deve-se assinalar que todas as análises modais das rochas sedimentares, constantes deste trabalho, foram efetuadas em amostras provenientes da área da Mina e os resultados só tem significado local. Em muitos casos há sobreposição de alteração hidrotermal, podendo ocorrer valores elevados de cimento calcítico ou mesmo matriz clorítica e sericítica.

TABELA 4
COMPOSIÇÃO MODAL DE ARENITOS DO
MEMBRO MANGUEIRÃO
(ZONA FELICIANO)

Componentes	Fe-71-1 (174 m) %	Fe-71-1 (67 m) %	Fe-71-1 (87 m) %
Quartzo	29,6	30,5	24,0
Feldspato	4,5	4,8	1,6
Fragmentos de Rochas	9,1	9,3	7,7
Matriz { Clorítica- Sericítica	10,0	26,7	15,0
Limonita	6,4	2,2	2,9
Cimento Calcítico	36,0	20,0	44,1
Mica e Clorita	1,7	4,6	3,6
Opacos	2,4	2,0	0,1
Acessórios	0,5	1,0	0,6
	Arenito Sublítico	Grauvaca Lítica	Grauvaca Lítica

VII. 4.2.2. Ritmitos

Os ritmitos apresentam aspecto extremamente laminado. Os leitos individuais possuem cor cinza clara, cinza esverdeada e marron, alternadas, e suas espessuras, variam entre 0,1 e 4 milímetros. Em algumas amostras, o aspecto é macroscopicamente maciço, mas ao microscópio o ritmismo das camadas é prontamente ressaltado.

As lâminas cinza claras e escuras, constituídas por arenito muito fino, alternam-se com siltitos argilosos marrons.

A estratificação é muito bem desenvolvida e em algumas amostras observam-se estruturas primitivas, tais como gretas, estratificação cruzada, acamamento gradacional e deformações produzidas por fenômenos de deslizamento (Fot. 5).

Os leitos de arenitos finos possuem constituição mineralógica bastante semelhante aos arenitos do mesmo membro. Os minerais detríticos estão embebidos em matriz abundante constituída por minerais argilosos verdes, micrólitos de clorita e sericita, além de quartzo muito fino. As lâminas escuras, constituídas por siltitos argilo-ferruginosos, podem apresentar variações graduais na vertical, havendo predominância absoluta de argilas e óxidos de ferro. Neste caso a matriz argilosa sofre forte pigmentação por limonita, sendo difícil a observação dos componentes detríticos presentes. Cimento predominantemente calcítico é abundante em todos os leitos dos ritmitos.

Os componentes essenciais são quartzo, feldspatos, e quantidades ponderáveis de minerais micáceos (clorita, muscovita e sericita); estes, juntamente como o quartzo, apresentam-se fortemente orientados, com os eixos maiores paralelos ao acamamento (Fot 7).

Os minerais acessórios são os mesmos dos arenitos, predominando titanita, apatita, zircão e opacos.

VII. 4. 3 Membro Vargas

Para a separação dos Membros Vargas e Mangueirão, foi utilizado o contato determinado por Ribeiro et al (1966 - Fig. 2). O Membro Mangueirão passa gradualmente a espesso pacote de arenitos e siltitos, que constitui a parte inferior do Membro Vargas. A espessura desse pacote é variável entre 500 e 660 metros. Na parte superior estes arenitos passam a conglomerados com intercalações arenosas, que por sua vez, variam gradualmente a arenitos. Ainda nos limites do distrito, o membro Vargas é recoberto, em discordância angular, pela Formação Santa Bárbara. A atitude média das camadas determina da estatisticamente é N 59° E - 32 NW. As subdivisões adotadas na Zona da Mina cuja justificativa foi referida anteriormente, é a seguinte:

$$\text{Membro Vargas} \left\{ \begin{array}{l} \text{Arenito Superior} \\ \text{Conglomerado Vargas} \\ \text{Arenito Inferior} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{Horizonte Superior} \\ \text{Arenito Médio} \\ \text{Horizonte Inferior} \end{array} \right.$$

VII. 4.3.1 Arenito Inferior

A sequência de rochas sedimentares classificadas com Arenito Inferior, é formada por bancos métricos de arenito alternados ciclicamente com siltitos; entretanto, intercalações subordinadas, caracterizadas por alternância de camadas de arenitos finos, com espessura de 0,8 a 3 centímetros, com ritmitos constituídos por lâminas de arenitos finos e siltitos argilosos. Os leitos siltico-argilosos dos ritmitos algumas vezes apresentam lâminas predominantemente constituídas por limonita, minerais argilosos, quartzo e micas de espessuras em torno de 0,05 milímetros. A feição predominante nos ritmitos é a porcentagem grande de minerais micáceos que se dispõem fortemente orientados pa ralelamente ao acamamento.

As estruturas predominantes são plano-paralelas, ocorrendo também estruturas de escavação, gretas e deformações produzidas por escor regamentos.

À superfície os arenitos apresentam coloração vermelho escura ou chocolate, creme esverdeado, rosa e cinza claro, esta predominando em profundidade.

A textura é clástica e os grãos estão frouxamente compactados. Os componentes são quase angulosos, notando-se, entretanto, fragmentos de rocha formados por aglomerados sericítico-cloríticos, com contornos quase arredondados. A granulação é muito fina. Os diâmetros dos grãos variam de 0,6 a 0,05 milímetros, havendo uma frequência maior de grãos de diâmetros em torno de 0,2 a 0,6 milímetros.

A matriz é abundante sendo predominantemente constituída por agregados cloríticos, minerais argilosos, cristais de sericita e quartzo muito fino e varia entre 8 a 34 % do volume da rocha. O cimento calcítico tem distribuição bastante irregular.

Os componentes detríticos principais são: quartzo, fragmentos de rochas e feldspatos, além de pequenas quantidades de filosilicatos, minerais acessórios e opacos.

Quartzo nas formas mono e policristalinas são os minerais predominantes. Os grãos são quase angulosos e algumas vezes se distribuem paralelamente ao acamamento.

Os feldspatos são representados por plagioclásio (oligoclásio) e microclínio. Apresentam-se alterados a sericita e caolim, notando-se algumas vezes corpos puntiformes de óxidos de ferro e calcita dispersos na massa. A proporção dos feldspatos varia de 7 a 11 %.

Os fragmentos líticos são essencialmente constituídos por agregados sericítico-cloríticos, quartzitos finos, xistos micáceos e cloríticos. A análise modal indica que as suas proporções variam de 9 a 13 %.

Os minerais micáceos são representados por muscovita e clorita. São prismáticos, fibrosos e, via de regra, apresentam orientação paralela ao acamamento.

Os componentes acessórios principais são apatita, zircão e titanita que em conjunto com os minerais opacos tem as suas proporções variando entre 4 a 10 %.

A Tabela 5 mostra a composição modal de 3 amostras de arenitos, colhidos em profundidade. Conforme classificação de Pettijohn et al (1972), essas rochas tem composição de grauvasas líticas, arcózios e subarcózios.

TABELA 5
ANÁLISE MODAL DE ARENITOS
(ARENITO INFERIOR)

	SL- 71-10 (374 m) %	SL- 71-10 (318 m) %	JB- 71-10 (383 m) %
Quartzo	49,5	37,2	30,4
Feldspato	7,2	16,0	11,4
Fragmentos de Rochas	13,2	10,7	9,2
Matriz	18,7	8,8	34,4
Cimento Calcítico	-	20,4	-
Limonita	1,2	2,1	4,2
Opacos	4,8	3,1	6,6
Filosilicatos	3,6	1,5	3,8
Acessórios	1,8	0,2	-
	Grauvaca Lítica	Arcózio	Subarcózio

VII. 4.3.2 Conglomerado Vargas

Os conglomerados que ocorrem na Mina, denominados de Conglomerados Vargas, foram reunidos em dois horizontes, Superior e Inferior, separados por um banco de arenito, aqui chamada Arenito Médio, cuja espessura aproximada é de 20 metros. A espessura do Horizonte Superior oscila entre 220 e 250 metros e do Inferior entre 70 e 80 metros. Os conglomerados do Horizonte Superior são de granulação mais grossa e apresentam escassas intercalações de arenitos,

Entretanto, deve-se assinalar que, para o topo, nos limites de transição para o Arenito Superior, as intercalações se tornam mais frequentes. O Horizonte Inferior é predominantemente constituído por bancos e camadas de conglomerados com intercalações frequentes de arenitos conglomeráticos ou não.

Suas características estruturais observadas concordam com a descrição de Ribeiro et al, já referida (pg. 28).

As cores são normalmente avermelhadas ou marrons quando há predominância de matriz limonítica e argilosa. Nas zonas de alteração hidrotermal podem apresentar cor verde, chocolate ou cinza esverdeada.

Foram observadas diferenças consideráveis na composição dos seixos e também da matriz dos conglomerados, possivelmente devidas a diferenças na composição das rochas da superfície erodida.

A litologia dos seixos observados é variada predominando rochas de composição granítica, quartzitos, milonitos, cataclasitos, feldspatos, quartzo mono e policristalino, vulcanitos, xistos, rochas quartzo-feldspáticas, além de fragmentos de rochas sedimentares.

O material da matriz entre os seixos pode ser abundante ou escasso, conforme a zona e sua granulação varia de fina a média, podendo eventualmente ser grosseira. É constituída predominantemente por clorita, minerais de argila, e finos grãos de quartzo. Óxidos de ferro e carbonatos, principalmente calcita, podem constituir cimento, substituindo a matriz e englobando os materiais detríticos.

Apesar da grande variabilidade nos dois horizontes, foi tentada uma melhor caracterização das unidades na região da Mina, pela determinação da composição modal dos conglomerados, em secções delgadas de testemunhos de sondagem até à profundidade de 400 metros. Os resultados da análise estatística de quatro amostras estão resumidos na Tabela 6. Grânulos cuja composição varia desde granitos normais a granodioritos e tonalitos, apresentando quase sempre, coloração cor de carne, são aqui agrupados sob a designação genérica rochas graníticas.

Os constituintes dos seixos graníticos são de granulação fina a grosseira, e possuem textura hipidiomórfica granular. Seus principais componentes são feldspato potássico (microclínio e ortoclásio), oligoclásio e quartzo; hornblenda, biotita, clorita e minerais opacos ocorrem em pequena porcentagem, além de apatita e zircão.

Milonitos e cataclasitos de rochas graníticas e quartzo-feldspáticas ocorrem em grande porcentagem sendo juntamente com as rochas graníticas, os constituintes maiores dos conglomerados.

Os seixos quartzíticos dos conglomerados podem ser praticamente puros ou apresentarem porcentagens subordinadas de sericita, clorita, opacos e, muito raramente, feldspatos e zircão. Esses quartzitos apresentam textura granoblástica e granulação fina. Os grãos são aproximadamente equidimensionais, imbricados entre si ou fortemente alongados segundo direção preferencial, conferindo características

xistosas à rocha. No caso de quartzitos sericíticos e cloríticos, os cristais de clorita e sericita estão orientados segundo o alongamento dos grão de quartzo. Os quartzitos muito frequentemente estão cataclasados, apresentando grãos menores moídos e textura em moldura.

Fragments e seixos de rochas designados vulcanitos, tem grande distribuição nos conglomerados. Exibem coloração marrom ou pardacenta e a textura é afanítica. Apresentam-se fortemente alterados. Trata-se de rochas finíssimas, nas quais se observam fenocristais de quartzo em matriz extremamente fina, constituída por quartzo, feldspato e clorita. Outras vezes, essas rochas, ainda com granulação finíssima, são constituídas por microfenocristais ripiformes de feldspato (plagioclásio ?), extremamente alterados e dispersos, na maioria das vezes em massa, em geral, clorítica. A clorita, que deve ser proveniente da alteração de minerais ferromagnesianos, é acompanhada de pequena quantidade de feldspatos, quartzo, minerais opacos limonitizados e sericita, esparsos na massa clorítica. Em grânulos semelhantes que não possuem fenocristais, a clorita é dominante, os feldspatos são ripiformes e alterados, e as porcentagens de opacos e quartzo são desprezíveis.

Os componentes líticos que apresentam estrutura xistosa são muscovita - quartzo - xisto e muscovita - xisto. Nos primeiros, os cristais são normalmente alongados, ocorrendo quartzo como mineral dominante. A muscovita é subordinada, havendo também porcentagem ínfima de opacos. Os muscovita - xisto apresentam textura lepidoblástica.

Os feldspatos mais comuns nos conglomerados, são variedades potássicas (ortoclásio e microclínio) às vezes pertíticos, com ou sem geminação em grade, além de plagioclásios (em geral oligoclásio). Possuem cor tijolo predominante. Muitas vezes estão fortemente sericitizados e caolinizados, mas podem também mostrar intensa pigmentação castanha escura resultante de óxidos de ferro. Os feldspatos podem apresentar inclusões de quartzo, originando textura poiquilítica, além de inclusões de micropegmatitos.

Os cristais de quartzo, alotriomórficos, apresentam as variedades mono e policristalinas. Frequentemente estão envoltos por película de óxido de ferro. Cristais de clorita, muscovita, zircão, apatita, tam bém ocorrem como minerais acessórios.

TABELA 6

COMPOSIÇÃO MODAL DE CONGLOMERADOS
DA MINA DE CAMAQUÃ
(HORIZONTES SUPERIOR E INFERIOR)

Componentes		SL-71-10 (212 m) %	AM-1 %	SL-71-10 (64 m) %	SL-71-10 (180 m) %
Componentes Líticos	Rochas Graníticas	29,2	13,8	22,1	23,0
	Milonitos e Cataclasitos	30,7	16,6	10,6	16,8
	Rochas {Quartzo- Feldspáticas	0,4	3,4	0,3	1,3
	Quartzitos	4,3	11,0	9,7	14,0
	Vulcanitos	10,5	3,7	2,9	1,2
	Xistos	0,2	2,8	2,6	1,0
	Agregados {Sericítico- Cloríticos	-	0,1	1,2	2,0
	Feldspato	8,0	19,6	24,7	14,7
	Quartzo	2,2	12,2	11,5	12,7
	Matriz	6,0	13,7	9,5	11,2
	Cimento Calcítico	7,2	0,8	2,2	0,8
	Micas	1,2	0,4	-	-
	Opacos	0,1	0,7	2,4	1,2
	Acessórios	-	0,2	0,3	0,1

VII. 4.3.3 Arenito Médio e Arenitos Intercalados

Em associação íntima com os conglomerados, ocorrem intercalações de arenito, por vezes conglomerático, cujas espessuras variam de centímetros a metros. Macroscopicamente as rochas exibem tonalidades diversas predominando a cor chocolate, com pontilhamentos brancos devidos a feldspatos alterados; as cores cinza clara e marrom predomiam em profundidade. Os arenitos podem ser maciços e outras vezes apresentam planos de acamamento incipientes.

Sua matriz possui composição variável, via de regra, constituída por microcristais de sericita, minerais verdes de argila, agregados cloríticos e quartzo fino. Os componentes detríticos da rocha podem estar cimentados por óxidos de ferro (limonita) e calcita, esta substituindo a matriz.

Nos arenitos conglomeráticos ocorrem os mesmos grânulos encontrados nos conglomerados, já descritos. Os componentes principais destas rochas, quartzo e feldspatos são quase angulares, com formas discóides ou alongadas. Os cristais de feldspato conservam a forma prismática, embora sejam quase angulosos nas proximidades. Os componentes estão dispostos em empacotamento frouxo, às vezes denso, sendo que neste caso há algum imbricamento dos constituintes.

Os arenitos mais finos são constituídos por quartzo, mono e policristalino, feldspatos, quartzitos, xistos e agregados clorítico-sericíticos. Adicionalmente, existem cristais de clorita, minerais opacos, apatita, muscovita, titanita e zircão.

Os diâmetros dos componentes clásticos principais destes arenitos, variam de 0,95 a 0,05 milímetros, havendo uma frequência maior dos grãos de dimensões compreendidas entre 0,20 a 0,1 milímetros.

Os grânulos de quartzo são subangulares podendo ser alongados. Os feldspatos, potássicos e plagioclásio do tipo oligoclásio, exibem formas prismáticas alongadas, quase angulares; na maior parte das vezes mostram-se extremamente alterados, em sericita e caolim, ou fortemente tingidos por óxidos de ferro. Os quartzitos possuem textura granoblástica, podendo ser puros ou conter quantidades subordinadas de sericita e clorita, ocupando os espaços intergranulares.

Nestes arenitos, bem como nos Arenitos Inferior e Superior, ocorrem fragmentos classificados como agregados clorítico-sericíticos, de dimensões reduzidas e difícil caracterização ao microscópio. Estes fragmentos podem formar massa verde clara ou incolor, contendo grande quantidade de impregnações irregulares ou puntiformes de óxido de ferro.

Além dos componentes já enumerados podem ainda ser encontrados alguns grânulos de vulcanitos, na maior parte das vezes recobertos por massa constituída de óxidos de ferro e minerais acessórios, além de cristais de muscovita e clorita de forma prismática ou fibrosa. A análise modal efetuada em duas amostras de arenito (Tabela 7) mostra que eles são predominantemente constituídos por quartzo e feldspato, cuja porcentagem atinge cerca de 60 %. A matriz argilo-clorítica ocorre em proporção superior a 15 %, limite mínimo estabelecido por Pettijohn et al (1972) para os "wackes". Os fragmentos de rocha variam entre 3 e 13 % do total.

Essas características permitem classificar os arenitos intercalados aos conglomerados, nos grupos de arenitos arcóicos e "wackes arcóicos" conforme Pettijohn et al (1972).

TABELA 7

ANÁLISE MODAL DE ARENITOS INTERCALADOS
AOS CONGLOMERADOS

	SL- 71-10 (48 m) %	SL- 71-10 (295 m) %
Quartzo	36,4	31,0
Feldspato	22,2	25,6
Fragmentos de Rochas	12,8	3,4
Matriz	19,3	15,6
Cimento Calcítico	2,5	12,0
Limonita	-	6,2
Opacos	4,0	3,3
Filosilicatos	1,1	2,0
Acessórios	1,7	0,9

"wacke arcózico" "wacke arcózico"

VII. 4.3.4 Arenito Superior

Os sedimentos designados por Arenito Superior, macroscopicamente, apresentam cor chocolate, e aspecto maciço ou com acamamento bem desenvolvido. Sua textura é clástica e o empacotamento é frouxo. Os componentes principais são grânulos angulosos e subangulosos, discóides ou alongados e de distribuição caótica.

Ao microscópio, é possível observar alinhamento incipiente de cristais prismáticos de filosilicatos (clorita e muscovita), dispostos na maior parte das vezes, paralelamente ao acamamento.

Abundante cimento ferruginoso e calcítico substitui e engloba a matriz argilosa, enquanto os fragmentos detríticos são cimentados apenas por material calcítico (Fot. 8, 9).

Quartzo mono e policristalino entre os principais componentes da rocha, apresentam frequente borda de crescimento autígeno. Os feldspatos estão representados por plagioclásio (oligoclásio) e feldspato potássico (ortoclásio e microclínio), sendo difícil estimar suas quantidades relativas. Algumas vezes estes minerais apresentam-se intensamente alterados em caolim e sericita.

Os grânulos de quartzito são de dimensões muito reduzidas e possuem textura granoblástica. Podem apresentar quantidades subordinadas de clorita e sericita, que conferem aspecto xistoso à rocha.

A exemplo dos demais arenitos, também aqui ocorrem agregados clorítico-sericíticos, já anteriormente citados.

A análise modal, efetuada em 3 amostras (Tabela 8), demonstra a existência de proporção significativa de cimento ferruginoso entre os limites de 4 a 8 %. A matriz também é abundante e os seus valores em volume variam de 13 a 18 %.

Os componentes clásticos mais frequentes são quartzo e feldspatos. Nas amostras analisadas a porcentagem de feldspatos varia de 3 a 21 %, excedendo os fragmentos de rochas, que ocupam de 4 a 7 % do total.

As características texturais e composição mineralógica destas rochas, pelo esquema de classificação proposto por Pettijohn et al (1972), permitem englobá-las nos grupos dos arenitos quartzosos e arcózicos, havendo, no entanto, termos com composição de "wackes arcózicos".

TABELA 8
ANÁLISE MODAL DE ARENITOS
(ARENITO SUPERIOR)

	SL- 71-6 (4,00 m) %	SL- 71-2 (6,20 m) %	SL- 71-8 (6,00 m) %
Quartzo	62,8	53,9	39,5
Feldspatos	3,4	8,5	21,2
Fragmentos de Rochas	4,2	4,8	7,9
Matriz	14,2	18,4	13,9
Cimento {	Ferruginoso 8,8	8,5	4,2
	Calcítico 3,3	0,7	9,4
Opacos	2,0	2,8	2,1
Filosilicatos	1,3	2,4	1,3
Acessórios	-	-	-

arenito sublítico "wacke arcóxico" "wacke arcóxico"

VII. 4.4 Diabásio

As rochas básicas que ocorrem na Mina são representadas por um grande dique de diabásio e por pequenos diques satélites decimétricos. Os contatos desse corpo principal à superfície, estão na quase totalidade encobertos, embora afloramentos intemperizados tenham sido mapeados pelo autor (Fig. 3).

Este dique corta oblíquamente o sistema de veios da Mina S. Luiz. A direção aproximada varia entre N 65 - 75 W e os mergulhos são irregulares NE a SW. O caimento é subvertical. A espessura é também variável sendo o valor médio de 20 metros. O comprimento ultrapassa 250 metros.

Em todos os níveis da Mina S. Luiz, observou-se uma zona de reação, com espessura variável entre 3 a 5 metros. É caracterizada por rocha híbrida, resultante de metamorfismo termal em conglomerados. Digno de nota é o metamorfismo térmico operado nos veios sulferetados. Em alguns distritos mineiros, este fenômeno tem merecido a atenção de diversos investigadores, assinalando-se as publicações de (Salles e Meyer, 1951; Graham, 1968 e Mookherjee et al, 1968).

As secções polidas observadas mostram que a temperatura da intrusão foi suficiente para provocar transformações mineralógicas, e fusão parcial dos sulfetos. Este fenômeno é particularmente testemunhado pela forma amebóide dos corpos afetados, que apresentam um núcleo central do qual irradiam filetes irregulares resultantes de preenchimento de fraturas paralelas às paredes do dique.

Microscopicamente a rocha é mesocrática, preta, cinzento escura ou com tonalidade esverdeada, devido alteração hidrotermal intensa. A granulação é fina a média, sendo reconhecíveis a olho nu, cristais ripiformes de plagioclásios. Variações texturais podem ser observadas no centro para os bordos do corpo, onde predomina granulação mais fina.

A análise modal (Tabela 9), efetuada nas amostras estudadas, permite concluir que nas rochas observadas, os plagioclásios e piroxênios constituem os componentes mais numerosos, perfazendo 58 a 79 % da rocha. Em ordem de importância, ocorrem produtos de alteração ; olivina alterada, minerais do grupo das cloritas e filosilicatos, que perfazem entre 15 a 16 % , além de minerais opacos e mesóstasis, com quantidades variáveis de 1,8 a 4,8 e 2,3 a 3,3% respectivamente.

TABELA 9
COMPOSIÇÃO MODAL DO DIQUE DE DIABÁSIO DA
MINA S. LUIZ

MINERAL	Nível 300 AM-SL-154 %	Nível 700 AM-SL-700 %
Plagioclásio	42,3	51,7
Piroxênio	36,6	26,2
Pigeonita	-	-
Opacos	3,3	2,3
Matriz Mesostasis	1,8	4,8
Produtos de Alteração	16,0	15,0

Da análise dos valores óticos e cristalográficos obtidos, verifica-se que a composição média dos plagioclásios é An 65. Os valores médios estão compreendido entre An 60 - An 65, o que corresponde à variedade de labradorita. Entretanto, deve-se assinalar que nos bordos dos cristais a composição se aproxima de andesina. Os piroxênios diagnosticados são representados por variedades de augita e pigeonita, esta ocorrendo em quantidade desprezível. Os valores óticos médios das augitas e pigeonitas são $2V_x = 49^\circ$ e $2V_x = 0^\circ$ respectivamente.

As olivinas presentes se mostram extremamente alteradas em filosilicatos verdes, não identificados, e biotita verde. A matriz é constituída por material de composição variável, formando agrupamentos de microminerais onde predominam minerais do grupo das cloritas, piroxênios, feldspatos, apatita e provavelmente serpentinas.

Duas amostras do dique de diabásio, referentes aos níveis 300 e 700 da Mina S. Luiz foram submetidas a datação pelo método K - Ar, em plagioclásios, no Laboratório de Geocronologia do Instituto de Geociências da U.S.P. As idades obtidas (Tabela 10) variam entre 106 a 107 ± 10 milhões de anos e concordam com os valores anteriormente conseguidos por Amaral et al (1966), em rochas basálticas do Sul do Brasil. Estes números são baixos em relação à média das idades dessas rochas que é de 120 milhões de anos. Segundo os mesmos autores, essa diferença é devida a perda de argônio. A julgar por esses valores, as rochas basálticas que ocorrem no Distrito Mineiro de Camaquã, estariam relacionadas ao vulcanismo que atingiu o Sul do Brasil no Cretáceo Médio Inferior.

TABELA 10

IDADES K-Ar DO DIQUE DE DIABÁSIO DA
MINA S. LUIZ

Mina S. Luiz	Amostra	K (%)	Ar ⁴⁰ _{rad.} (10 ⁻⁶ ccSTP/g)	Ar ⁴⁰ _{atm} (%)	Idade (m. a.)
Nível 300 pés	AM-SL 154	0,445	1,94	78,7	106 ± 10
Nível 700 pés	AM-SL 700	0,287	1,14	66,6	107 ± 10

Fotomicrografia - 4 - Estratificação gradual
em siltitos do Membro Mangueirão.
Nicois cruzados. Aumento: 73 vezes.

Fotomicrografia - 5 - Estratificação gradual
em sedimentos rítmicos do Membro Vargas.
Nicois cruzados. Aumento: 73 vezes.

Fotomicrografia - 6 - (Membro Mangueirão)
Grauvaca lítica com grânulos líticos e quartzo,
em matriz fina clorítica-sericítica. Cimento
calcítico. Nicois cruzados. Aumento: 182 vezes.

Fotomicrografia - 7 - Siltito do Membro Mangueirão
com filosilicatos orientados paralelamente ao acamamento.
Nicois cruzados. Aumento: 182 vezes.

Fotomicrografia - 8 - Arenitos sublíticos ferruginosos do Arenito Superior. A matriz argilosa e o cimento ferruginoso são abundantes. Nicois cruzados.

Aumento: 175 vezes.

Fotomicrografia - 9 - "Wackes arcóicos" do Arenito Superior. Notar os fragmentos líticos, matriz e cimento ferruginoso abundante. Nicois cruzados. Aumento: 448 vezes.

VIII - TECTÔNICA

VIII.1 Análise Estrutural

A partir do ano de 1969 foram iniciados trabalhos de mapeamento geológico sistemático de subsolo, por Bettencourt e Damasceno (1969) e até à data pela equipe técnica da C.B.C., da qual o autor fazia parte. Os níveis 500 e 400 da Mina Uruguai e 500 da São Luiz foram parcialmente mapeados à escala 1:250 e posteriormente os níveis 300, 200 e 100 da Zona Piritas (Mina Uruguai), níveis 600 e 100 da Mina São Luiz, além da galeria do Filão São Júlio.

Os dados geológicos antigos de superfície foram compilados e complementados com trabalhos adicionais executados nas zonas Intermediária, São Luiz, Uruguai, Oscarino e Feliciano. Aproximadamente 1.712 medidas estruturais foram obtidas na área, sendo estes valores estruturais tratados estatisticamente, de maneira a permitir uma análise adequada do padrão estrutural do distrito. Esta análise estatística sistemática levou em consideração somente o sistema de fraturas pré-mineralização.

A análise estrutural foi executada segundo um processo que compreende duas fases. A primeira fase abrange a análise das propriedades geométricas e a segunda, em que é feita uma análise dinâmica, conduz à caracterização dos esforços que determinaram as deformações locais.

VIII.1.1 Procedimento de Campo e Tratamento dos Dados

Os dados estruturais de subsolo foram compilados durante os trabalhos de mapeamento geológico sistemático dos diferentes níveis de exploração das minas e ao longo de galerias e travessas de distritos e subníveis correspondentes. Via de regra, as leituras dos parâmetros estruturais foram feitas de dez em dez metros, segundo os métodos padronizados de mapeamento geológico de subsolo. As direções e mergulhos de falhas, juntas, acamamento e, eventualmente, a inclinação das estrias em planos de falhas foram medidas.

Os valores estruturais de superfície constituem uma compilação completa dos mapas geológicos de Teixeira (1941), Costa Filho (1944), Comissão Mixta dos Metais Não Ferrosos (1959), Melfi e Arruda (1961), Ribeiro (1966), Martins e Bettencourt (1970), complementados com trabalhos adicionais do autor, em 1971.

Na coleta dos dados, não se considerou a frequência por unidade volumétrica, fator litológico ou espessura das camadas, devido às limitações espaciais ao longo das galerias e travessas.

A compilação e tratamento dos valores estruturais foram feitos individualmente, para a superfície e para cada uma das Minas, São Luiz e Uruguai, respectivamente, a partir de mapas superficiais à escala 1:1.000 e 1:500 e de subsolo à escala 1:250. Todos os valores estruturais disponíveis foram agrupados nas seguintes categorias: falhas maiores, falhas menores, juntas, acamamento e estrias de falhas.

Os polos dos elementos lineares e planares de cada Mina e da superfície foram lançados em diagramas de projeção de igual área (Diagrama de Lambert-Rede Schmidt). Para os diagramas com pontos estatisticamente não significativos seria melhor usar outra técnica mais adequada. Acredita-se, entretanto, que não há desvios significativos nos casos apontados.

A avaliação estatística dos dados foi feita por método gráfico, sendo os diagramas de contorno, no hemisfério inferior obtidos a partir do diagrama de Vistelius.

VIII.1.1.1 Mina São Luiz

VIII.1.1.1.1 Falhas Maiores e Menores

O diagrama de contorno das falhas principais, da Mina São Luiz, foi executado a partir de 289 medidas, na maioria, efetuadas em conglomerados (Fig. 4). Em ordem de frequência e importância foram revelados 3 conjuntos de falhas.

N 20 W	-	81 NE	-	11,1 %
N 68 W	-	51 NE	-	5,6 %
N 60 W	-	60 SW	-	2,1 %

O diagrama (Fig. 4) mostra as orientações das falhas menores e configura 2 conjuntos, sendo os valores máximos concordantes com os das falhas principais. Foram utilizadas 265 medidas, que revelaram os seguintes conjuntos:

N 20 W	-	74 NE	-	8,3 %
N 54 W	-	78 NE	-	8,0 %

Em vista da similaridade dos padrões obtidos, foi confeccionado um novo diagrama, integrando as 554 medidas, correspondentes às falhas maiores e menores, delimitando, também, 2 conjuntos, na maior parte coincidentes com as atitudes anteriormente obtidas:

N 20 W	-	81 NE	-	9,2 %
N 70 W	-	50 NE	-	3,0 %

VIII.1.1.1.2 Juntas

O diagrama representativo das juntas (Fig. 7) foi obtido a partir de 49 medidas, talvez insuficientes para serem consideradas representativas. Entretanto, os valores obtidos demonstram a existência de 6 conjuntos de fraturas:

N 41 W	-	70 NE	-	10,2 %
N 79 W	-	70 SW	-	6,1 %
N 80 E	-	60 SE	-	4,1 %
N 19 E	-	80 SE	-	4,1 %
N 69 E	-	70 NW	-	4,1 %
N 61 W	-	Vertical	-	4,1 %

VIII.1.1.1.3 Acamamento

O diagrama de acamamentos (Fig. 8) dá uma idéia das mudanças nas direções e mergulhos, na maior parte produzidas pelos falhamentos. Embora haja grande variação e espalhamento de pontos, existe um máximo com orientação N 43 E - 30 NW.

VIII.1.1.2 Mina Uruguai

VIII.1.1.2.1 Falhas Maiores e Menores

O diagrama de contorno para falhas maiores foi executado em função de 234 medidas. A (Fig. 5) ilustra o comportamento mais regular das falhas, em relação à Mina São Luiz, mostrando a existência de um único valor máximo.

N 50 W - 70 SW - 11,1 %

Na (Fig. 5) estão representadas 288 medidas de falhas menores; o diagrama mostra a existência apenas de um único conjunto representado pelo valor:

N 50 W - 70 SW - 9,4 %

A exemplo do procedimento efetuado para a Mina São Luiz, também para a Mina Uruguai foi elaborado um novo diagrama integrando as 522 medidas, correspondentes às duas categorias de falhas, embora já prevendo a obtenção do valor máximo N 50 W - 70 SW.

VIII:1.1.2.2 Juntas

O diagrama de contorno foi obtido a partir de 175 observações. Os conjuntos, arranjados em ordem de importância decrescente, são os seguintes:

N 58 W	-	37 SW	-	6,8 %
N 65 W	-	60 SW	-	5,7 %
N 13 W	-	40 SW	-	3,4 %
N 8 E	-	64 NW	-	2,9 %
N 65 E	-	40 NW	-	2,8 %

VIII.1.1.2.3 Acamamento

O número de medidas representativas do acamamento foi 35, o que não é considerado satisfatório para qualquer estimativa estatística. Entretanto, o diagrama (Fig. 8) demonstra a existência de dois máximos e espalhamento grande de pontos, o que é devido ao fato de serem tomadas nos blocos inter-falhas.

As direções e mergulhos dos conjuntos são:

N 44 E	-	32 NW	-	23 %
N 70 E	-	45 NW	-	20 %

VIII.1.1.3 Superfície

VIII.1.1.3.1 Falhas Principais e Menores

Considerando o número limitado de falhas menores, as medidas estruturais de planos de falhas superficiais foram integradas em um único diagrama (Fig. 6), executado a partir de 122 medidas. Em ordem de frequência decrescente foram assinalados 5 conjuntos de falhas, enumerados abaixo:

N 50 W	-	71 SW	-	11,5 %
N 60 W	-	60 NE	-	4,1 %
N 60 W	-	89 NE	-	6,5 %
N 70 E	-	80 NW	-	4,0 %
N 70 E	-	80 SE	-	3,3 %
E-W	-	90	-	4,0 %
N 20 W	-	84 NE	-	3,3 %

VIII.1.1.3.2 Juntas

Os valores estruturais correspondentes às juntas superficiais foram compilados de mapas efetuados em diversas épocas da vida da Mina, motivo pelo qual não foi feita nenhuma qualificação e separação cronológica de juntas pré e pós-mineralização. No diagrama obtido, estes valores foram lançados indistintamente, devido à impossibilidade da sua separação. Os polos correspondentes às juntas pré mineralização serão individualizados por comparação com os conjuntos obtidos da análise estatística dos níveis inferiores das minas. Entretanto, por precaução, evitou-se fazer qualquer correlação com os dados de subsolo, devido à possibilidade de sobreposição dos sistemas pré e pós-mineralização.

VIII.1.1.3.3 Acamamento

O número de medidas efetuadas à superfície foi 162. O diagrama (Fig. 8) mostra a existência de um valor máximo, orientado segundo

N 59 E - 32 NW

VIII.1.2 Relações entre Falhas Maiores, Menores e Juntas

A observação dos dados estatísticos obtidos para falhas principais na Mina S. Luiz aponta 2 conjuntos importantes oblíquos entre si:

N 20 W - 81 NE
N 60 - 68 W - $\left\{ \begin{array}{l} 51 \text{ NE} \\ 60 \text{ SW} \end{array} \right.$

Analisando o padrão de falhamento obtido para as falhas menores, percebe-se que os máximos N 20 W - 74 NE e N 54 W - 78 NE se desenvolveram paralela e subsidiariamente às falhas principais as sociadas. O conjunto N 54 W - 78 NE desenvolveu-se a ângulo muito pequeno em relação ao conjunto 2 das falhas maiores. O ângulo de obliquidade de 14° demonstra a natureza penada em relação às falhas principais similares.

Na Mina Uruguai, o padrão de falhamentos principais é mais regular. e é representado por um único conjunto, N 50 W - 70 SW. São acompanhados pelas falhas menores satélites, que também apresentam as mesmas direções e mergulhos. A comparação dos dados obtidos no subsolo é à superfície, demonstra não apresentar desvios significantes de direção e mergulho. O cotejo entre os diversos diagramas, leva a admitir que no distrito existem 2 classes de falhas bem desenvolvidas, representadas pelos conjuntos:

Classe 1	[	N 50 W - 70 SW
		N 60 W - 60 NE
		89 NE
		N 68 W - 51 NE
Classe 2		N 20 W - 81 NE

São portanto, coincidentes com aquelas apontadas nas minas S. Luiz e Uruguai.

Os conjuntos, N 70 E - 80 NW / 80 SE, observados à superfície, correspondem a falhas menores oblíquas, associadas aos falhamentos principais, que são, particularmente bem desenvolvidas, na Zona Intermediária.

O número de juntas medidas na Mina S. Luiz, não é considerado suficientemente representativo. Entretanto, os valores obtidos (Fig. 7) demonstram a existência de 6 conjuntos, que correspondem a juntas paralelas ou oblíquas aos falhamentos principais. A classe N 41 W - 70 NE mais frequente, e os conjuntos, N 79 W - 70 SW e N 61 W - 90 formam pequenos ângulos com as falhas principais, às quais estão relacionadas, em torno de 5 a 29°. Os conjuntos N 80 E - 60 SE, N 19 E - 80 SE e N 69 E - 70 NW, representam, por sua vez, juntas oblíquas ou subverticais às falhas principais, com mergulhos elevados. Na Mina Uruguai, o número de observações permitiu a obtenção de resultados mais representativos. A exemplo da Mina S. Luiz, existem juntas oblíquas e paralelas às falhas principais, cuja distribuição, no entanto, não coincide com aquela assinalada na Mina S. Luiz, pois no caso, são função das direções locais das fraturas às quais estão associadas. Os dois valores máximos mais frequentes, N 58 W - 37 SW e N 65 W - 60 SW acompanham as direções gerais dos falhamentos principais e menores, com ângulos oblíquos até 15°. O conjunto de juntas mais frequentes se situa segundo ângulo de mergulho baixo, com valor médio em torno de 37°. Todos os demais conjuntos, representados pelos máximos N 13 W - 40 SW, N 8 E - 64 NW e N 65 E - 40 NW, são oblíquos e divergentes dos falhamentos já referidos sendo importante assinalar os baixos ângulos de mergulho.

VIII. 1. 3 Qualificação das fraturas

O mapeamento geológico de detalhe, efetuado à superfície e nos níveis inferiores das minas S. Luiz e Uruguai, assim como os estudos estatísticos, indicam que no distrito, o sistema de falhas pré-mineralização, apresenta distribuição em duas classes principais (Fig. 9)

1	N 50 W - 71 SW
	N 60 W - 60 NE
	N 68 W - 89 NE
	51 NE
2	N 20 W - 81 NE

Êstes falhamentos são oblíquos entre si , de ângulos que variam entre 30 a 48°. Os planos de fricção apresentam grande desenvolvimento de milonito, além de brechamento intenso. A espessura dos milonitos pode variar de poucos centímetros a alguns decímetros, enquanto as zonas brechadas atingem vários metros. Os mergulhos dos planos de falhas variam entre 40 a 90°, sendo mais frequentes de 60 a 80°. Medidas de inclinação das estrias de falhas, efetuadas em subsolo e em superfícies frescas, (Fig 10) representam os movimentos operados nesses planos. Os valores obtidos demonstram que esses mergulhos variam nos limites 50 a 90 °, com valores mais frequentes entre 80 a 90°. No mapa geológico do distrito, (Fig. 3) verifica-se que na maior parte dos falhamentos e nos contatos das diferentes litologias, são observados rejeitos significativos de até algumas dezenas de metros resultantes de movimentos relativos de blocos de falhas. As características tectônicas enumeradas, nomeadamente, espessura de materiais de fricção, milonitos, brechas, presença de estrias, mergulhos de planos de falhas e rejeitos, permitem admitir que as falhas podem ser qualificadas como normais escalonadas, em geral transversais ou oblíquas às direções das camadas. Admite-se, também, que ao lado das falhas normais, ocorrem alguns casos de falhas reversas, de menor amplitude, cujo número é impossível estimar.

As juntas e fraturas tidas como oblíquas ou subverticais aos planos de falha, são particularmente bem desenvolvidas na Mina Uruguai onde são muito numerosas. Apresentam distribuição penada em relação às falhas principais e pequena extensão, terminando muitas vezes a poucos metros. Seus planos estão livres de material brechado, suas espessuras variam de poucos centímetros a máximo de 0,30 metros. Via de regra estão mineralizados a sulfeto maciço e quartzo. O diagrama (Fig. 9) sumariza as relações entre as falhas principais do distrito.

MINA SÃO LUIZ

FIG. 4 DIAGRAMAS DE CONTÓRNO DE POLOS DAS NORMAIS (OBTIDAS NA REDE SCHMIDT-LAMBERT, HEMISFÉRIO INFERIOR) A FALHAS MAPEADAS NA MINA SÃO LUIZ. FALHAS PRINCIPAIS ($A_1 - A_2$), FALHAS MENORES ($B_1 - B_2$) E FALHAS PRINCIPAIS E MENORES INTEGRADAS ($C_1 - C_2$).

MINA URUGUAI

FIG. 5 DIAGRAMAS DE CONTÓRNO DE POLOS DAS NORMAIS (OBTIDAS NA REDE SCHMIDT-LAMBERT; HEMISFÉRIO INFERIOR) A FALHAS MAPEADAS NA MINA URUGUAI. FALHAS PRINCIPAIS ($D_1 - D_2$), FALHAS MENORES ($E_1 - E_2$) E FALHAS PRINCIPAIS E MENORES INTEGRADAS ($F_1 - F_2$).

FIG. 6 DIAGRAMAS DE CONTÓRNO DE POLOS DAS NORMAIS (OBTIDAS NA REDE SCHMIDT-LAMBERT, HEMISFÉRIO INFERIOR) A FALHAS MAPEADAS À SUPERFÍCIE. FALHAS PRINCIPAIS E MENORES INTEGRADAS ($G_1 - G_2$).

FIG. 7 DIAGRAMAS DE CÔNTORO DE POLOS DAS NORMAIS (OBTIDAS NA REDE SCHMIDT-LAMBERT, HEMISFÉRIO INFERIOR), A JUNTAS MEDIDAS À SUPERFÍCIE ($H_1 - H_2$), MINA S. LUIZ ($I_1 - I_2$) E MINA URUGUAI ($J_1 - J_2$).

ACAMAMENTO

FIG. 8 DIAGRAMAS DE CONTORNO DE POLOS DAS NORMAIS, (OBTIDAS NA REDE SCHMIDT-LAMBERT, HEMISFÉRIO INFERIOR) A ACAMAMENTOS MEDIDOS À SUPERFÍCIE ($K_1 - K_2$), MINA SÃO LUIZ ($L_1 - L_2$) E MINA URUGUAI ($M_1 - M_2$).

VIII. 1. 4

Análise Dinâmica

A análise global das características das estruturas anteriormente qualificadas indicam que a área da Mina de Camaquã foi submetida a um esforço de compressão local. Aplicando o esquema de Anderson (1951) da origem mecânica dos falhamentos, conclue-se que o esforço principal, (de gravidade) (σ_1), foi essencialmente vertical, provocando subida e descida de blocos, delimitados pelas falhas normais dominantes no distrito. A componente horizontal tracional (σ_3), possui direção NE/ SW enquanto a compressional (σ_2) tem direção NW/ SE (Fig. 11).

A identificação dos esforços responsáveis pela formação das falhas normais na Mina Camaquã, permite extrapolações em escala regional.

O mapa geotectônico regional, Ribeiro e Carraro (1971), demonstra que as falhas com direção NE, pertencentes ao Sistema Irapuá e que ocorrem perto da Mina Camaquã foram classificadas como transcorrentes dextrais. Algumas destas falhas NE distam 300 metros dos falhamentos normais, que ocorrem na Mina, mas as de maior persistência e desenvolvimento regional estão a cerca de 3,5 quilômetros. Em face da caracterização dos esforços na Zona da Mina, admite-se que:

- a) As juntas com disposição penada, associadas às falhas NW da Mina Camaquã, devem estar vinculadas a esforços de terceira ordem, oriundos de rearranjos operados nos blocos em movimentação normal (gravitacional), sendo devidos a componentes tracionais locais.
- b) As falhas normais, características da Mina Camaquã, seriam devidas a esforços de segunda ordem, com direção predominante NW/SE e sentido SE/NW, fato coerente com a característica dextral das falhas do Sistema Irapuá.

As pequenas dobras, associadas aos grandes falha_{mentos} NE, observadas no Membro Mangueirão (Fig. 2), possuem eixos perpendiculares à direção do esforço local de segunda ordem o que também reforça esta conclusão.

- c) Os grandes falhamentos do Sistema Irapuá, de direção NE, resultam de um esforço regional de Primeira ordem.
- d) As diferenças direcionais observadas na classe 1 de falhas principais referidas atrás, que podem atingir até 18° graus, são filiadas a efeitos anisotrópicos locais durante o desenvolvimento das falhas, características de um processo de longa duração.

A Fig. 11 representa graficamente, as relações entre as fraturas e os esforços identificados no distrito.

Fig.11 - Configuração das relações existentes entre fraturas e direções de esforços, na Mina de Camaquã, segundo o esquema de Anderson (1951).

VIII. 1.5

Estruturas Locais e suas Relações com os
Sistemas Regionais

As feições estruturais dominantes no Distrito Cuprífero de Camaquã são representadas pelos grandes falhamentos de direção NE, pelas suas falhas menores subsidiárias, de grande importância na mineralização no distrito, e também pelos falhamentos posteriores, mais recentes. Êstes últimos cortam as estruturas anteriores e foram englobadas no Sistema Cêrro dos Vigias.

As primeiras falhas (NE), caracterizam-se pela grande extensão linear e largura que varia de centenas de metros a alguns quilômetros. São acompanhados por elevado número de falhas subsidiárias (NW) a ângulos de 30 a 45° das principais. As falhas antigas pré-mineralização de direção NE, juntamente com as suas subsidiárias NW, foram agrupadas por Ribeiro et al (1966, págs. 149, 151), no chamado sistema Irapuá.

Os mesmos autores consideram que estas fraturas se estabeleceram ao final do Pré-Cambriano, tendo climax de formação durante a deposição da parte superior da Formação Arroio dos Nobres. A movimentação deve ter continuado com pulsações periódicas, que atingiram ainda os sedimentos da Formação Guaritas, Ribeiro e Carraro (1971).

As observações de subsolo ora efetuadas, também indicam que os movimentos nos planos destas falhas continuaram por longo período, durante e depois da mineralização, o que é atestado por intenso fraturamento dos minerais de minério mais antigos dos veios. Provavelmente esta movimentação foi muito pequena e não provocou deslocamentos relativos dos veios.

Os estudos efetuados por nós permitem concluir que no Distrito Cuprífero de Camaquã, predomina falhamentos NW, com idades pré e pós mineralização. Os falhamentos pré-mineralização, com máximos já identificados estatisticamente, são normais e formam ângulos, que variam entre 60 e 90° com as falhas proeminentes de direção N 30 - 40 E, do sistema Irapuá.

As falhas do Sistema Cêrro dos Vigias têm direção aproximada N 60 W e são tipicamente tensionais; possuem mergulhos verticais e os rejeitos são também verticais de pequena amplitude, de acordo com a definição de Ribeiro et al (1966, pag. 157).

Segundo Ribeiro e Carraro (1971), estas falhas devem estar correlacionadas com a "Reativação Wealdeniana" definida por Almeida (1967), removimentando fraturas antigas de direção NW não mineralizadas. De todos os falhamentos deste sistema a estrutura mais importante (Fig. nº 3), é a falha que contém dique de diabásio na Mina S. Luiz. Sua direção média está em torno de N 65 - 75 W e os mergulhos observados, em todos os níveis da Mina S. Luiz, são irregulares, NE a SW; (Fig. nº 22) O caimento do corpo é subvertical. As paredes da falha e os veios vizinhos estão fortemente brechados; provavelmente, deslocamentos verticais de pequena envergadura ocorreram, o que é sugerido pelo pequeno rejeito, observado no mapa superficial, entre os contatos Arenito Superior/ Conglomerado Superior. Deve-se ainda assinalar, que nos níveis 300 e 700 da Mina S. Luiz, em superfícies frescas do dique, foram observadas falhamentos com direções variando entre N 70/ 80 W e mergulhos 80 NE/ 78 SW, respectivamente, cortando longitudinalmente o corpo de diabásio. Estas fraturas indicam a existência de movimentos mais recentes, pós intrusão do dique de diabásio.

Independentemente das fraturas já referidas foram identificadas, em subsolo, falhamentos com direção NE de baixo ângulo de mergulho, ainda não citados. Estas falhas são de idade pós-mineralização, possuem direção NE e mergulhos NW, sendo sensivelmente paralelas às direções médias dos acamamentos.

A Falha Piritas constitui representante típica desse grupo (Fig. 21). Ela corta o sistema de veios da Mina Uruguai, tendo direção N 55 E e mergulho médio 35° NW. Os dados de sondagem, sugerem pequeno acavamento do bloco norte sobre o bloco sul, tratando-se de provável falha de empurrão (Fig. 13).

Estes falhamentos sugerem que, após o estágio de mineralização, a componente dos esforços com direção NW /SE, já referida, foi intensificada, de maneira a se tornar o esforço predominante na área, responsável por este tipo de falhamento.

Algumas dobras menores, associadas aos grandes falhamentos NE, também ocorrem no distrito e no Membro Mangueirão. Digna de nota é a estrutura anticlinal, de mergulho NE, observada na Formação Santa Bárbara.

Fig. 9 Diagrama síntese de polos das normais (obtidas na rede Schmidt - Lambert, hemisfério inferior), as falhas principais da Mina de Camaquã.

Fig. 10 Polos das normais (obtidas na rede Schmidt - Lambert, hemisfério inferior), a falhas principais das minas S. Luiz (A) e Uruguaí (B), com projeções das estrias correspondentes.

Fig. 12 Polos das normais (obtidas na rede Schmidt-Lambert, hemisfério inferior) a fraturas pós - mineralização.

IX - VEIOS E MINERALIZAÇÃO

Todos os filões que ocorrem no Distrito Cuprífero de Camaquã, se guem fissuras pré-mineralização já qualificadas no capítulo anterior. Essas fraturas pertencem ao Sistema Irapuá e são principalmente constituídas por falhas normais escalonadas oblíquas ou transversais às direções das camadas, falhas menores e juntas penadas subordinadas.

O diagrama síntese dos resultados estatísticos obtidos para falhas principais no distrito (Fig. 9), aponta a existência de duas classes de falhas maiores,

Classe 1	-	N 50 W - 71 SW
		N 60 W - 60 NE
		N 68 W - 89 NE
		51 NE
Classe 2	-	N 20 W - 81 NE

que, juntamente com as falhas menores e juntas penadas subsidiárias, foram as depositárias de mineralização sulfetada local. Na Mina S. Luiz ocorrem dois conjuntos de veios oblíquos entre si. Os filões do primeiro conjunto se formaram em planos de falhas da classe 2, nas quais houve grande desenvolvimento de brechas e milonitos. O segundo conjunto é oblíquo ao primeiro e a mineralização ocorreu nas falhas, cujas atitudes correspondem às da classe 1 já definida. Neste caso, houve maior desenvolvimento de brechas e espaços abertos que, em alguns casos, facilitaram a formação de veios possantes.

A lavra já efetuada até ao nível 600 indica que o limite da zona de mineralização econômica é subvertical, na extremidade NW e, no extremo SE, deve acompanhar o contato Arenito Inferior - Conglomerado Inferior. No entanto, resta dúvida quanto a esse limite inferior, o que será discutido no capítulo "Contrôles de Mineralização".

Na Zona Uruguai, na quase totalidade, os filões ocupam os planos das falhas N 50 W - 71 SW pertencentes à classe 1, havendo, contudo, inúmeros veios importantes, formados em falhas menores e juntas penadas já descritas.

O limite da mineralização econômica é subvertical na extremidade NW e, na porção SE, acompanha a inclinação das camadas do Arenito Inferior, cujos valores de mergulho variam de 30 a 35° SW. No entanto, a comprovação de minério no contato Arenito Inferior - Conglomerado Inferior, leva a admitir que, em profundidade, os limites da mineralização são irregulares e não seguem, em definitivo, esse contato.

As maiores concentrações de minério observadas no distrito, estão localizadas nas minas S. Luiz e Uruguai onde ocorrem os filões com maiores possanças. A mineralização hipógena é representada pelos minerais, pirita, calcopirita e hematita; bornita e calcosita também hipógenas podem também estar presentes. Os minerais de ganga mais importantes que acompanham esses sulfetos são quartzo, barita e calcita.

A mineralização que ocorre na Zona Intermediária, seguiu falhas menores subsidiárias, pertencentes aos conjuntos EW - 90 e N 70 E - 80 NW / 80 SE já caracterizadas à superfície. Os limites dessa mineralização não foram definidos em profundidade, devido à densidade do fraturamento e desconhecimento do comportamento da mineralização em profundidade.

Os veios da Zona Potreiros ocupam planos de falhas pertencentes à classe 1 já definida. Os filões da Zona Oscarino praticamente dão continuidade à Zona Potreiros, e portanto possuem as mesmas características. A mineralização nestas zonas é típica, sendo predominantemente constituída por minerais de ganga, especificamente, quartzo, barita e calcita. A mineralização cuprífera é restrita. Os teores médios em cobre são da ordem de 0,8 %. As zonas Feliciano e Cêrro das Tunas possuem filões encaixados em falhas pertencentes à classe 1, sendo praticamente continuação dos veios da Zona Piritas.

A exemplo dos setores Oscarino e Potreiros a mineralização cuprífera é escassa, e os veios são na maior parte constituídos por quartzo, barita, calcita. Sulfetos primários e supérgenos também ocorrem e os teores médios em cobre são também da ordem de 0,8 %.

O Filão Esperança se formou em falha pertencente à classe 2 e no Conglomerado Superior. Os filões São Júlio e Barnabé ocupam falhas da classe 1 que se desenvolveram no Conglomerado Inferior. A mineralização nestes veios é predominantemente constituída por sulfetos primários e supérgenos. Os minerais de ganga mais frequentes são, quartzo e barita.

Os padrões estruturais dos veios, observados nas minas S. Luiz e Uruguai estão representados nos mapas de: superfície (Fig. 3), nível 500 da Mina S. Luiz (Fig. 14) e nível 400 da Mina Uruguai (Fig. 15).

X - CONTROLES DE MINERALIZAÇÃO

X.1 Generalidades

A mineralização cuprífera no Distrito de Camaquã foi guiada, em profundidade, por condutos representados pelos grandes falhamentos de direção NE e principalmente pelas falhas tracionais normais de direção NW, todas já qualificadas pela análise estatística. As falhas de direção NW, representadas pelas classes:

1	[	N 50 W	-	71 SW
		N 60 W	-	60 NE
		N 68 W	-	89 NE
				51 NE
2		N 20 W	-	81 NE

na zona da Mina, foram de fato os portadores de minério por excelência, e nelas está localizada a maior parte dos filões. Em segundo lugar, e como decorrência dos movimentos nos planos das falhas maiores, devem ser consideradas as falhas menores, juntas penadas e brechas que, por si, constituiriam condutos de segunda ordem; estas não deixam de ser importantes, também, como estruturas favoráveis à deposição de minério.

Além do controle estrutural, a deposição de minério esteve também sujeita a controles litológicos e estratigráficos. Na área são representados por; irregularidades ao longo da direção dos filões, mudanças litológicas, variações de mergulho, mudanças de características físicas das paredes e presença de material brechado ou milonitizado, fatores que, no entanto, condicionam a persistência dos veios, e seu conteúdo de minério em três dimensões.

X. 2 Controles Estruturais

X. 2.1 Intersecções de Fraturas

Enriquecimento em minério é encontrado nas intersecções de veios, fato comum, principal na Mina S. Luiz, quando há encontro dos conjuntos de falhas com as direções, N 60 - 68 W e N 20 W.

Observou-se também concentração de minério quando há ramificações de vários veios, a partir de um tronco comum mineralizado. A Fig. 16 ilustra estes tipos de controle.

X. 2.2 Estruturas Penadas

Estas fraturas são oblíquas ou subverticais às falhas principais; em sua maior parte apresentam baixo ângulo de mergulho e pequena persistência lateral. A sua extensão é limitada e a mineralização decresce com o afastamento da falha ou veio principal. Normalmente, estão associadas a zonas de falhas milonitizadas, mineralizadas ou não, mas indicando maior movimentação durante a deposição do conteúdo das soluções. Especialmente na Mina Uruguai, este tipo de fratura mineralizada ocorre em abundância, constituindo o melhor minério maciço local. Devido ao baixo ângulo de mergulho, entretanto, muitas vezes a sua lavra é negligenciada por não se enquadrarem ao método de desmonte, aplicado aos veios principais.

A Figura 17 ilustra as relações entre as fraturas penadas e as falhas às quais se associam.

X. 2.3 Falhas Menores

Nos níveis 400 e 500 da Mina S. Luiz, um conjunto de falhas menores está particularmente bem desenvolvido. São paralelas à falha principal N 60 W; apresentam mergulhos altos e as espessuras podem atingir 30 centímetros. Estas estruturas estão localizadas na capa da sua congênere principal e provavelmente resultaram do afundamento do bloco da capa, conjugado com uma mudança marcante de atitude da falha (Fig. 18).

X. 2.4 Caracteres Físicos das Rochas Encaixantes

Localização de minério devido a mudanças das características físicas das rochas encaixantes foram observadas na Mina S. Luiz. Os filões de minério desaparecem abruptamente quando passam de conglomerado a arenito, restando somente os planos das falhas completamente estéreis (Fig. 18).

X. 2.5 Irregularidades dos Planos das Falhas

Veios apresentando espessuras e conteúdo de minério, variáveis ao longo da direção, são comuns. Este comportamento é comumente observado em vários distritos mineiros e foi descrito por New house, 1942.

Certas partes da superfície original da fratura sofrem atrito entre si, enquanto em outras porções há um afastamento das paredes resultando em preenchimento local. Como decorrência deste fenômeno na Mina S. Luiz e especialmente na Mina Uruguai, em muitos casos, não há continuidade do veio ao longo do plano de falha. Em longos trechos desses planos pode haver grande desenvolvimento de milonito, com fraca disseminação de sulfetos, alternados com zonas caracterizadas por veios maciços depositados em espaços abertos ou com predominância de brechas.

Na Mina S. Luiz, na maior parte das vezes, as paredes estão silicificadas e brechadas, notando-se pouco desenvolvimento de milonitos. Em contrapartida, na Mina Uruguai, os fenômenos de caolinização e sericitização são mais intensos e predominantes, fato que, conjugado com os movimentos contínuos das falhas, ocasionavam formação intensa de milonito, com impermeabilização subsequente de grandes trechos das falhas o que confere à mineralização um caráter extremamente irregular.

Aumento na espessura dos veios também foi observado nas zonas onde o mergulho do plano de falha é mais pronunciado.

Estes relacionamentos estão ilustrados na Figura 19.

X. 2.6 Movimento Intra-minério

Este tipo de controle é explicado pela movimentação operada em planos de fraturas que se desenvolveram perpendicular ou obliquamente à direção dos veios, durante a mineralização (Fig. 19).

X. 2.7 Zonas de Brechas

A movimentação nos planos das falhas principais foi intensa, de maneira que, normalmente, há desenvolvimento de brechas, nas paredes, nos planos e nos espaços compreendidos entre as falhas.

Estas brechas são particularmente bem desenvolvidas em conglomerado. A disseminação de sulfetos é grande e os fragmentos das rochas encaixantes, ou mesmo os próprios sulfetos, podem estar cimentados por hematita e minerais de ganga primários, especialmente os das últimas fases de mineralização. Muitas vezes há acompanhamento por bolsões e vênulas múltiplas, mineralizadas a sulfetos ou quartzo.

Na Mina Uruguai, particularmente nos níveis 300 e 400 da Zona Piritas, o fraturamento é tão intenso que, ao lado de brechas cimentadas a hematita ou sulfetos, frequentemente se desenvolveram estruturas que podem ser caracterizadas como "stockworks".

As zonas brechadas nos espaços compreendidos entre as falhas podem possuir mineralização disseminada. Na Mina S. Luiz, no entroncamento dos filões 6, 9 e 12, a norte do diabásio, formou-se uma zona de intenso brechamento, observável em todos os níveis dessa mina e que constitui uma das regiões mais ricas em minério.

As Figuras 16, 18 e 19 mostram este comportamento em alguns locais importantes.

X.3 Controles Estratigráfico e Litológico

Conforme já foi citado, no Distrito de Camaquã, a mineralização se restringe às rochas dos Membros Mangueirão e Vargas. Os mapeamentos geológicos de superfície e subsuperfície têm demonstrado que a composição da rocha encaixante exerceu influência primordial na deposição e localização de minério. De um modo geral, as grandes concentrações economicamente utilizáveis, estão localizadas no Conglomerado Vargas. As observações de superfície mostram, também, que elevado número de veios das Zonas Oscarino, Potreiros, Cêrro das Tunas e Feliciano, localizados nos sedimentos do Membro Mangueirão e Arenito Inferior (Fig. 3), possuem possanças comparáveis aos das Minas S. Luiz e Uruguai. Nestes veios a mineralização é predominantemente constituída por minerais de ganga, nomeadamente quartzo e barita, embora também ocorram sulfetos em quantidades reduzidas, de modo que o teor médio ponderado nesses minérios chega a atingir 0,6 a 0,8 %.

A alteração de paredes nos arenitos é reduzida, quando comparada àquela observada em conglomerados, resumindo-se a silicificação, cloritização e sericitização, com caráter pouco intenso.

Nos conglomerados, a deposição do minério foi condicionada por mudanças químicas devidas a reações com as soluções mineralizantes em conjunção com as características físico-mecânicas da rocha. A deposição se deu em fissuras, mas também segundo disseminação em várias zonas do depósito, tais como, a extremidade NW da Mina Uruguai, a zona sul do diabásio e Lapa do depósito. Sua formação está sempre relacionada a fraturamento, porosidade e permeabilidade da rocha.

Deve-se assinalar, no entanto, que as sondagens profundas efetuadas na Mina Uruguai, demonstraram a existência de corpo de minério localizado no contato entre o Conglomerado Vargas e o Arenito Inferior (Fig. 13). As descrições macroscópicas demonstram também, que a maior parte do minério é de preenchimento, em fraturas milimétricas e centimétricas, dispostas em rede, e não como mineralização de veio, como seria de esperar. Este fato, contradiz o caráter pouco favorável de arenito à deposição de sulfetos. Ao que parece, entretanto, este minério se formou no contato entre rochas de diferentes competências, fisicamente dissimilares, e ao longo da zona de falhamentos, onde as falhas principais devem sofrer deflexões, que ocasionam fraturamento e brechamento em grande escala, ao longo do contato, conforme Newhouse (1942, pág. 11). A localização deste corpo deve ser encarada como um exemplo de minério que pode ocorrer em todo o distrito, nas regiões onde as falhas principais, atravessam os contatos Conglomerado Superior e o Arenito Inferior.

MINA URUGUAI

Fig. 13

Perfil longitudinal segundo a linha base.

O corpo de minério está localizado na zona de contato Arenito Inferior-Conglomerado Inferior.

XI - CORPOS DE MINÉRIO

XI.1 Generalidades

As antigas descrições feitas por Teixeira (1941), Costa Filho (1944) e Leinz e Almeida (1941), referem-se aos veios na Jazida de Camaquã, considerando a existência dos filões S. Luiz, Barnabé, S. Júlio, Esperança, Filão Potreiros, Filão Viktor Leinz, Filão Feliciano e Filão Salso, nos diversos setores da Mina. Entretanto deve-se assinalar que o volume de trabalhos mineiros e de pesquisa, já efetuados nos últimos 30 anos, demonstraram a existência de um sistema de veios mais numeroso e complexo do que aquele descrito por esses autores. Em função dos trabalhos mineiros e de mapeamento de detalhe feitos nas galerias principais e subníveis, especialmente nas minas Uruguai e S. Luiz, tentou-se neste trabalho descrever em pormenores o comportamento estrutural dos principais filões, de modo a fornecer subsídios ao melhor entendimento dos mesmos, em profundidade.

Considerando o grande número de filões que ocorrem na área, sòmente serão descritos aqueles que se revelam de maior importância. O principal esforço nesse sentido foi o de correlacionar ou identificar esses veios com os sistemas de fraturas, caracterizados pela análise tectônica, desvinculando-os do tratamento mineiro a que vinham sendo submetidos, pelo qual algumas vezes eram incluídos sob a mesma designação vários filões vinculados a fraturas de conjuntos diferentes. Os veios assim individualizados serão numerados e, sempre que possível, acompanhados da designação antiga. Apresenta-se também os mapas de níveis, perfís longitudinais com os limites dos corpos de minério e também, alguns perfís transversais, mostrando as relações entre os veios (Figs. 20, 21, 22 e 23).

Deve-se frisar que a lavra desses corpos de minério sempre foi feita no Conglomerado Superior, na Mina S. Luiz; e, no Conglomerado Superior, Arenito Médio e Conglomerado Inferior, na Mina Uruguai.

Sabe-se também, que o mesmo sistema de falhas têm persistência em profundidade além do Arenito Inferior, com os planos das falhas seletivamente mineralizados.

Os limites dos corpos de minério, ora representados, restringem-se simplesmente às zonas já lavradas. A simples análise dos perfís longitudinais dos filões, conjugada com os mapas de níveis, deixam claro que muito trabalho de pesquisa é necessário para que a real configuração dos corpos de minério seja estabelecida em profundidade.

XI.2 Mina S. Luiz

A Mina S. Luiz foi tradicionalmente dividida em dois setores, Norte e Sul, em relação ao dique de diabásio. Os filões existentes em cada um dos lados sempre foram considerados em conjunto, mas neste trabalho serão analisados individualmente para posterior correlação. Os principais corpos, em número de 13, podem ser observados no mapa superficial (Fig.º 3), mapas de distrito, perfís longitudinais e plantas de níveis. (Fig. 20).

Entre esses, os principais serão descritos sucintamente, assinalando-se também a existência de vários outros filões e zonas com mineralização disseminada que não serão considerados aqui.

O mapeamento e a reconstituição da geometria destes corpos nos níveis superiores, especialmente nos níveis 100, 200 e 300, é tarefa árdua devido a obstruções nos trabalhos antigos ou mesmo lavra contínua de certos corpos do nível 300 ao nível 100 que impedem observações mais detalhadas e correlação eficiente entre os filões.

XI.2.1 Zona Sul do Diabásio

XI.2.1.1. Filão 1 (Filão S. Luiz ou Principal)

Nas descrições antigas de Costa Filho (1944) e Leinz e Almeida (1941) o Filão S. Luiz abrangia várias ramificações acima do nível 300 incluindo, a sul do diabásio, os ramos conhecidos como veios Rico Oeste e Leste e, a norte do diabásio, Zonas Oeste e Leste. Neste trabalho, o Filão 1 foi individualizado conforme indicado nos mapas superficial e de níveis (Figs. 20 e 22), notando-se também as ramificações, antigos veios Oeste e Leste, aqui denominados filões 2 e 14.

O Filão 1, a sul do diabásio, estende-se por 430 metros até ao Poço 8, continuando pelo Conglomerado Inferior por mais 100 metros, representado por uma fratura pobremente mineralizada e esvanecida.

À superfície, a direção média é da ordem de N 25 W, não havendo grandes variações em profundidade. Os mergulhos são baixos variando entre os limites 50° a 75° NE e em profundidade variam de 75° a 85° NE.

O mapeamento geológico demonstra que a espessura deste veio atinge 1,20 a 1,30 metros no Conglomerado Superior, reduzindo-se a poucos centímetros no Conglomerado Inferior, conforme observações à superfície.

Em todos os níveis, a exploração se restringiu ao Conglomerado Superior. Nesta parte, a sul do diabásio, os limites da mineralização econômica foram considerados como sendo o próprio contato com o Arenito Médio, e o caimento é da ordem de 30°, conforme com o mergulho das camadas de arenito. Trabalhos de sondagem e mapeamento demonstraram a existência de minério no Conglomerado Inferior, seguramente ao longo dos mesmos planos de falha em profundidade.

Esta zona, embora parcialmente pesquisada, aguarda trabalhos de desenvolvimento adicionais.

Na extremidade SE, a partir do nível 100, Poço 3, por dificuldades de mapeamento geológico e falta de caracterização precisa, de acordo

com o que é sugerido à superfície, admitiu-se que os filões 1 e 2 coexistem num único tronco ou estão emparelhados a distância mínima, em todos os níveis, 100, 200, 300, 400 e 500.

Este filão foi lavrado até ao nível 500, restando porções de minério remanescentes de lavras antigas, minério deixado nas vizinhanças de poços de extração e ainda em zonas abertas do nível 600. A situação atual é:

Nível 100	os trabalhos continuam
Nível 200	o veio foi lavrado parcialmente, restando ainda alguns blocos situados a SE do Poço 3.
Nível 300	os blocos existentes nas vizinhanças dos poços 10 e 12 que ainda estão em operação.
Nível 400	a lavra foi até ao Poço 10, restando ainda porções de minério a SE e junto aos poços 10 e 12.
Nível 500	resta minério junto aos poços de extração já referidos.

O perfil longitudinal deste filão está configurado na Fig. 22, demonstrando persistência em profundidade, no Conglomerado Inferior e Arenito Inferior.

XI.2.1.2 Filão 2 (Filão Lapa)

As descrições feitas por Costa Filho (1941, planta 18, perfil do Furo 4), referem-se às ramificações do Veio S. Luiz conhecidas como veios Rico Oeste e Leste, que foram outrora parcialmente lavrados do nível 100 até à superfície (Fig. 22). Os trabalhos de mapeamento no nível 100 indicaram a existência dos dois filões, que se unem para constituir o antigo Filão Lapa, e que aqui será denominado Filão 2, incluindo o antigo Veio Leste.

A superfície tem extensão de 85 metros até encontrar o Filão 1 do qual é uma ramificação. A direção é irregular, variando de N 20 a

26 W, sendo a direção média N 22 W. Os mergulhos variam entre 50 e 75 NE tornando-se mais pronunciados no nível 500, quando variam de 63 a 77°. As características de possança e teor são variáveis ao longo da direção e também na vertical. A espessura varia, principalmente, quando há ondulações de paredes, mudança de direção ou entroncamento com fraturas oblíquas. No nível 100 a possança pode atingir até 2,50 metros e nos níveis 500 e 600, entretanto, as espessuras se reduzem podendo atingir 10 centímetros.

A análise dos mapas de níveis permitem as seguintes observações:

- Nível 100 o entroncamento dos filões 1 e 2 migra para SE, notando-se que a individualização deste corpo começa a se efetuar neste nível.
- Nível 300 o comprimento máximo é atingido, sendo da ordem de 140 metros. Entre os perfís 8 a 15 a fratura continua, embora fracamente mineralizada.
- Nível 400 a junção com o Filão 1 persiste até à altura do Poço 10. Neste nível foi pesquisado por galeria de nível.
- Nível 500 a distância em relação ao Filão 1 é pronunciada, devido a diferenças de mergulhos dos dois corpos. O comprimento é mínimo, de cerca de 85 metros. Os mergulhos do veio variam de 63 a 77°. Não foi trabalhado em bom trecho, provavelmente por não revelar teor econômico.

XI.2.1.3 Filão 3 (Filão Capa)

De todos os filões a Sul do diabásio o de número 3 é o menos conhecido pelo fato de não ter sido desenvolvido sistematicamente, por galerias de distrito. À superfície, este veio está parcialmente exposto, inferindo-se sua reunião com o Filão 1, à altura do Poço 7, para formarem um tronco comum.

O comprimento deste filão a Sul do diabásio e à superfície é da ordem de 340 metros, até às proximidades do Poço 7; sua direção média é N 16 W, o mergulho vertical a subvertical. O perfil transversal P-16 (Fig. 22), entretanto, demonstra claramente as inflexões deste veio, e a maneira como, por diferenças de atitude, tende a se unir em profundidade ao Filão 1.

Nos locais onde é conhecido possui espessura variável. Nos níveis 100 e 400, a possança varia de 0,15 a 1 metro, podendo atingir 2 metros se as zonas brechadas associadas forem levadas em consideração. A exemplo dos outros filões, a exploração se restringiu ao Conglomerado Superior, sendo os controles de mineralização os mesmos descritos para o Filão 1. Admite-se que, abaixo do nível 500, este filão tem a tendência de se unir, progressivamente, ao Filão 1 de SE para NW.

Nível 100 foi parcialmente mapeado ao longo da Cabeceira 120. Neste nível a carência de mapeamento por galeria de distrito, entre as proximidades do Poço 1 até ao Poço 7, redonda em conhecimento imperfeito do comportamento dos filões 1 e 3. É de se esperar que os dois veios caminhem emparelhados no sentido SE, unindo-se em um tronco comum à altura do Poço 3. No desenho dos corpos de minério, admitiu-se que os dois veios possam coexistir, tendo sido lavrados em comum nos blocos 101 e 102 (Fig. 22), pelo menos até ao Poço 7.

Costa Filho (1944, planta do Filão S. Luiz) apresenta um perfil do Poço 10, mostrando o que poderia ser interpretado como os dois filões emparelhados.

- Nível 200 não foi explorado, na quase totalidade. Nos últimos 3 anos foi pesquisado pela equipe da C. B. C., estando em fase de desmonte. O comportamento na extremidade SE é imperfeitamente conhecido, por falta de trabalhos de desenvolvimento.
- Nível 300 Não se efetuou desenvolvimento em galeria de nível, mas por subnível, onde, em conjunto com o Filão 1 já foi parcialmente lavrado. Resta ainda boa parte de minério nas zonas vizinhas aos poços de extração 10 e 12.
- Nível 400. Foi desenvolvido separadamente, mas na extremidade SE não há dados de teores e mapeamento geológico sistemático, que possam elucidar seu comportamento em relação ao Veio 1.
- Nível 500 Resta dúvida quanto ao posicionamento deste veio, mas, ao que parece, ele não foi desenvolvido no nível principal. Nos blocos 501 e 512 (Fig. 22). os teores obtidos em travessas de subnível, indicam a existência de zona mineralizada persistente, que muito bem pode corresponder ao Filão 3.

O limite SE continua sendo de conhecimento imperfeito, restando a possibilidade de união com o Filão 1, explicável por diferenças de atitudes.

XI. 2.2. Zona Norte

XI. 2.2.1 Filão 4 (Filão Principal)

O filão, aqui designado de número 4 (Fig. 20), abrange parte do antigo Filão Principal. Entre os níveis 100 e 300, é imperfeitamente conhecido, pelo fato de não existirem galerias de nível, que permitissem sua observação. Os mapeamentos efetuados indicam que a partir do nível 100, começa a se desenvolver um veio oblíquo, ligando o Filão 4 ao Filão 6, que nos trabalhos antigos foi englobado no antigo Filão Principal.

A caracterização e comportamento estrutural destes filões, vinculados a conjuntos de fraturas diferentes, forçosamente conduz à individualização do Filão 4 (conforme Fig. 20), considerado mais correto. À superfície, seu comprimento é da ordem de 60 metros, com direção N 52 W, não havendo medidas de mergulho. A direção média, em profundidade, é N 44 W. com os mergulhos variáveis de 70 a 85 ° NE, às vezes subverticais ou invertidos, junto ao diabásio. A espessura oscila entre os limites de 0,1 a 1,5 metros, às vezes 2 metros. A exemplo dos demais filões sua exploração se restringiu também ao Conglomerado Superior. Os trabalhos mineiros efetuados até ao nível 600 mostram que o limite de mineralização tem um caimento da ordem de 30°, entre os níveis 300 e superfície, sendo subvertical até ao nível 600. Em profundidade, é de se esperar que esta zona de falhas invada o Conglomerado Inferior e Arenito Inferior, com mineralização persistente.

Entre os níveis 300 e 600, atinge comprimento de 220 metros. Até ao nível 600 este filão foi quase totalmente lavrado, restando apenas porções de minério de baixo teor entre os níveis 200 e superfície, além dos pilares entre os blocos já desmontados.

XI. 2.2.2 Filão 5 (Filão Lapa)

Os trabalhos executados pela Comissão Mista, indicaram a presença deste filão à superfície, embora sem dados estruturais. O seu conhecimento é imperfeito entre a superfície e o nível 300, bem como nos níveis 300 e 400, por falta de mapeamento geológico, dificultado por obstruções de antigas zonas de lavra.

À superfície, o comprimento é da ordem de 80 metros, sendo truncado a NW pelo dique de diabásio, mapeado recentemente. O dique de diabásio é oblíquo à sua direção, de modo que o traço do plano do filão com o plano do dique é uma linha oblíqua que, devido à inversão do mergulho do veio, recua para NW, diminuindo as suas possibilidades econômicas. Embora ainda não tenha sido pesquisado no nível 600, as evidências indicam que o veio deve estar truncado a meio painel, entre os níveis 500 e 600, pelo dique de diabásio.

Os trabalhos de subsolo permitiram observar o seguinte:

Nível 100	do nível 100 até à superfície, é truncado pelo dique de diabásio;
Nível 300	entre os níveis 300 e 600 atinge o comprimento de 220 metros;
Nível 400	neste nível o comportamento deste filão é duvidoso na extremidade da cabeceira 401, (Fig. 20), embora se presuma que o seu comprimento máximo, cerca de 150 metros, seja atingido neste nível;
Nível 500	a sua extensão é de apenas 45/50 metros, sendo praticamente formado por dois filões paralelos, fracamente mineralizados e com espessuras variando de 5 a 10 centímetros. A direção média é N 40 W, com mergulho da ordem de 60/65° NE. Entre os

níveis 400 e 500, a atitude deste filão sofre um desvio com inversão de mergulhos que no nível 500 apresenta valores entre 50 e 62° NW.

XI. 2.2.3 Filão 6 (Filão Capa)

O corpo 6 é o filão de maior desenvolvimento à superfície, na zona norte do diabásio, sendo extremamente ramificado na extremidade NW. À altura do perfil 22, seu tronco se bifurca em dois ramos principais, que por sua vez se multiplicam em vários outros. Este conjunto invade o Arenito Superior e a extensão total chega a atingir 250 a 300 metros. Entre os níveis 100 e 300 o seu comportamento é imperfeitamente conhecido, por não ter sido lavrado acima do nível 200, provavelmente por apresentar teores muito baixos em cobre. Presume-se que abaixo do nível 100, seja truncado pelo desenvolvimento do filão oblíquo nº 9, como se verifica ao nível 300. Nos níveis 400, 500 e 600, este veio se identifica com a extremidade SE do filão 9 a ponto de formar um único conjunto retilíneo, até ao dique de diabásio.

À superfície, no tronco inicial, a direção média é N 33. W, com mergulhos entre 60 e 68° NE. A espessura do veio varia entre 10 centímetros e 1,5 metros.

No nível 100, é mal conhecido e os trabalhos de geologia evidenciaram fratura fracamente mineralizada nas proximidades da Chaminé - 8.

No nível 300, o desenvolvimento é notório, sua mineralização atinge extensão de aproximadamente 55 metros, apresentando ramificações e fraturas de tração oblíquas. A direção média é da ordem de N 20 W com mergulho entre 56 a 75° NE.

Nos níveis 400 e 500, o comprimento do filão atinge 250 metros; os mergulhos são variáveis sendo o valor médio 60° NE. Mergulhos de 45 a 50° foram observados, podendo ser verticais na extremidade SE.

A lavra deste veio foi feita em todos os níveis abertos, exceptuando aqueles situados acima do nível 300, provavelmente por não apresentarem teores econômicos justificáveis. O Bloco S. Pedro representa a única zona lavrada acima do nível 300. Os limites da mineralização a NW são subverticais, presumindo-se um comportamento idêntico em profundidade.

XI. 2.3 Outros Filões

Inúmeros outros filões foram assinalados na Mina S. Luiz, entretanto, como os mais importantes já foram descritos, alguns deles estão apenas esquematizados nos perfis transversais 16 e 21 (Fig. 20). Entre eles, os veios mais importantes são os de número 9, 10, 11, 7, 8, 12 e 13; apenas os três primeiros já foram lavrados parcialmente entre os níveis 300 e 600.

Os filões S. Júlio, Barnabé e Esperança, são muito bem conhecidos desde o início da lavra da Mina. Dispensam maiores discussões uma vez que os seus detalhes já foram adequadamente descritos por Costa Filho (1944). Os dois primeiros foram parcialmente lavrados e o último foi pesquisado pela C. B. C.

XI. 2.4 Correlações

O mapeamento geológico efetuado nas exposições superficiais do dique de diabásio e as observações das relações de contato com as rochas encaixantes, Arenito Superior e Conglomerado Superior, mostram a existência de pequeno rejeito da ordem de 15 metros. Este rejeito pode ser explicado por um deslocamento vertical relativo dos blocos de falha (Fig. 3), em cujo plano se consolidou o dique de diabásio. A integração de movimento vertical de blocos, as variações de mergulho dos filões e o afastamento médio de 20 metros das duas paredes da falha, forçosamente conduz a discordâncias entre os veios situados a Norte e a Sul do diabásio.

Conforme pode ser observado nas diversas Figuras que ilustram o comportamento espacial dos corpos, há uma forte sugestão de correspondência entre os filões 1 e 6, 5 e 14, 2 e 4, em vista de seu posicionamento espacial e comportamento.

XI. 3

Mina Uruguai

A exemplo da Mina S. Luiz, a Mina Uruguai sempre foi subdividida em duas partes, Zona Piritas e Zona Uruguai, separadas pela Falha Piritas.

Os trabalhos de pesquisa mais recentes evidenciaram um numeroso conjunto de veios, associados às falhas principais e juntas subsidiárias. Os afloramentos observáveis em superfície, especialmente na capa do depósito, demonstram a existência de falhas contínuas, irregularmente mineralizadas. A partir de 1969, essas feições foram submetidas a intensa pesquisa por meio de sondagens rotativas, evidenciando reservas ponderáveis de minério. Ao contrário da Mina São Luiz, os trabalhos de geologia de subsolo são escassos, especialmente nos níveis 100, 200 e 300 da Zona Uruguai e níveis 300 e 500 da Zona Piritas, apenas parcialmente desenvolvidos. Os trabalhos de mapeamento geológico nessas áreas ainda são dificultados ou tornados impraticáveis pelas obstruções e desmoronamentos de realces e galerias antigas, impossibilitando as tentativas de correlação correta entre os diferentes corpos de minério. Este fato é particularmente notável nos níveis 200, 300 e 400 da porção NW da Zona Uruguai. Devido às dificuldades de correlação, já apontadas, serão analisados apenas alguns filões tradicionalmente lavrados; o elevado número de corpos, cujo comportamento tridimensional demanda trabalhos adicionais de desenvolvimento e pesquisa, presentemente em curso, será apenas brevemente mencionado. Os filões principais da Zona Uruguai a serem descritos, são os de número 1, 2, 3; os filões 16, 17, 18 e 19, que constituem ramificações em profundidade do Filão 2; os veios 10 e 11 da Zona Piritas. Os filões não descritos por falta de dados são: Filão nº 20; Filão sobre Capa; os corpos existentes na capa do depósito de números 4, 5, 6 e 7, existentes

na Zona Piritas; números 8, 9, 11, 12 e 13, além de corpos ricos de pequena extensão, preenchendo juntas em pena, associados aos falhamentos principais. Os filões analisados, sempre que possível, serão também referidos à designação antiga. Embora o mapa geológico superficial sugira continuidade de alguns filões ou falhas da Zona Uruguai à Zona Piritas, será evitada qualquer correlação de filões, por insuficiência de dados geológicos de detalhe à superfície e subsolo, bem como por desconhecimento da extensão dos movimentos operados na Falha Piritas.

A exemplo da Mina S. Luiz, os planos das falhas portadoras de minério têm continuidade além do Arenito Inferior podendo estar mineralizadas.

Ao contrário da Mina S. Luiz, a lavra foi sempre conduzida no Conglomerado Superior, Arenito Médio e Conglomerado Inferior.

As projeções verticais de realces dos principais filões, algumas secções transversais do depósito e projeções horizontais dos filões estão representados nas Figuras 21 e 23.

XI. 3.1 Zona Uruguai

XI. 3.1.1 Filão 1 (Filão Lapa)

Os afloramentos esparsos à superfície sugerem que a fratura preenchida pelo filão tem continuidade no sentido SE. A direção está situada entre os limites N 46 a N 55 W, com mergulho médio de 60° SW, enquanto sua espessura varia de 0,2 até o máximo de 1,10 metros. Sinuosidades e arqueamentos são comuns ao longo da direção do filão, originando variações locais de espessura e mergulhos.

As seguintes observações em profundidade foram feitas:

Nível 100 e 200

não houve desenvolvimento por galeria de nível nas extremidade SE até à Falha Piritas, provavelmente por inexistência de teores econômicos.

Nível 300, 400 e 500

o filão foi parcialmente mapeado, sendo o seu comportamento imperfeitamente conhecido na extremidade SE por falta de trabalhos de desenvolvimento. Nestes níveis, o comprimento da zona mineralizada varia entre 150 até o máximo de 200 metros, no nível 400.

A lavra deste veio foi totalmente efetuada no nível 500 e parcialmente no nível 400. Recentemente foram feitos trabalhos de pesquisa e desenvolvimento acima do nível 300, com vistas ao seu aproveitamento. Muitos são os veios subsidiários que ocupam as fraturas de tração de baixo ângulo; estas, na maior parte das vezes, são lavradas em conjunto com o filão principal ao qual estão associados.

XI. 3.1.2 Filão 2 (Filão Sobre Lapa)

A exemplo do Filão 1, este veio não pôde ser mapeado em detalhe na superfície, de maneira a acompanhar sua evolução até à Falha Piritas, havendo entretanto alguns afloramentos isolados já mapeados, entre os perfis 7 e 11, onde possui direção média N 50 W e mergulho 60° SW. As espessuras em todos os níveis são variáveis entre os limites 0,10 a 1,80 metros.

Nos níveis abaixo discriminados as características deste filão, são as seguintes:

Nível 200 não foi desenvolvido no trecho compreendido entre o perfil 12 e a Falha Piritas, nem na extremidade e NW, onde a direção média é N 53 W, com mergulho 60° SW e comprimento da ordem de 175 metros;

Nível 300 foi desenvolvido em galeria de nível numa extensão de 180 metros, havendo continuidade até à Falha Piritas por falha pouco mineralizada. A direção média é N 50 W e mergulhos variáveis entre 50 e 60° SW. Entre a superfície e este nível o veio é homogêneo, sem ramificações importantes.

Nível 400 neste nível, o filão foi desenvolvido até à Falha Piritas e lavrado numa extensão de 220 metros, no bloco 418. A identificação das ramificações e a correlação com os seus correspondentes, possivelmente existentes no nível 400, são impraticáveis, por razões já verificadas atrás. A direção é N 50 W com mergulhos variando entre 50 a 65° SW.

Nível 500 está individualizado em uma extensão de 50 metros, entre os perfís 10 e 12, bifurcando-se na extremidade SE segundo falhas fracamente mineralizadas e que não são cortadas pela Falha Piritas. A direção média neste traço é N 63 W, com mergulho entre 85 a 90° SW. A espessura do filão varia de 0,10 até 1,10 metros. Entre os perfís 9 e 10, existe clara ramificação do filão, produzindo quatro ramos que são correlacionáveis com falhas e filões mapeados nos níveis e subníveis entre os perfís 6 e 8.

A correlação entre estes filões e os seus possíveis correspondentes nos níveis 300 e 400 é quase impossível pois os dados geológicos não são suficientes; além disso, esta área apresentava desmoronamentos contínuos. Neste nível esses ramos foram designados por filões 16, 17, 18 e 19, sendo lavrados em bloco comum (Bloco 511 - 522).

XI. 3.1.3 Filões 16, 17, 18 e 19

O Filão 16 no nível 500 e em subnível, na quase totalidade, é representado por falha com mineralização esparsa, que persiste até encontrar-se com o Filão 1, formando um tronco comum. Seu comprimento é da ordem de 55 metros e a direção média é N 40 W, com mergulhos entre 70 e 90° SW. A zona falhada possui espessura de até 1,5 metros, com mineralização disseminada e bolsões esparsos.

O Filão 17 foi parcialmente mapeado em subnível, numa extensão de 10 metros. A direção é N 65 W e os mergulhos variam entre 48 a 60° SW, com espessura de 20 centímetros.

O Filão 18 estende-se desde o entroncamento do perfil 10 até o perfil 16, podendo ter continuidade até além do perfil 5, em vista dos dados de sondagem efetuados neste nível. A direção média é N 70 W, com inflexão para SW na extremidade. Os mergulhos são variáveis, atingindo 80° SW no entroncamento com o Filão 2 e 40° SW na extremidade de SW. A espessura varia de 0,1 a 1,10 metros.

O Filão 19 é também representado por falha com trechos de mineralização disseminada, alternada com zonas onde predomina minério maciço. A mineralização observada estende-se por 65 metros, podendo continuar até além do perfil 5, conforme resultados de sondagem já efetuada no nível 500. Sua direção média é N 75 W com mergulhos variando de 50 a 75° SW e espessura da zona falhada em torno de 1,2 metros.

XI. 3.1.4 Filão 3 (Filão Capa)

Este filão foi mais intensamente pesquisado à superfície por trincheiras em toda a sua extensão, até às proximidades da Falha Piritas; provavelmente tem no Filão 13 seu correspondente além da Falha Piritas. Em superfície, o comprimento mineralizado é de cerca de 380 metros, embora os teores econômicos se resumam a áreas restritas. A direção

média na maior parte do filão é N 55 W, com irregularidades na extremidade SE e contornos arqueados; os mergulhos variam de 65° a 85° SW.

- Nível 200 foi parcialmente desenvolvido numa extensão de 205 metros, entre os perfís 5 e 13; sua continuidade de até à Falha Piritas, provavelmente existe, por falha fracamente mineralizada;
- Nível 300 neste nível, o filão ocupa uma extensão mineralizada de 175 metros. Entre o perfil 13 e a Falha Piritas, não foi desenvolvido provavelmente por não apresentar teores econômicos. A direção é N 57 W e o mergulho médio, 70° SW.
- Nível 400 possui grande desenvolvimento, predominando trechos representados por falhas com muita brecha e mineralização esparsa. O comprimento mineralizado é de 175 metros até ao perfil 5, com continuidade provável até o perfil 3. A direção média é sensivelmente igual à dos níveis superiores e os mergulhos são baixos na extremidade NW, variando de 40 a 50° SW.
A possança, em trechos isolados entre os perfís 9 e 11, varia entre 0,5 e 1,10 metros.
- Nível 500 neste nível, os trabalhos de desenvolvimento estão sendo feitos, razão pela qual a caracterização do veio é precária. Entretanto, deve-se assinalar que a partir do nível 400 a mineralização é extremamente irregular e pobre ao longo de falhas, devido à predominância de brechas argilosas nesses planos.

XI. 3.2 Zonas Piritas

XI. 3.2.1 Filão 10 (Filão Piritas) e Filão 11

O Filão Piritas foi um dos primeiros corpos de minério a ser explorado intensamente no início da lavra da Mina de Camaquã, devido ao elevado teor de ouro. À superfície, tem comprimento observado de 150 metros, sendo truncado a NW pela Falha Piritas. A direção média é N 55 W e o mergulho varia entre 60 e 65° SW. No nível 100 foi desenvolvido em galeria, numa extensão de 95 metros com direção média N 70 W e mergulho 60° SW.

Algumas ramificações são observadas mesmo à superfície, mas a mais importante é a do nível 100. No nível 200, a direção média é N 75 W, podendo apresentar mergulhos invertidos da ordem de 70°NE nos trechos mapeados. As espessuras deste veio são variáveis entre os limites 0,2 e 2 metros.

O filão foi lavrado somente no Conglomerado Superior e acima do nível 200, restando ainda os trechos no Conglomerado Inferior. Trabalhos de pesquisa já efetuados no nível 200 revelaram a continuidade deste filão em profundidade (Fig. 23).

O Filão 11 acompanha o Filão Piritas, embora sem expressão à superfície. Nos níveis 0 e 100, foi desenvolvido por galeria de distrito, sendo lavrado em conjunto com o Filão Piritas, no bloco acima do nível 200 (Fig. 23).

XI. 3.2.2 Filão 12

Sob a designação de Filão 12 foi englobada uma zona fortemente mineralizada numa faixa de 7 a 10 metros de largura, que abrange veios ramificados não individualizados. Estes veios foram parcialmente lavrados

nos níveis 200, 300, 400 e 500; acima do nível 100 não foram desenvolvidos e pesquisados, havendo entretanto evidências de continuidade até à superfície.

Êstes filões não foram desenvolvidos até ao Arenito Inferior. Têm continuidade em profundidade e, a julgar pelos resultados de sondagem obtidos, o limite SE e em profundidade deve ser irregular e não acompanha necessariamente o contato Conglomerado Inferior - Arenito Inferior.

A direção destes veios varia de N 40 a N 60 W e os mergulhos entre 50 e 85° SW. As espessuras médias individuais variam entre 0,15 até 1,10 metros. As observações efetuadas em todos os níveis são as seguintes:

Nível 100 acima do nível 100 os filões não foram desenvolvidos e pesquisados;

Nível 200 e 300 no nível 200, não há pilares acima da galeria principal, tendo sido parcialmente lavrado. No nível 300, o mapeamento geológico em galeria de distrito é completo, demonstrando a existência de, pelo menos, 3 veios em ramo, divergindo de um tronco comum junto à Falha Piritas.

Nível 400 a extensão mineralizada é de 150 metros até o contato com o Arenito Inferior. À altura do perfil 18, há bifurcação em dois ramos que atravessam o Arenito Inferior. Há desenvolvimento intenso de múltiplos filetes, brechamento e disseminação de sulfetos.

Nível 500 não foi feito mapeamento geológico, embora a zona mineralizada tenha sido desenvolvida numa extensão de 120 metros.

XI.3.2.3 Outros Filões

Alguns filões existentes principalmente nos níveis inferiores não foram analisados tridimensionalmente, embora exibam mineralização rica localizada e tenham sido parcialmente lavrados. Trata-se de corpos com desenvolvimento vertical limitado, ou então, imperfeitamente conhecidos. Nesta categoria estão incluídos os filões 20, 21, 22 e 24, além de dezenas de corpos, não assinalados, que representam, de preferência, filões de preenchimento de juntas de tração penadas, associadas às falhas principais (Fig. 23 , perfil 7). Estes corpos normalmente têm desenvolvimento limitado e são formados, via de regra, por minério maciço e rico.

XII - MINERALOGIA

Até a presente data, o único trabalho que descreve, com pormenores, a mineralogia da Mina de Camaquã, é o de Leinz e Almeida (1941), embora citações parciais tenham sido feitas nas publicações de Teixeira (1941) e Costa Filho (1944).

No presente trabalho, os estudos efetuados por métodos de difração de raios X e microscópicos, especificamente, exame de secções polidas e lâminas delgadas, confirmaram a existência dos minerais descritos anteriormente, além de novos minerais, permitindo também a discriminação de diversas gerações de uma mesma espécie. Deve-se mencionar ainda, que as observações microscópicas feitas, em pelo menos cinquenta secções polidas e quarenta secções delgadas, não revelaram a existência de azurita, descrita por Leinz e Almeida (1941).

O minério apresenta minerais metálicos hipógenos e supérgenos. Os hipógenos são pirita, calcopirita, bornita, calcosita e hematita. Os minerais supérgenos são calcosita, hematita, covelita, antlerita, brochantita, crisocola, malaquita, cobre nativo e cuprita.

Os minerais de ganga primários incluem apenas os formados juntamente com o minério e são: quartzo, barita, clorita e calcita. Os minerais de ganga secundários são constituídos por produtos de alteração hidrotermal, tais como sericita, caolim, clorita, limonita e pirita. Quartzo, feldspatos, clorita e sericita, em parte são remanescentes de fragmentos de rochas encaixantes, parcialmente substituídos ou englobados pelos minerais de minério.

XII .1 Pirita (FeS₂)

Os estudos microscópicos efetuados, permitiram identificar pelo menos duas gerações de pirita durante a formação dos filões, sendo designadas por pirita I e II.

A pirita I é encontrada em todos os níveis das Minas S. Luiz e Uruguai, constituindo juntamente com a calcopirita, a maior parte do minério primário. Na maioria das vezes, encontra-se associada à calcopirita, bornita e quartzo. Costuma ser bem cristalizada, exibindo contornos cúbicos piritoedrais. Outras vezes apresenta formas arredondadas, angulosas, irregulares ou corroidas, dependendo do estágio de substituição por outros sulfetos. Nas zonas de minério disseminado, por vezes também ocorrem agregados de pirita com contornos irregulares, porosos, esqueléticos e corroidos. As dimensões dos cristais de pirita podem variar de 1 milímetro ao máximo de 2 a 3 centímetros, mas ao microscópio também são identificadas partículas de poucas micras. A pirita é mais frequentemente observada nas paredes externas dos veios, onde seus cristais, associados a quartzo, formam agrupamentos em bandas, cujas espessuras variam de poucos milímetros a alguns centímetros. As dimensões dos cristais em uma mesma faixa são aproximadamente constantes, mas podem ocorrer mudanças consideráveis em bandas diferentes. Nesses leitos foram observadas variações na mineralização por cobre, havendo alternância de bandas ricas em calcopirita, calcopirita-bornita e calcosita.

A disseminação irregular de pirita nas rochas encaixantes dos veios constitui outro tipo de ocorrência. Os cristais, neste caso, são de dimensões variáveis, achando-se dispersos nos espaços intergranulares de conglomerados e arenitos, ou agrupados em massas irregulares. Outras vezes, a pirita disseminada está associada aos grânulos de composição granítica, apresentando então dimensões extremamente reduzidas. Além da ocorrência nas paredes encaixantes dos veios, encontra-se disseminada em minérios primários e secundários dos veios, associada a calcopirita, bornita, calcosita, hematita, quartzo e barita. Seus cristais ocorrem dispersos em porções maciças do minério, sendo englobados preferencialmente por calcopirita, bornita e calcosita.

Em quase todas as secções polidas, a maior parte dos cristais de pirita acha-se extremamente cataclada e corroída, embora muitas vezes, conserve o idiomorfismo primitivo (Fotos 10 e 11).

As fraturas constituem densa rede irregular e, por vezes, seguem os planos latentes de clivagem do mineral (Foto 10).

Essas fraturas são preenchidas por calcopirita e, mais raramente, por bornita e calcosita, indicando substituição ativa de pirita por esses minerais (Fotos 10, 11 e 12). Em algumas amostras da Mina Uruguai foi, também, observada substituição por hematita especular. A ação cataclástica ativa e a substituição por calcopirita, bornita e hematita, são evidenciadas pelas texturas em veio, cataclástica (Fotos 11 e 12), bomba explodida, em mosaico e poiquilítica. Esta última é resultante da substituição e impregnação interna da pirita por pequenas massas de calcopirita.

No minério das zonas supérgenas das minas Uruguai e S. Luiz, foram observadas em agregados as relações texturais entre calcopirita, pirita, bornita, calcosita e covelita. Notou-se que os cristais de pirita comumente apresentam uma borda de reação, constituída preferencialmente por calcopirita (Foto 14), às vezes por bornita ou calcosita e raramente por covelita. A sequência completa, no entanto, evidencia um núcleo central de pirita com fraturas; externamente, há um envoltório de calcopirita, invadindo as fraturas, e outro mais externo e concêntrico, de bornita, que por sua vez é substituída por calcosita. Em amostra do nível 500 da Mina Uruguai, alguns cristais de pirita também apresentam uma pequena auréola de covelita, sendo o conjunto envolvido por bornita.

As piritas da segunda geração foram identificadas na Zona Piritas da Mina Uruguai, onde juntamente com a calcopirita II, acham-se dispersas em filetes e veios centimétricos constituídos por barita e quartzo.

As características morfológicas e ópticas observadas não diferem daquelas já descritas para as piritas da primeira geração. Nas amostras estudadas notou-se que, via de regra, os cristais estão pouco fraturados, sendo normalmente substituídos por calcopirita II.

XII .2

Calcopirita (CuFeS₂)

A exemplo da pirita, também foram identificadas duas gerações de calcopirita que, neste trabalho, serão designadas por calcopirita I e II.

A calcopirita I é o mineral primário mais abundante. Ocorre em todos os níveis e pode, também, ser encontrada nas partes superiores da Mina, como remanescentes de fenômenos de alteração e oxidação. A calcopirita I dos veios é geralmente maciça e sua granulação varia de 1 a 3 milímetros. Menos frequentemente apresenta-se disseminada em pequena quantidade nas zonas marginais dos veios, associada à pirita I. Neste caso, apresenta-se em finos cristais disseminados, de dimensões às vezes menores do que 0,014 milímetros, formando corpos irregulares que envolvem fragmentos dos componentes das rochas encaixantes.

Na forma maciça apresenta-se em grãos puros, mas às vezes é esponjosa, extremamente pontilhada por minerais de ganga e corpos submilimétricos de bornita.

É constituinte comum de brechas, vênulas e filetes, estes de espessuras milimétricas.

A calcopirita I apresenta fraturamento irregular, mas não tão intenso quanto a pirita I. Essas fraturas, sempre preenchidas por minerais de ganga posteriores, foram os condutos por onde se deu a substituição de calcopirita por bornita e, especialmente na Mina Uruguai, a invasão de hematita especular e gangas relacionadas.

A calcopirita apresenta substituição intensa preferencialmente por bornita. Em escala subordinada é substituída por calcosita e hematita e, muito raramente, por covelita. A observação das relações mais íntimas entre esses minerais indica uma gradação, a calcopirita sendo substituída por bornita e esta por calcosita; esta pode também substituir as duas primeiras ao mesmo tempo.

As relações texturais entre calcopirita, hematita primária e bornita são mais evidentes na Mina Uruguai - Zona Piritas, onde hematita especular e gangas substituem ativamente a calcopirita, quer só ou, mais comumente, associada à pirita e bornita. Corpos irregulares esfarrapados e corroidos de calcopirita e bornita ocorrem substituídos e envolvidos, parcial ou totalmente, por cristais ripiformes de hematita e ganga quartzosa.

As relações texturais entre calcopirita e hematita podem ser observadas nas Fotos 19 e 20.

A calcopirita da segunda geração foi identificada na Mina Uruguai, principalmente na Zona Piritas, onde, juntamente com piritas I e II, bornita e hematita primária, constituem parte considerável do minério existente nessa zona.

A forma mais usual de ocorrência da calcopirita II é em bandas milimétricas ou centimétricas, intimamente associada à bornita e hematita.

Muito frequentemente, veios centimétricos zonados podem ser observados, caracterizados por alternâncias de bandas paralelas constituídas do centro para a periferia, de:

- a) barita, quartzo, pirita II e calcopirita II esparsas,
- b) hematita especular primária,
- c) calcopirita II,
- d) hematita especular.

Uma associação também comum com pirita II é notória. Neste caso, como já foi dito, formam corpos milimétricos esparsos em filetes e veios constituídos por quartzo e barita.

Os estudos microscópicos efetuados indicam que a calcopirita II substitue intensamente todos os minerais metálicos e minerais de ganga anteriores, em particular bornita e hematita. A substituição de bornita por calcopirita é claramente demonstrada por várias feições texturais: bordas de reação formadas por calcopirita substituindo bornita, lamelas de calcopirita ocupando planos de clivagem da bornita e corrosão intensa de corpos irregulares de bornita englobados por calcopirita (Fotos 15, 16, 17, 25 e 26).

As relações íntimas entre calcopirita e hematita são extremamente bem demonstradas pela presença de:

- a) cristais de hematita esparsos na massa de calcopirita I,
 - b) fragmentos de minério mais antigos, constituídos por hematita, gangas e sulfetos, todos corroídos e englobados por calcopirita
- (Fotos

XII.3 Bornita (Cu_5FeS_4)

A bornita, depois da calcopirita e pirita, é o sulfeto mais frequente na Mina de Camaquã. Sua distribuição é ampla, sendo encontrada desde os níveis mais profundos, entre 300 e 400 metros de profundidade na Mina Uruguai, até à zona oxidada.

As observações efetuadas em subsolo e também ao microscópio indicam a existência de bornita hipógena e supérgena.

Ocorre associada com calcopirita, pirita, covelita, hematita, limonita e minerais de ganga, na forma de bolsões em veios; como veios espêssos, restritos ao nível 500 da Mina Uruguai; disseminada nas rochas encaixantes, onde preenche os espaços intergranulares, e também como constituinte de brechas mineralizadas.

Apresenta-se normalmente na forma maciça ou granular.

A exemplo do que foi observado para a calcopirita, a bornita substitue calcopirita e pirita, sendo por sua vez substituída por calcosita, covelita e hematita. Apresenta também frequentes fraturas que constituem zonas de penetração e substituição por calcosita, covelita e hematita. Em relação à calcopirita, a bornita é menos ativa na substituição da pirita.

Associações mais íntimas de bornita e pirita não são muito frequentes. Algumas vezes, minúsculos cristais de pirita são encontrados dispersos em massa de bornita, mostrando contornos extremamente corroídos. Mais frequente é a penetração de bornita, ao longo das fraturas de pirita, embora pareça ser um processo indireto, pois, na realidade, a bornita substitue a calcopirita já existente nessas fraturas.

As relações entre bornita e calcopirita já foram aventadas anteriormente. A bornita é normalmente substituída por calcosita e covelita. Em geral a alteração se processa ao longo de fraturas e contatos com minerais de ganga, sendo essas relações evidenciadas por texturas aureolares e poiquilíticas, já descritas. Quando ao longo de fraturas, a calcosita substitue concomitantemente bornita e calcopirita.

XII .4 Hematita (Fe_2O_3)

Muito antes da abertura total da Mina Uruguai, a hematita foi descrita por Leinz e Almeida (1941, págs. 36, 39 e 41), como mineral residual resultante da substituição de calcopirita e bornita por calcosita e covelita. Entretanto, a análise dos filões da Mina Uruguai revela que a hematita também é um dos minerais primários, que ocorre em larga escala em todos os níveis da Mina Uruguai, de preferência na Zona Piritas, onde chega a formar veios com espessuras de até um metro. Este tipo de hematita especular foi designado de hematita I.

Apesar de predominar constituindo veios e filetes submilimétricos, a hematita I apresenta ampla distribuição na forma disseminada e como constituinte de brechas. Apresenta-se em cristais isolados, idiomórficos e alongados, de forma tabular, ripiforme ou prismática, bem formados ou em agregados de vários indivíduos entrelaçados (Foto 18). Suas dimensões máximas atingem até 0,35 milímetros segundo o alongamento máximo, e diâmetros médios variando de 0,01 a 0,04 milímetros.

Os veios hematíticos observados na Mina Uruguai, frequentemente, exibem estrutura bandada na forma de faixas quartzosas e hematíticas alternadas, paralelas às direções principais dos veios. As primeiras são constituídas por quartzo hidrotermal microgranular, com espessuras entre 1 e 6 milímetros, enquanto as bandas hematíticas têm espessuras milimétricas a centimétricas. A natureza micácea da hematita especular aqui descrita e as dimensões submilimétricas dos cristais ocasionam corrugamentos e, mesmo, uma estrutura xistosa nos veios, devido ao arranjo planar desses cristais. A hematita aparece também substituindo calcopirita I, bornita e pirita I.

Frequentemente, a hematita é observada dispersa na calcopirita I e bornita, quase sempre a certa distância de fraturas desses minerais, que seriam os dutos alimentadores por onde se infiltraram ganga quartzosa e hematita associada. Outras vezes, a hematita ocorre disseminada em ganga quartzosa, formando micrólitos dispersos caoticamente ou suborientados.

Na maior parte das amostras de minério primário a hematita I substitue ativamente os sulfetos mais antigos, nomeadamente calcopirita, bornita e pirita (Fot. 19 e 20). As evidências texturais, observadas macroscopicamente e em secções polidas, mostram que calcopirita e bornita formam corpos submilimétricos e milimétricos esfarrapados e corroídos, esparsos em massa de cristais finos de hematita.

O arranjo dos cristais de hematita, à volta dos corpos remanescentes, demonstra movimentação e fluxo do fluido mineralizante, com orientação subsequente das ripas de hematita, ocasionando assim uma textura fluidal, muito frequente. Este envolvimento, não só é observado com os sulfetos, calcopirita, bornita e pirita, como também com fragmentos e grânulos das rochas encaixantes, arenito e conglomerado, sendo notória a substituição a partir dos bordos (Fotos 22 e 23).

Frequentemente, os espaços intergranulares são preenchidos totalmente por hematita maciça, formando uma rede densa. Outras vezes, a matriz da rocha encaixante mostra-se totalmente substituída, deixando um mosaico formado somente por agregados imbricados de vários grãos de quartzo envolvidos por hematita.

Os fragmentos englobados de arenito e conglomerado, via de regra, mostram o cimento original totalmente substituído por clorita e os grãos de quartzo embebidos nessa matriz, o que confere a cor intensa esverdeada da maior parte dos fragmentos de rocha encaixante associados à hematita I.

O segundo tipo de hematita, designada hematita II, constitui produto de oxidação e substituição de sulfetos primários, estando na maior parte das vezes associada à calcosita, bornita e calcopirita. As observações em secções polidas revelaram que, como produto residual de alteração e substituição, a hematita apresenta-se com hábito maciço e irregular, mas com aspecto esponjoso e esquelético, muito diferente da hematita primária.

Particularmente nas zonas superiores das minas S. Luiz e Uruguai, hematita esponjosa foi observada muito frequentemente, associada à bornita e calcopirita e, em maior frequência, à calcosita. A forma usual de ocorrência é segundo uma auréola que envolve não só o conjunto maciço constituído por calcopirita e bornita, mas também calcosita. Esses sulfetos mostram-se corroídos no limite da franja, havendo uma zona de transição, especialmente no caso da calcosita, com textura mirmequítica bem desenvolvida, na qual a calcosita e hematita

coexistem. Em amostras de minério oxidado da Mina S. Luiz, a hematita acha-se associada à calcosita, cuprita e quartzo idiomórfico, como mineral de ganga. A calcosita mostra-se completamente esfarelada nas porções onde a alteração foi maior, dando um produto residual de hematita esqueletiforme, em rede densa e irregular; há também disseminação intensa de cuprita, que envolve e preenche os espaços intergranulares. Independente desta associação, a calcosita acha-se completamente corroída e, juntamente com hematita, forma texturas mirmequíticas complexas (Foto 29).

XII .5 Calcosita (Cu_2S)

A calcosita é um dos sulfetos com distribuição ampla nos níveis superiores das minas Uruguai e S. Luiz e Zona Intermediária, onde forma a maior parte do minério da zona supérgena. Sua presença foi também constatada em bolsões isolados nos níveis 500 e 400 da Mina S. Luiz, no nível 500 da Mina Uruguai, onde ocorre extremamente disseminada e também em níveis profundos da Mina Uruguai, entre 300 a 400 metros de profundidade.

A calcosita apresenta forma maciça ou granular, sendo difícil estimar, macroscopicamente, as dimensões dos grãos. Testes de corrosão, efetuados em secções polidas com HNO_3 1:1, demonstram a existência de grãos imbricados com contornos irregulares e comprimentos máximos de até 2,5 milímetros. A geminação lamelar, já notada em secções polidas, ficou mais evidenciada após a corrosão, ao lado de clivagens típicas, extremamente bem desenvolvidas.

Na maior parte das amostras de minério foram constatados dois tipos de calcosita. O primeiro, de cor azul clara, apresenta birrefletância forte e uma segunda variedade, cinza azulada, possui anisotropismo fraco. Frequentemente, os dois tipos coexistem em lamelas alternadas.

A calcosita está intimamente associada à pirita, calcopirita, bornita, coquelita, cuprita, quartzo, óxido de ferro e cobre nativo; substitui ativamente calcopirita, bornita e coquelita, além de pirita, em escala menor.

Em amostras dos níveis 500 das minas S. Luiz e Uruguai e algumas da Zona Intermediária, notou-se que a calcosita contém remanescentes irregulares e corroídos de cristais de pirita, cuja substituição é feita ao longo de planos de fraturamento e direções cristalográficas. Nos níveis superiores, especialmente na zona de oxidação, a pirita não está tão frequentemente associada à calcosita.

As relações texturais com a bornita e calcopirita são notórias e mais frequentes na zona de oxidação. Em amostras de maior profundidade, manchas ou corpos irregulares de bornita e calcopirita são encontrados dispersos em massa de calcosita, formando ilhas. Algumas vezes, os corpos de bornita apresentam-se internamente pontilhados por fragmentos de calcosita, demonstrando textura poiquilítica bem desenvolvida.

Ao nível 500 da Mina Uruguai, em filões de bornita maciça e também em minério disseminado, a calcosita substitui e forma bordas de reação na bornita.

Nos níveis superiores, bordas de reação são extremamente bem desenvolvidas, notando-se frequentes auréolas de calcosita nos sulfetos mais antigos; às vezes, encontra-se uma sucessão de pirita fraturada, envolvida por calcopirita e bornita, sendo o conjunto todo aureolado por calcosita.

Particularmente na Zona Intermediária, Filão Barnabé e Galeria dos Belgas, a calcosita forma filetes que cortam a bornita e calcopirita, originando textura em veio muito característico; essa substituição é feita ao longo de bordos ou, preferencialmente, nas fraturas, por onde a calcosita invade e substitui os sulfetos primários (Foto 28).

A associação calcosita-covelita é pouco desenvolvida nos níveis 500 e 400 das duas Minas, onde a covelita ocorre apenas em corpos puntiformes, dispersos na massa de calcosita. Na zona de oxidação, a covelita foi observada substituindo a calcosita ao longo de direções cristalográficas, originando lamelas alternadas dos dois minerais .

Ainda na Zona Intermediária, foram notados corpos aciculares e bastões de covelita orientados segundo direções cristalográficas paralelas da calcosita.

Na zona oxidada, a calcosita acha-se associada à cuprita, hematita, limonita, cobre nativo e quartzo. Sob os efeitos de oxidação, a calcosita apresenta corpos irregulares de cobre nativo, dispersos na massa (Foto 24); evidencia ainda corrosão intensa e associação com hematita esponjosa e esquelética, originando então textura mirmequítica complexa, já referida anteriormente. Na franja de alteração, constituida por remanescentes de hematita e calcosita, desenvolve-se abundante quantidade de cuprita terrosa, além de quantidades subordinadas de goethita. Estas associações foram observadas em amostras do Filão S. Luiz, Galeria dos Belgas e zona disseminada do nível 500 da Mina Uruguai. Também foram encontradas associações com malaquita, quer em lamelas, ou preenchendo fraturas da calcosita.

XII . 6 Quartzo (SiO₂)

A observação das relações texturais do minério mostra claramente a presença de uma geração antiga de quartzo muito fino associado à pirita, e que foi designado de quartzo I. Este tipo de quartzo faz parte dos veios e frequentemente constitui a parte lateral dos filões, originando um zonamento lateral. O quartzo apresenta aspecto maciço e cor acinzentada; ao microscópio, foram observados cristais prismáticos, idiomórficos, alongados ou com contornos hexagonais, imbricados entre si, além de formas xenomórficas, muito comuns. Os cristais prismáticos, na maior parte das vezes, estão dispersos em abundante massa

constituída por cristais de quartzo extremamente irregulares, corroidos e imbricados, formando uma textura granoblástica, havendo evidências de substituição por soluções posteriores. As dimensões destes cristais variam de 0,5 a 0,01 milímetros, com granulação mais frequente em torno de 0,5 milímetros. Frequentemente estes cristais englobam fragmentos de rochas encaixantes, originando auréolas com textura fluidal incipiente.

Em associação íntima com sulfetos posteriores à pirita, nomeadamente calcopirita e bornita, é notória a presença de quartzo branco, provavelmente de uma nova geração que foi designado de quartzo II. Faz parte dos veios e zonas brechóides, onde aglutina fragmentos e sulfetos; também forma filetes que podem ou não cortar calcopirita, bornita e quartzo de geração mais antiga.

Este tipo de quartzo pode ocorrer em cristais idiomórficos, prismáticos, alongados ou hexagonais, mas também em grãos xenomórficos ou imbricados, formando textura granoblástica.

O quartzo leitoso pode englobar e formar auréolas à volta de cristais extremamente finos de quartzo de provável geração anterior que, às vezes, estão cataclasados, corroidos e imbricados. As dimensões médias dos grãos são da ordem de 0,04 mm, mas podem atingir até 3 mm.

A ganga quartzosa associada à mineralização hematítica da Zona Piritas - Mina Uruguai, foi chamada de quartzo III. Forma corpos irregulares ou filetes milimétricos a centimétricos que se alternam com bandas hematíticas. Os cristais de quartzo têm dimensões inferiores a 2 milímetros, são idiomórficos ou xenomórficos e definem uma textura granoblástica.

Os minerais de ganga da última fase de mineralização, representados por calcita e barita, comumente estão associados a quartzo que foi denominado de quartzo IV. Este tipo de associação ocorre mais frequentemente em filetes de poucos milímetros de espessura que cortam os

minerais de minério e gangas anteriores. Estes corpos são caracterizados pelas associações calcita-quartzo IV ou quartzo IV - barita com ou sem calcopirita II e pirita II.

Os cristais de quartzo são idiomórficos, algumas vezes xenomórficos, apresentando dimensões entre 0,13 a 0,77 mm. Grãos de quartzo com dimensões entre 0,01 e 0,7 mm, corroidos, fraturados e preenchidos por minério secundário, foram também observados em associação com cuprita e calcosita da zona oxidada.

XII .7 Clorita

A clorita ocorre em associação frequente com sulfetos e minerais de ganga nos diferentes tipos de minério. Pode estar englobada por outros minerais, dispersa na massa dos constituintes dos filões ou nas paredes dos veios e rochas encaixantes.

Observações em lâminas delgadas e secções polidas demonstram a existência de cloritas residuais das rochas encaixantes, bem como resultantes da ação de soluções hidrotermais.

A ocorrência de clorita nos filões da Mina S. Luiz é pequena em relação à Mina Uruguai. Nos níveis 500, 400 e 300 da Zona Piritas, é particularmente abundante em zonas brechadas, encaixantes e paredes dos veios, conferindo característica cor verde escura às rochas. A transição minério - encaixante nos filões e vênulas, é frequentemente feita diretamente por clorita, que substitui totalmente a matriz antiga e embebe grânulos líticos e cristais de feldspatos e quartzo, deformados e cataclasados.

A clorita forma agregados microlíticos, fibrosos irregulares, e cristais prismáticos radiados ou foliados, com dimensões até 0,8 mm. Em minério da Zona Feliciano e Oscarino, foram observados cristais

de clorita formando uma massa feltrosa, constituída por micrólitos alongados e fibrosos, com porcentagem subordinada de cristais prismáticos radiados. Frequentemente, há também associação com micrólitos de quartzo, em forma de prismas alongados, que em conjunto com a clorita, conferem textura incipientemente fluidal ao minério.

XII .8 Barita (Ba SO_4)

A barita tem distribuição ampla no distrito. Ocorre mais frequentemente como constituinte principal de filões, preenchendo fraturas subsidiárias nas vizinhanças de falhas, ou como material agregante de brechas quartzosas ou sulfetadas.

Observações superficiais e em subsolo demonstram que suas concentrações são maiores nas zonas em que os veios fazem transição entre o Conglomerado Vargas e os arenitos Superior e Inferior. Esta zona de transição coincide, via de regra, com os limites extremos da mineralização econômica, em que os teores em cobre diminuem significativamente. Particularmente na extremidade sudeste dos filões Barnabé, S. Júlio, Esperança e filões da Zona Piritas, podem ser encontrados veios de barita com espessuras de poucos decímetros. A transição entre as partes mineralizadas com cobre e estéreis, se faz rapidamente. Juntamente com quartzo, a barita forma a maior parte dos veios na zonas Potreiros, Oscarino, Feliciano e Cêrro das Tunas. Na extremidade noroeste do distrito, a mineralização a sulfeto é substituída por minerais de ganga, sendo a barita um dos componentes das extremidades estéreis.

Ao microscópio, a barita é incolor ou de cor parda amarelada, quando pigmentada por óxidos de ferro. Os cristais são tabulares, anhedrais ou euhedrais, muitas vezes geminados polissinteticamente. Suas dimensões podem atingir até 5 cm.

Em amostras das Zonas Oscarino e Feliciano, foram observadas formas tabulares, finamente dispersas, associadas a quartzo muito fino e idiomórfico, bem como fragmentos de rochas encaixantes extremamente catacladas. Inclusões de quartzo idiomórfico, individualizadas ou formando agregados ocorrem na barita. Leinz et al (1941) assinalam, também, inclusões de calcopirita em barita.

XII.9 Calcita (Ca CO_3)

A calcita é um dos minerais hipógenos que se formaram na fase final da mineralização. Ocorre preenchendo fraturas irregulares nas pa redes dos veios, como constituinte dos filões que cortam os sulfetos e gangas anteriores. Neste caso é quase sempre acompanhada por quartzo hidrotermal microcristalino.

Calcita supérgena pode também estar presente nas partes oxidadas dos veios, envolvendo fragmentos e brechas.

XII.10 Limonita

Com a designação de limonita ($\text{FeO HO. n H}_2\text{O}$) segundo Deer (1961, pág. 124), são aqui incluídos todos os óxidos de ferro hidratados su pérgeos com distribuição ampla principalmente nas partes superio res da Mina. Estes óxidos ocorrem mais frequentemente em minério oxidado, associados à cuprita, hematita, bornita, calcosita e pirita.

A identificação petrográfica das variedades de limonita é uma tarefa difícil, devido ao caráter cristalino pobre, razão pela qual, 10 amos tras de óxidos de ferro foram investigadas por métodos de raios X e microscópicos. Este estudo possibilitou diagnosticar em todas as amostras a presença de goethita (FeO. OH) e menos frequentemente a lepidocrocita (FeO. OH).

Macroscopicamente a limonita apresenta-se: formando pó avermelhado, com aspecto terroso, nas paredes das encaixantes; como massas pseudomorfas de sulfetos; e como películas acastanhadas sobre minério, gangas e fragmentos de rocha ou cimentando brechas e fragmentos de minério.

Em lâminas delgadas ocorre formando agregados amorfos, terrosos, irregulares, às vezes maciços e com coloração castanha suja.

As variedades cristalinas assinaladas, de cores castanha ou amarela, se associam à hematita, sobre a qual formam franjas. Podem, também, preencher espaços intergranulares, fraturas e capilares, nos próprios sulfetos, ou nas paredes das encaixantes.

XII . 11 Cuprita (Cu_2O)

A cuprita foi encontrada na Mina S. Luiz, nos blocos do nível 100, a mais ou menos 15 - 20 m da superfície, em bolsões de minério oxidado e, também, em minério da Galeria dos Belgas.

A cuprita ocorre associada à calcosita, hematita, cobre nativo, quartzo e limonita, sob duas formas bem distintas: quer formando agregados de cristais idiomórficos ou constituindo massas avermelhadas terrosas e pulverulentas.

Em agregados idiomórficos, o reconhecimento pode ser feito macroscopicamente. Os cristais possuem contornos octaédricos, cúbicos ou dodecaédricos e cor vermelha intensa, podendo apresentar fratura conchoidal. Suas dimensões atingem até 1 mm. Algumas vezes, a cuprita preenche "vugs" formados por cristais de quartzo idiomórficos. A forma terrosa é mais extensamente observada, estando intimamente associada à calcosita e hematita. A feição marcante desta associação, é a textura mirmequítica típica formada por calcosita e hematita, notando-se que, a cuprita terrosa e pulverulenta, muitas vezes, se instala nos espaços livres dessa rede formada por hematita e calcosita (Foto 29).

XII.12 Cobre Nativo (Cu)

A presença de cobre nativo foi inicialmente constatada por Leinz e Almeida (1941, pág. 40), num testemunho de sondagem de veio de quartzo, a aproximadamente 70 m de profundidade. No nível 100 da mina S. Luiz, as amostras dos blocos 101 e 102, situados entre 15 e 20 m da superfície, evidenciaram a ocorrência de Cu nativo em bolsões de minério oxidado. Este elemento nativo forma agregados na maior parte das vezes com calcosita e cristais idiomórficos de cuprita. Nas amostras observadas, a associação mais frequente se faz com quartzo hidrotermal, cuprita, calcosita e limonita, em amostras porosas e cavidades de minério oxidado (Foto 24).

Os cristais apresentam textura alotriomórfica e coloforme. As dimensões variam de 0,003 a 0,4 mm.

XII.13 Malaquita $\text{Cu}_2 (\text{OH})_2 \text{CO}_3$

Macroscopicamente, a malaquita pode ser identificada em minério das porções superiores da Mina, principalmente na zona de oxidação mas também em galerias dos níveis mais profundos, sujeitas à percolação de água, após sua abertura.

A malaquita forma película recobrindo os sulfetos e preenchendo fraturas já existentes, quer na rocha encaixante, como no próprio minério e sulfetos fraturados. Essas películas podem ter grande extensão, recobrindo paredes de galerias principalmente quando estas possuem mineralização disseminada. Muitas vezes a malaquita cimenta fragmentos das rochas encaixantes, de preferência nas zonas brechadas. Nos níveis superiores, em especial na Zona Intermediária, ela está intimamente associada à calcosita, formando uma rede emaranhada, pelo preenchimento de fraturas submilimétricas e capilares nos próprios sulfetos. Associa-se, também, à covelita, hematita, goethita e quartzo.

XII . 14 Crisocola $(\text{CuSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$

A crisocola também foi observada nas zonas superiores da mina, especialmente na Galeria dos Belgas e Filão Barnabé. Também foi identificada em amostras dos níveis mais profundos, provavelmente devido à infiltração de água, ao longo dos planos de falha. A crisocola ocorre nos veios, em zonas de minério disseminado em brechas e paredes de galerias. Via de regra, apresenta-se em películas finas, cobrindo partes consideráveis das paredes de galerias atingindo até 1 mm de espessura, ou então preenchendo fraturas submilimétricas.

A cor é azul celeste. O aspecto é maciço ou ocasionalmente fibroso.

XII . 15 Antlerita $\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$, Brochantita $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$

A antlerita e brochantita foram observadas em antigas galerias abandonadas. A ocorrência é mais frequente na Galeria dos Belgas, Filão Barnabé e mesmo em antigos trabalhos mineiros dos níveis 200, 300 e 400 das Minas S. Luiz e Uruguai. Nos níveis mais profundos também foram assinalados.

Estes minerais formam película ou capa esponjosa nos sulfetos, normalmente na zona de oxidação e em paredes mineralizadas. Estão sempre acompanhadas de malaquita e óxidos de ferro.

A antlerita e brochantita normalmente ocorrem em íntima associação. Macroscopicamente tem aspecto de um agregado pulverulento e terroso, de cor verde clara, que recobre os sulfetos oxidados. Ao microscópio, a massa é formada por micrólitos prismáticos, alongados e pleocróicos. A antlerita e brochantita foram identificadas por técnicas de raios X. Ao microscópio, as duas espécies foram confirmadas, embora as propriedades ópticas sejam de difícil observação, devido à finura e aspectos filiforme e massiforme dos cristais, mesmo quando observados com objetiva de aumento grande.

XII- 16 Covelita (CuS)

A covelita ocorre em pequenas quantidades, especialmente na zona de oxidação e de enriquecimento. Substitue ativamente a calcosita e bornita.

Frequentemente são observadas lamelas de covelita substituindo a calcosita ao longo dos planos de clivagem. (Foto 31).

Fotomicrografia - 10 - Mina São Luiz -
Nível-500. Pirita extremamente cataclada
substituída por calcosita ao longo
de planos cristalográficos. Nícois
descruzados. Aumento 448 vezes.

Fotomicrografia 11 - Mina São Luiz -
Bloco 640. Textura cataclástica em
cristais de pirita. Notam-se fragmen-
tos residuais da substituição de pi-
rita por bornita. Os minerais de gan-
ga aparecem em negro. Nícois descruza-
dos. Aumento 448 vezes.

Fotomicrografia 12 - Mina São Luiz - Ní
vel 600. Textura reticulada em pirita.
A bornita substitui pirita e cimenta as
fraturas. Nícois descruzados. Aumento
448 vezes.

Fotomicrografia 13 - Mina São Luiz -
Bordas de reação da calcosita substi-
tuindo bornita. Notar substituição
incipiente dos cristais de pirita. Ní
cois descruzados. Aumento 875 vezes.

Fotomicrografia 14 - Zona intermediária. Borda de reação formada por calcopirita, envolvendo e penetrando pirita. Notar também o preenchimento das fraturas por minerais de ganga. Nícois descruzados. Aumento 448 vezes.

Fotomicrografia 15 - Substituição da bornita por calcopirita II, a partir das bordas para o interior dos grãos. Notar também a influência das direções cristalográficas nessa substituição. Aumento 875 vezes.

Fotomicrografia 16 - Substituição de bornita por calcopirita II, no ta-se o controle dessa substituição pelas direções cristalográficas da bornita. Aumento 1.428 ve zes.

Fotomicrografia 17 - Substituição de bornita por calcopirita II, mo strando desenvolvimento incipiente de textura mirmequítica. Estas fei ções representam um estágio inicial da textura referida. Aumento de 441 vezes.

Fotomicrografia 18 - Mina Uruguai. Cris
tais ripiformes de hematita esparsos em
ganga quartzosa. Nícois descruzados. Au-
mento 427 vezes.

Fotomicrografia 19 - Cristais tabulares
de hematita especular, formando rede an
gular. Calcopirita e pirita mais antigas
sofreram substituição e corrosão. Nícois
descruzados. Aumento 427 vezes.

Fotomicrografia 20 - Textura fluidal formada por lamelas orientadas de hematita , que envolvem sulfetos depositados numa fase anterior. Notar a substituição de pirita. Nícois des cruzados: Aumento 847 vezes.

Fotomicrografia 21 - Arranjo concêntrico de lamelas de hematita especular, devido movimentação durante a sua deposição. Nícois descruzados. Aumento 896 vezes.

Fotomicrografia 22 - Cristais de hematita preenchendo espaços e englobando e substituindo fragmentos de rochas encaixantes. Nícois descruzados. Aumento 700 vezes.

Fotomicrografia 23 - Fragmento de rocha encaixante, ao centro, sendo substituído por hematita especular ao longo das bordas. Nícois descruzados. Aumento 700 vezes.

Fotomicrografia 24 - Massas irregulares de cobre nativo dispersas em calcosina. Os corpos negros irregulares dispersos em calcosita são de cuprita. Aumento: 427 vezes.

Fotomicrografia 25 - Mina Uruguai - Cristais tabulares de hematita especular e ganga quartzosa associada sendo substituídos por calcopirita II da segunda gegeração. Aumento: 427 vezes.

Fotomicrografia 26 - Calcopirita II, substituindo e englobando fragmento de minério, constituído por hematita I e bornita de fase anterior de mineralização. Nícois cruzados. Aumento 427 vezes.

Fotomicrografia 27 - Calcopirita II substituindo hematita e bornita anteriores. Nícois descruzados. Aumento de 427 vezes.

Fotomicrografia 28 - Calcosita sendo substituída por bornita, preferencialmente ao longo de fraturas. A calcopirita por sua vez é substituída por bornita. Aumento 875 vezes.

Fotomicrografia 29 - Mina Uruguai. Intercrescimento mirmequítico com plexo formado por calcosita, hematita e cuprita (manchas negras). Nícois descruzados. Aumento 644 vezes.

Fotomicrografia 30 - Intercrescimento mirmequítico complexo consistindo de remanescentes de calcosita, bornita e hematita. Nícois descruzados. Aumento de 427 vezes.

Fotomicrografia 31 - Zona intermediária. Lamelas de covelita substituindo calcosita segundo planos paralelos. Em negro, quartzo; Malaquita em cinzento. Seção po lida. Nícois descruzados. Aumento de 196 vezes.

XIII - PARAGENESE

A sequência paragenética mineral de Camaquã foi elaborada em função dos dados obtidos em 50 secções polidas e dezenas de secções delgadas. As associações minerais e as relações de campo observadas permitem inferir a existência de pelo menos 4 fases de mineralização, assinalando-se, contudo, que durante a deposição, movimentos recorrentes se processavam ao longo das zonas principais de ruptura. Esses eventos tectônicos foram os prováveis responsáveis pelas mudanças de composição das soluções mineralizantes.

Inicialmente, as soluções devem ter sido ricas em sílica, ferro e enxôfre, com intensa deposição dos minerais de um determinado período, diminuindo rapidamente de intensidade no final da fase inicial. Após esta fase, culminada por um período de fraturamento, as soluções, embora ainda com os componentes anteriores, se enriqueceram em cobre, resultando na deposição de calcopirita e bornita subordinada. Novas ativações tectônicas se sucederam, com a reabertura das fraturas mineralizadas.

Quase ao final da sequência de deposição, as soluções devem ter sofrido grandes alterações, ferro e magnésio atingindo concentrações suficientes para a deposição de hematita especular e clorita, além de quartzo em quantidades subordinadas. Encerrando a mineralização, ainda como resultado de pulsações periódicas, deu-se nova deposição de pirita e calcopirita em pequena concentração, acompanhadas dos minerais de ganga, quartzo, calcita e barita.

É provável que a sequência de deposição tenha tido caráter quase contínuo, embora alternada com eventos tectônicos. O esquema simplificado, é representado pela Tabela 11, propondo-se as seguintes fases de mineralização.

Fase Principal da Pirita

Fase marcada inicialmente por alteração hidrotermal das paredes, com formação de caolim e sericita, seguida por deposição de quartzo I e pirita I, o primeiro sulfeto a se depositar. Estas soluções tiveram também ação sobre as paredes e fragmentos das rochas encaixantes, brechados e dispersos ao longo dos palnos de fraturamento, ocorrendo também, substituição e deposição de quartzo I e pirita I. Em certos casos, a linha de demarcação entre veios e parede é bem definida, podendo haver, entretanto, transição gradual. A presença generalizada de pirita disseminada, em quantidades ponderáveis nas rochas encaixantes, mesmo a muitos metros dos veios, deve ser atribuída à ação de enxofre sobre o conteúdo de ferro das próprias rochas encaixantes. As relações texturais observadas demonstram que a pirita, após e durante sua deposição, foi submetida a esforços, conforme revela o fraturamento dos cristais em quase todas as amostras, o que deixa claro que o movimento nas fraturas estava ativo.

Fase Principal da Calcopirita

Após o primeiro período de fraturamento, sobreveio a deposição de calcopirita I que, juntamente com pirita I, constitui a maior parte do minério primário da Mina. As evidências texturais e a presença de bornita granular disseminada, particularmente nos níveis profundos (400 metros de profundidade), sugerem que neste estágio, houve também, a deposição de pequena quantidade de bornita hipógena. As observações ao microscópio demonstram que a bornita é posterior à calcopirita, entretanto, há possibilidades de contemporaneidade. A ganga acompanhante destes sulfetos é quartzo II de uma nova geração. A presença de fraturamento, não tão intenso quanto aquele que atingiu a pirita, é observável nos sulfetos, demonstrando um novo período de movimentação.

Fase da Hematita

Após as duas primeira fases de deposição, houve um intervalo de tempo marcado por movimentações locais, ao longo das fraturas preexistentes, com consequente fraturamento dos minerais já depositados e reaberturas das fraturas mineralizadas nos estádios I e II. Houve também nova fase mineralizante caracterizada por uma mineralogia diferente, particularmente bem desenvolvida na Zona Piritas da Mina Uruguai. Formou-se clorita nas paredes dos veios e filetes e também nas zonas extremamente brechadas da Zona Piritas, seguida por deposição de hematita especular, esta acompanhada por ganga quartzosa. A deposição de hematita se deu por preenchimento de fissuras e por fenômenos de substituição, não só dos sulfetos e gangas anteriores, como também das rochas encaixantes e fragmentos existentes nos locais de deposição.

Fase Final

Os estudos efetuados demonstram que o estado final ainda é caracterizado por uma recorrência de mineralização, em que as soluções mineralizantes voltam inicialmente, a ter as características das fases 1 e 2, produzindo zonamento em veios e porções da Mina Uruguai, particularmente na Zona Piritas. Este estágio parece ter iniciado com a deposição de pequena quantidade de pirita, seguida por calcopirita, que substitue pirita e bornita. A deposição da calcopirita é acompanhada por minerais de ganga, notadamente quartzo, calcita e barita, esta última encerrando a fase. Quartzo e calcita muitas vezes ocorrem juntos, em filetes milimétricos, nas porções centrais dos veios hematíticos.

TABELA 11
PARAGÊNESE MINERAL NA MINA DE CAMAQUÃ

Fases de Mineralização		1º Período de Fraturamento-2º Período de Fraturamento-3º Período de Fraturamento				Oxidação e Enriquecimento
Minerais Hipogêneos e de Alteração		1ª Fase	2ª Fase	3ª Fase	4ª Fase	
1 { QUARTZO I						SUPÉRGENO
1 { PIRITA I
2 { QUARTZO II
2 { CALCOPIRITA I
2 { BORNITA I
3 { HEMATITA I
3 { QUARTZO III
4 { PIRITA II
4 { CALCOPIRITA II
4 { QUARTZO IV
4 { CALCITA
4 { BARITA
BORNITA II
CALCOSITA
COVELITA
HEMATITA II
GOETHITA
LEPIDOCROCITA
CUPRITA
COBRE NATIVO
MALAQUITA
CRISOCOLA
BROCHANTITA
ANTLERITA						

XIV - ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL E ZONEAMENTO

Na Mina de Camaquã, as paredes de todas as rochas encaixantes dos filões acham-se extemamente alteradas. Os veios e filetes possuem uma zona lateral de alteração que pode variar de alguns centímetros a vários metros. Entretanto, devido à pequena distância entre esses veios, as faixas de alteração individuais se superpõem definindo uma região continua alterada, cuja largura pode atingir 75 a 100 metros, nas Minas S. Luiz e Uruguai.

As relações de campo e os estudos efetuados ao microscópio, indicam que existiu um período de alteração anterior à deposição dos sulfetos da primeira e segunda fase de mineralização, sendo caracterizado por intensa caolinização e sericitização das encaixantes. Os arenitos e conglomerados, que são as rochas encaixantes, possuem os grânulos de feldspato, rochas graníticas e rochas quartzo-feldspáticas, extremamente sericitizados e caolinizados. Os minerais ferromagnesianos e os poucos fragmentos de vulcanitos existentes nessas rochas estão parcialmente cloritizados.

Silicificação intensa parece ter acompanhado, logo em seguida, esse período inicial, o que se depreende pela deposição de quartzo nas paredes dos veios e silicificação intensa, especialmente de brechas e arenitos. Estes se tornaram extremamente duros e adquiriram caráter quartzítico. Esta silicificação foi seguida e acompanhada por deposição de sulfetos da primeira e segunda fases de mineralização.

As soluções inicialmente ricas em SiO_2 , Fe e S tiveram a sua composição química modificada durante as fases da mineralização. À assembléia de minerais de alteração, formadas no primeiro período, houve superposição, especificamente na Mina Uruguai, Zona Piritas, de uma alteração clorítica, rica em Fe e Mg, que foi subsequentemente acompanhada por mineralização de hematita especular. Este tipo de alteração, assume grande importância no distrito, em razão dos problemas ligados à gênese da mineralização.

A alteração clorítica tem sido objeto de estudos em vários distritos mineiros, citando-se os trabalhos de Price, 1953; Das Gupta et al, 1965; Nilson, 1968; e, Meyer, 1967), que admitem que a cloritização intensa é indicativa de adição de grande quantidade de Mg e Fe à zona alterada.

Os efeitos desta alteração nas rochas encaixantes são marcantes. Conglomerados e arenitos adquirem uma coloração verde intensa e no caso dos arenitos, junto às paredes dos veios, a matriz é, na quase totalidade, substituída por clorita, às vezes acompanhada por sericita.

Nas Minas S. Luiz e Uruguai foi observado zoneamento hipógeno, vertical e lateral. Na Mina S. Luiz, notou-se que a calcopirita e pirita aumentam em profundidade, sendo os sulfetos predominantes nos níveis 600 e 700.

Na Mina Uruguai, há ainda mistura de sulfetos hipógenos e supérgenos, sendo difícil estimar as proporções relativas. Entretanto, ligeiro zoneamento lateral foi observado nas porções SW e W dos níveis 400 e 500. Especialmente na Zona Piritas, ocorre mineralização hematítica, embora associada a pequena quantidade de calcopirita e pirita das fases de mineralização 1, 2 e 4 (Tab. 11).

XV - OXIDAÇÃO E ENRIQUECIMENTO SUPÉRGENO

As únicas descrições anteriores que fazem menção aos fenômenos de oxidação e enriquecimento supérgeno na Mina de Camaquã, são de autoria de Leinz et al (1941, pág. 41 e 42). Estes autores descreveram uma zona de oxidação com 5 a 8 metros de profundidade. Caracterizaram-na pelo aparecimento de ligeiras impregnações de malaquita e esporadicamente azurita, cuprita e cobre metálico.

Os mesmos autores também definiram uma zona de enriquecimento supérgeno que começa a cerca de 8 a 10 metros abaixo da superfície, contendo calcita, covelita, calcopirita e bornita. A sua extensão vai até pouco abaixo do nível 300 da Mina S. Luiz.

Foge ao objetivo deste trabalho o estudo em detalhe da estrutura e química da zona supérgena, pelo que limitamo-nos à descrição, em linhas gerais, dos principais aspectos relacionados à oxidação e enriquecimento supérgeno.

As observações ora efetuadas permitem deduzir que a profundidade de oxidação é extremamente variável, dependendo da topografia, estrutura e tipo de rocha. A oxidação é mais intensa e profunda nas zonas brechadas e falhadas existentes nos conglomerados. A topografia atual apresenta diferenças de cotas de até 100 metros ao longo do perfil longitudinal dos veios, em relação ao nível topográfico mais baixo da Mina. Este fato, associado às mudanças do nível freático local, contribui, provavelmente, para acentuar as irregularidades de profundidade de oxidação.

A corroborar este fato, deve-se assinalar a presença, na Galeria dos Belgas, de cuprita associada a veios de calcosita maciça, o que caracteriza uma penetração de oxidação, na zona de enriquecimento supérgeno.

A oxidação posterior à abertura da Mina é atualmente ativa até o nível 600 da Mina S. Luiz e 500 da Mina Uruguai tendo sido facilitada pela circulação de água e ar ao longo de realces e planos de fratura mento das rochas.

A mineralogia observada na zona oxidada é representada pelos seguintes minerais: malaquita, crisocola, covelita, cuprita, cobre nativo, hematita, óxidos de ferro hidratados, antlerita e brochantita. Limonita, particularmente goethita e lepidocrocita, juntamente com malaquita, são os minerais mais abundantes nessa zona, seguidos pelos outros minerais. Covelita aparece em pequena quantidade. Cuprita e cobre nativo foram observados ocorrendo como produtos da oxidação da calcosita. A antlerita e brochantita formam películas sobre os sulfetos e revestem galerias e realces. A presença destes minerais deve ser atribuída à fase pós-abertura da mina, não excluindo, também, a possibilidade de formação anterior.

As investigações ora efetuadas em todos os níveis das minas Uruguai e S. Luiz, demonstram que nesta última as quantidades relativas de calcosita e bornita decrescem em profundidade até aos níveis 500 e 600, atingindo uma porcentagem ínfima do nível 600. Observações mais detalhadas nos níveis 300 e 200 são dificultadas pelas lavras antigas. No nível 100 o enriquecimento é típico, predominando calcosita e bornita. A zona de minério misturado se estende desde o nível 100 até ao nível 500.

Na Mina Uruguai, os mapeamentos geológicos de detalhe efetuados entre os níveis 100 e 500 demonstraram a inexistência de concentrações importantes de calcosita, correlacionáveis ao enriquecimento supérgeno. Ao contrário da Mina S. Luiz, há uma predominância de bornita maciça e disseminada em todos os níveis. Particularmente no nível 500 da Mina Uruguai, vários filões são, na maior parte, constituídos por bornita maciça. Bornita e calcosita, disseminadas foram, também, descritas em furos de sondagem entre 350 a 400 metros de profundidade.

A caracterização segura do limite da zona de enriquecimento supérgeno é condicionada, portanto, pela dificuldade em discriminar quanto à natureza hipógena das calcositas e bornitas observadas em profundidade.

A mineralogia da zona de enriquecimento supérgeno observada nas minas Uruguai e S. Luiz é constituída predominantemente por: calcosita, coquelita, bornita e hematita. Minerais hipógenos, ocorrendo em pequena porcentagem são representados por calcopirita, bornita, pirita e hematita. A calcosita se associa à calcopirita, pirita, bornita. A bornita substitue pirita e calcopirita. A hematita, apesar de resultar da substituição da calcopirita por bornita é, mais comumente, um produto de substituição de bornita por calcosita.

XVI - ELEMENTOS MAIORES E MENORES

XVI.1 Generalidades

Análises químicas para S, Fe, Cu, Co, Ni, Ag, Pb, Cr, Zn e As, foram efetuadas em minerais de minério da Mina de Camaquã, no meadamente pirita, calcopirita e hematita. Foram também efetuadas dosagens desses elementos em concentrados de minério e rochas ígneas regionais, supostamente relacionadas à mineralização.

Excetuando S, Fe e Cu, todos os outros elementos foram determinados em hematita, concentrados de minério e rochas ígneas. Essas determinações tiveram como objetivo principal o conhecimento das suas concentrações e distribuição, bem como a obtenção de informações de natureza genética, úteis para o conhecimento da mineralização primária no distrito.

No presente estudo, somente as relações entre as concentrações de Co e Ni em sulfetos foram analisadas além da comparação entre os diversos elementos traço, contidos em concentrados e rochas ígneas regionais.

As relações entre Co e Ni em hematitas, assim como conclusões genéticas que por ventura pudessem ser obtidas a partir do estudo dos elementos traço restantes, deixaram de ser apreciadas para serem abordadas quando estiverem disponíveis resultados mais representativos.

Os gráficos de distribuição de Co e Ni foram elaborados segundo procedimento descrito por Cambell e Jarkovsky (1967). Nas análises efetuadas por micro-sonda eletrônica o limite de detecção de Co e Ni é de 100 ppm. Entretanto, para comparação com os resultados obtidos por métodos espectrográficos e absorção atômica, arbitrariamente, foi admitido que os valores 100 ppm são equivalentes a 50 ppm.

Os resultados das análises por micro-sonda acham-se reunidos na Tabela 12, enquanto os dados químicos obtidos por absorção atômica e espectrografia de raios X, estão enumerados nas Tabelas 13 a 17.

XVI. 2

Distribuição dos Elementos Traço

A distribuição e concentração de elementos traço nos principais sulfetos, em diversos tipos de depósitos, têm sido objeto de estudos de vários pesquisadores. Ultimamente, os resultados obtidos nessas investigações vêm sendo utilizados para estimar temperaturas de formação de minerais, identificar províncias metalogenéticas e, também, para discriminar ambientes de deposição mineral. Com respeito à concentração, distribuição e inferências genéticas, obtidas a partir de piritas e calcopiritas, várias publicações importantes são assinaladas, destacando-se os trabalhos de Gavelin e Gabrielson (1947), Fleischer (1955), Hawley e Nichol (1952, 1961), Loftus Hill et al (1967), Cambell e Jarkowsky (1967, 1968 e 1969).

No presente trabalho foram analisadas as relações entre Co e Ni, em piritas e calcopiritas, numa tentativa de obter dados significantes de importância para a gênese da mineralização primária. (Figs. 24 e 25).

Esses resultados foram comparados com os dados obtidos por outros autores, para verificar sua aplicabilidade ao Distrito Cuprífero de Camaquã. As determinações de elementos traço efetuadas em piritas e calcopiritas pertencentes às fases iniciais de mineralização, mostram que as conclusões obtidas com relação à distribuição e concentração dos elementos não diferem daquelas já esboçadas por Gavelin e Gabrielson (1947), Fleischer (1955) e Hawley e Nichol (1961).

Os conteúdos de Co e Ni nas piritas e calcopiritas foram caracterizados estatisticamente. Foram determinados: média aritmética, dispersão, desvio padrão e coeficiente de variação, cujos resultados estão contidos na Tabela 17.

Fig. 24

Fig. 25

TABELA 12

CONTEÚDO DE S, Fe, Cu, Co, Ni, E RAZÃO Co/Ni EM PIRITAS E CALCOPIRITAS DAS MINAS SÃO LUIZ E URUGUAI

				%			ppm		Co/Ni
MINA SÃO LUIZ				S	Fe	Cu	Co	Ni	
Nível - 600 - Amostra 69:	Py - a			53,1 %	46,6 %	-	100	100	99,7 %
	Py - b			-	-	-	200	100	-
	Cp - a			35,2 %	30,0 %	34,6 %	100	100	99,8 %
	Cp - b			-	-	-	100	100	-
Nível - 600 - Amostra 70:	Py - a			53,2 %	46,4 %	-	100	100	99,6 %
	Py - b			-	-	-	100	100	-
	Cp - a			34,9 %	30,2 %	34,3 %	100	100	99,4 %
	Cp - b			-	-	-	100	100	-
Nível - 600 - Amostra 72:	Py - a			53,2 %	46,7 %	-	100	100	99,9 %
	Py - b			-	-	-	1100	300	-
	Cp - a			34,8 %	30,5 %	34,3 %	100	100	99,6 %
	Cp - b			-	-	-	100	100	-
Nível - 400 - Amostra 83:	Py - a			53,2 %	46,8 %	-	100	100	100,0 %
	Py - b			-	-	-	2500	100	-
	Cp - a			34,6 %	30,6 %	34,6 %	100	100	99,8 %
	Cp - b			-	-	-	100	100	-
Nível - 100 - Amostra 88:	Py - a			53,5 %	46,3 %	-	400	400	99,8 %
	Py - b			-	-	-	1300	500	-
	Cp - a			35,0 %	30,1 %	34,5 %	100	100	99,6 %
	Cp - b			-	-	-	100	100	-
Subnível - 110 - Amostra 41:	Py - a			53,1 %	46,6 %	-	200	300	99,7 %
	Py - b			-	-	-	200	600	-
	Cp - a			35,0 %	30,5 %	34,7 %	100	100	100,2 %
	Cp - b			-	-	-	100	200	-
MINA URUGUAI									
Nível - 500 - Amostra 19:	Py - a			53,4 %	46,7 %	-	100	100	100,1 %
	Py - b			-	-	-	600	100	-
	Cp - a			34,6 %	29,8 %	35,1 %	100	100	99,5 %
	Cp - b			-	-	-	100	100	-
Nível - 500 - Amostra 16:	Py - a			52,9 %	47,2 %	-	100	100	100,1 %
	Py - b			-	-	-	100	100	-
	Cp - a			34,9 %	30,4 %	34,9 %	100	100	100,2 %
	Cp - b			-	-	-	100	100	-
Nível - 500 - Zonas Piratas	Py - a			53,2 %	46,0 %	-	100	100	99,2 %
	Py - b			-	-	-	100	100	-
	Cp - a			34,9 %	29,8 %	34,6 %	100	200	99,3 %
	Cp - b			-	-	-	100	100	-
Nível - 500 - Realce 503 - Am. 15:	Py - a			53,5 %	46,7 %	-	800	100	100,2 %
	Cp - a			34,8 %	30,2 %	34,6 %	200	100	99,6 %
	Cp - b			-	-	-	200	100	-
Amostra ED - 184	Py - a			53,4 %	46,3 %	-	200	100	99,7 %
	Py - b			-	-	-	2000	700	-
	Cp - a			34,9 %	30,4 %	34,9 %	100	100	100,2 %
	Cp - b			-	-	-	100	100	-

OBS:- Análises efetuadas com micro-sonda eletrônica

Py - a } Pirita - Cristais individualizados de uma mesma amostra
Py - b }
Cp - a } Calcopirita - Idem
Cp - b }

TABELA 13

CONTEÚDO DE Ag, Pb, Cr, As, Zn, Co, Ni, E RAZÃO Co/Ni DE PIRITAS E CALCOPIRITAS DAS MINAS SÃO LUIZ E URUGUAI

MINA SÃO LUIZ			ppm							Co/Ni
			Ag	Pb	Cr	As	Zn	Co	Ni	
PIRITA										
Nível 500 pés	Amostra 74	Py	10	15	15	70	25	175	63	2,7
Nível 400 "	Amostra 81	Py _a	20	25	30	130	50	240	106	2,2
		Py _b	20	10	30	140	40	285	95	3,0
Sub-nível 310 pés	Amostra 25	Py	< 10	10	30	80	40	250	80	3,1
Ed - 180		Py _a	55	25	30	45	30	370	38	9,0
		Py _b	30	10	30	45	15	520	25	20,0
Ed - 178		Py	20	20	20	30	30	335	23	14,0
São Luiz		Py	15	25	20	60	20	130	60	2,1
CALCOPIRITA										
Nível 600	Amostra 69	Cp	50	35	35	3	35	35	19	1,8
Nível 600	Amostra 70	Cp	10	10	35	5	100	40	22	1,8
Nível 600		Cp	20	10	35	10	20	35	18	1,9
Nível 400	Amostra 83	Cp	25	25	35	4	30	60	20	3,0
Nível 400	Amostra 84 _A	Cp	40	20	35	3	15	35	17	2,0
Nível 300	Amostra 86	Cp	15	15	35	7	20	45	13	3,4
Nível 100	Belgas	Cp	40	25	40	4	25	40	19	2,1
Ed - 180		Cp	30	20	35	8	15	50	24	2,0
Filão São Júlio		Cp	40	25	40	4	25	40	19	2,1
MINA URUGUAI										
CALCOPIRITA										
Nível 500	Amostra 17	Cp	15	15	35	7	25	35	21	1,6
Nível 500	Amostra 198	Cp	50	20	35	9	35	35	20	1,7
Nível 400	Amostra 216	Cp	30	40	35	2	10	35	20	1,7
Nível 400	Ed - 179	Cp	20	25	35	2	10	35	18	1,9
Nível 300	Amostra 25	Cp	30	15	35	7	40	35	21	1,6
Nível 300	Amostra 24	Cp	35	20	35	4	35	35	19	1,8
Cp - 1		Cp	20	25	35	2	< 10	40	18	2,2
Cp - 2		Cp	40	20	35	3	15	35	17	2,0
Cp - 4		Cp	40	25	40	4	25	47	19	2,4
Cp - 5		Cp	30	35	35	4	25	60	22	2,7
Cp - 6		Cp	35	20	35	4	35	35	19	1,8

OBS:- As análises de Ag, Pb, Cr, Zn e Ni foram efetuadas por fluorescência de raios X.

- As determinações de Co foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica.

- Py_a } Pirita - Cristais individualizados de uma mesma amostra
 - Py_b }

TABELA 14

Concentração de
Ag, Pb, Cr, As, Zn, Co e Ni
em hematita da Mina Uruguai

Mina Uruguai	ppm						
	Ag	Pb	Cr	As	Zn	Co	Ni
Hematita 1	20	10	50	3	65	95	13
Hematita 2	25	20	30	-	40	75	8
Hematita 3	-	-	-	-	-	-	-
Hematita 4	15	-	20	3	40	95	15
Hematita 5	30	8	50	4	20	75	11

TABELA 15

Conteúdo de
Pb; Zn, Cu, Ni, Co e Cr em
Andesitos e Granitos da Região
Caçapava - Lavras

Amostra	Rocha	ppm					
		Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Cr
Am-160	Andesito Rodeio Velho	25	145	100	65	35	35
Am-161	Andesito Rodeio Velho	35	165	50	60	45	35
Seival- 1	Andesito Hilário	25	165	75	30	40	50
Seival- 2	Andesito Hilário	30	125	25	30	25	30
GA-3-RS	Granito Caçapava	45	25	35	75	5	70
GA-3-RS	Granito Caçapava	40	40	40	65	5	70

TABELA 16

Conteúdos de
Ag, Pb, Cr, As, Zn, Co, Ni e Cu em
Concentrados da Mina de Camaquã

Ano	Trimestre	Tonelagem de Concentrado (t)	Amostra	ppm							% Cu
				Ag	Pb	Cr	As	Zn	Co	Ni	
1971	1º Trim.	88.716	Concentrado 1	170	30	30	30	65	80	30	32,9
	2º Trim.	114.004	Concentrado 2	120	40	35	30	15	95	30	32,0
	3º Trim.	138.807	Concentrado 3	130	40	35	30	10	85	30	33,67
	4º Trim.	138.555	Concentrado 4	110	35	35	30	50	85	30	35,93
		480.000	Concentrado 5	140	30	35	30	25	140	30	30,41

OBS: As análises foram efetuadas em amostras médias compostas. O concentrado nº 5 é a amostra representativa dos quatro trimestres.

TABELA 17

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Mineral	Elemento	Nº de Elementos	Média Aritmética em ppm (X)	Dispersão (S ²)	Desvio Padrão (S)	Coefficiente de Variação (V x %)	Coefficiente de Correlação
Pirita	Co	27	457	356.567	597	130	0
	Ni	27	143	33.185	182	127	0,389
Calcopirita	Co	38	65	1.633	40	62	0,182
	Ni	38	48	2.006	45	92	

Pirita

- Cobalto - Nas piritas da Mina de Camaquã, o Co está preferencialmente concentrado, pela ordem, em pirita e calcopirita. Os teores estão entre 25 e 100 ppm e indicam não existir nenhuma variação sistemática em profundidade, observando-se contudo, que as concentrações são extremamente irregulares, mesmo numa mesma amostra, veio ou nível. O valor médio é de 457 ppm.
- Níquel - O conteúdo de Ni é de 200 a 13 ppm. A exemplo do Co, nota-se que sua distribuição também é irregular, não havendo variação sistemática em profundidade. A média aritmética é 143 ppm.
- Prata - Os teores de prata variam entre 55 e 10 ppm. O número de análises não é suficiente para deduzir o comportamento tridimensional.
- Cromio - As amostras possuem conteúdos entre 30 e 15 ppm de Cr.
- Chumbo - As concentrações de Pb são baixas, entre os limites de 25 e 10 ppm, sendo o valor médio de 17 ppm.
- Zinco - Os valores de Zn oscilam entre 50 e 15, com média de 31 ppm.
- Arsenio - Os conteúdos de arsenio estão entre 140 a 39 ppm, sendo o valor médio 75 ppm.

Calcopirita

- Cobalto - As concentrações de Co na calcopirita variam de 100 a 35 ppm, conteúdo mais baixo do que nas piritas, sendo o valor médio 55 ppm. A exemplo da pirita, não se notou distribuição regular de Co em profundidade.
- Níquel - Os valores de Ni são baixos e variam entre 200 e 13 ppm, sem variação sistemática tridimensional. A média aritmética é 48 ppm.
- Prata - A Ag ocorre em porcentagem baixa, de 50 a 13 ppm, não apresentando variação sistemática. As concentrações de Ag, tanto na pirita quanto na calcopirita, se mostram sensivelmente iguais.
- Cromio - Os valores de Cr variam entre 50 e 30 ppm.
- Chumbo - O Pb apresenta baixa concentração, entre os limites de 40 e 10 ppm com valor médio de 23 ppm. Notou-se um pequeno enriquecimento na calcopirita, em relação à pirita.
- Zinco - O Zn ocorre em proporção de 100 e 10 ppm, sendo a média 28 ppm. Sua distribuição é irregular, não se notando diferenças marcantes entre pirita e calcopirita.
- Arsenio - O As é mais abundante na pirita do que calcopirita, mas os teores observados ainda são extremamente baixos, entre 10 e 3 ppm, com valor médio de 5 ppm.

XVI.3

Conclusões

Em face dos resultados obtidos deduz-se que Co, Ni e As são elementos concentrados preferencialmente na pirita, seus valores médios mais elevados do que na calcopirita, coincidem com as observações efetuadas por Gavelin e Gabrielson (1947), Fleischer (1955), e Hawley e Nichol (1961). As concentrações de Co e Ni, especialmente em pirita, são extremamente irregulares, conforme mostram os valores de dispersão, obtidos pela análise estatística.

Não há nenhuma distribuição sistemática desses 3 elementos em profundidade, nem correlação entre Co e Ni, conforme se depreende dos baixos coeficientes de correlação.

A irregularidade das concentrações de Co e Ni configura o caráter hidrotermal plutógeno das piritas da Mina de Camaquã, o que está de acordo com as observações efetuadas por Cambell e Jarkowsky (1967, 1968, 1969).

A partir de centenas de análises químicas para Co e Ni, efetuadas em piritas e pirrotitas procedentes de ambientes metalogenéticos os mais diversos, esses autores demonstraram que piritas de origem hidrotermal plutógena, possuem conteúdos de Co e Ni irregulares e elevados. Este comportamento caracteriza uma área metalogenética, mas também depósitos ou veios isolados.

Loftus Hill et al (1967), fizeram um levantamento dos resultados obtidos por vários investigadores, concernentes ao uso da razão Co: Ni na solução de problemas metalogenéticos, incorporando ainda conclusões de pesquisa própria. Concluíram que essa razão é, potencialmente, um discriminador útil entre ambientes de deposição mineral sedimentar e magmático hidrotermal, possibilitando a classificação das piritas em vários grupos genéticos:

- a) formadas em ambientes sedimentares,
- b) de origem vulcânica,
- c) de origem vulcânica, associadas com minerais de Pb e Zn,
- d) associadas a intrusões graníticas, ao lado de cassiterita e galenas argentíferas.

Excetuando 3 amostras, cujas determinações de Co e Ni foram efetuadas com micro-sonda eletrônica, todas as piritas e calcopiritas ora analisadas, demonstraram possuir razões Co: Ni ≥ 1 .

As amostras com razão igual à unidade, normalmente correspondem a conteúdos de Co e Ni abaixo do limite de precisão da micro-sonda (100 ppm) motivo pelo qual esses cocientes não têm significado real.

A partir dos resultados obtidos por todos os autores acima citados, e considerando válida a correlação com os depósitos de sulfetos por eles estudados, poder-se-ia inferir que as piritas primárias do Distrito Cuprífero de Camaquã, provavelmente, estão vinculadas a um processo magmático regional.

XVII - ORIGEM DA MINERALIZAÇÃO PRIMÁRIA

Vários investigadores já emitiram opiniões quanto à possível gênese das mineralizações de cobre no Polígono Cuprífero Riograndense, especificamente na região de Caçapava-Lavras. As interpretações, no entanto, são controvertidas entre si, conforme se verifica nas diversas sequências estratigráficas propostas (Tab. 3), não havendo, até agora, observações conclusivas quanto à relação entre a mineralização e determinada fase magmática.

As opiniões de Leinz e Barbosa (1941) e Leinz e Almeida (1941) podem ser sumarizadas da seguinte maneira:

- a) as soluções mineralizadoras provêm da atividade magmática andesítica e as jazidas se formaram na fase final da consolidação do mesmo magma;
- b) a mineralização se efetuou através de zonas de fraqueza nas rochas, resultantes das perturbações tectônicas motivadas pelo vulcanismo andesítico;
- c) essa atividade é considerada posterior à deposição da série Camaquã.

Melcher e Mau (1959, pág. 49) apresentaram uma revisão da estratigrafia da região e, como decorrência, propuseram uma nova interpretação genética da mineralização. A principal atividade ígnea foi considerada anterior à Série Camaquã (Tab. 3) e, conseqüentemente, os depósitos nela encaixados não poderiam derivar-se diretamente dos andesitos. Segundo suas conclusões houve:

- 1) duas fases distintas de mineralização, uma relacionada e outra posterior à intrusão dos granitos (Caçapava, Lavras e Ramada);
- 2) uma só fase de mineralização derivada do magma granítico, com diferenciação muito tardia das soluções hidrotermais, após resfriamento e erosão da parte superior dos "stocks" que forneceram material para a Série Camaquã;

3) origem singenética dos depósitos.

Goni (1961) estudou as jazidas metalíferas nas áreas de Volta Grande e Vista Alegre (não representadas no mapa regional). Considerou o granito Lavras responsável pelas mineralizações de Cu, Au, Pb, Fe e Ag nos andesitos, nas rochas da Série Camaquã e no próprio Granito Lavras.

Ribeiro et al (1966 págs. 153, 173 e 174), após trabalhos de campo detalhados, elaboraram nova coluna geológica regional (Tab. 3), discutindo, também, a origem da mineralização no Polígono. Esses autores concluíram que:

- 1) as rochas andesíticas foram responsáveis pela mineralização de cobre na área, intimamente relacionada aos movimentos ao longo das zonas de falhas mais antigas;
- 2) todos os andesitos relacionados com a mineralização cuprífera pertencem à Formação Crespos (Tab. 3);
- 3) as mineralizações existentes em riólitos, mais jovens que a Formação Crespos, podem estar vinculadas à soluções tardias de origem vulcânica, que concentraram cobre de rochas andesíticas já consolidadas.

Em face do mapeamento geológico de detalhe, à escala 1:50.000, efetuado na Folha de Bom Jardim, Ribeiro (1968) modificou alguns dos conceitos emitidos anteriormente. Concluiu que a origem imediata do cobre, para as ocorrências da Folha de Bom Jardim, pode ter sido de diversas fontes, tendo havido recorrência de mineralização para sua remobilização. Agrupou as ocorrências nos tipos mesotermal e teletermal, sendo o uso do último termo desvinculado do significado usual da literatura. Quanto à origem das ocorrências do tipo teletermal, o autor admitiu que eventos tectônicos poderiam ter ativado águas circulantes ou das próprias rochas encaixantes, de modo que, a temperaturas favoráveis, elas pudessem dissolver compostos metálicos presentes nas

rochas ígneas, sedimentares ou metamórficas. Para corroborar essa hipótese, o autor determinou concentrações de Cu nas rochas associadas a esse tipo de mineralização, na área da Folha de Bom Jardim. Concluiu, então, que os conteúdos de Cu nessas rochas seriam suficientes para produzir as concentrações observadas nas ocorrências.

De um modo geral observa-se que os pesquisadores do Polígono Cu-prífero Riograndense, na sua quase totalidade, se preocuparam em elaborar um esquema geral, que explicasse a origem da mineralização em toda a área. Em alguns casos, Goñi (1961) e Ribeiro (1968), as interpretações se referem a um único distrito ou área restrita.

Estudos mais recentes, no entanto, demonstram que as assembleias minerais, nas principais jazidas e ocorrências do Polígono, podem ser discordantes entre si sugerindo existência de subzonas, na mesma província metalogenética. Desta maneira, a origem dos minerais em cada subzona deveria ser analisada independentemente, à luz de relações de campo, mineralogia e, além de tudo, do comportamento geoquímico dos principais elementos.

Tendo em vista que os estudos aqui apresentados se referem exclusivamente ao Distrito Cuprífero de Camaquã, não serão efetuadas considerações genéticas regionais. Além disso, os dados geoquímicos disponíveis, aliados às observações de caráter mineralógico e tectônico permitem apenas conclusões provisórias quanto à mineralização primária no distrito.

A evolução magmática e tectônica do núcleo de Caçapava - Lavras, esboçada por Ribeiro e Carraro (1972) permite depreender que a região foi afetada por uma fase magmática granítica no Pré-Cambriano Superior, representada pelos "stocks" graníticos de Caçapava, Lavras, e outros corpos menores. Além desta fase ígnea granítica, houve atividade vulcânica, também de idade pré-cambriana, e duas outras posteriores, referidas ao Paleozóico Inferior. As evidências de campo, segundo esses autores (1972), indicam também que os granitos Caçapava e Lavras são intrusivos nos sedimentos do Grupo Bom Jardim.

Pelas datações de Minioli (1972), conclue-se que os granitos e o vulcanismo andesítico são mais antigos do que 590 m. a., não havendo indicações sobre suas idades absolutas. A evolução magmática local, no entanto, deixa crer que tanto as intrusivas graníticas quanto as rochas vulcânicas pertencem a um mesmo ciclo magmático, sendo prováveis produtos diferenciados de um mesmo magma. Acredita-se que a mineralização no Distrito de Camaquã esteja relacionada a este ciclo e estreitamente vinculada a um magmatismo de natureza intermediária.

A mobilização e movimentação, em profundidade, das soluções mineralizantes, seria possível graças à integração da atividade ígnea e das fraturas profundas, que atingem o embasamento cristalino subjacente. Estas fraturas constituiriam os canais primários das soluções hidrotermais, sendo representadas, na área da Mina, pelos grandes falhamentos de direção NE e suas falhas normais NW, subsidiárias e portadoras de minério, todos formados ao final da deposição do Grupo Bom Jardim.

Os dados geoquímicos sobre a distribuição dos elementos traço, permitem optar, pelo menos em caráter preliminar, por uma origem hidrotermal plutógena para as piritas da Mina de Camaquã. As razões Co: Ni, assim como a ausência de minerais de Pb e Zn no minério, levam à conclusão de que existe uma associação genética muito íntima entre o magmatismo de caráter intermediário e a deposição do minério.

A distribuição de Cu, Co, Zn e Pb em concentrados de minério e rochas ígneas intermediárias regionais foram estudadas em diagramas triangulares, segundo Kilburn (1960). A similaridade de razões e a tendência desses elementos também sugerem uma vinculação do minério às rochas intermediárias.

Grande parte do Fe necessário à formação do minério pode ser originário das próprias rochas sedimentares encaixantes, atravessadas pelas soluções. No Arenito Superior, os óxidos de ferro chegam a atingir proporções de 4 a 8 % do volume da rocha.

A mineralização hematítica e a alteração clorítica associada, observadas na Mina Uruguai, indicam a presença de soluções ricas em Fe e Mg. Parece lógico afirmar que o Fe tenha sido mobilizado pelas soluções hidrotermais da terceira fase de mineralização. A quantidade de Mg necessária à formação das cloritas tem origem duvidosa, pois tanto poderia estar relacionada às encaixantes, como a alguma rocha de caráter mais fêmico, embora estas não ocorram em superfície.

Os estudos geoquímicos efetuados não permitem solução definitiva para a disputa sobre a origem da mineralização, seja ela hidrotermal, a partir de rochas ígneas, ou por remobilização de elementos metálicos singenéticos, por manifestações vulcânicas e magmáticas que afetaram a região de Caçapava - Lavras. Entretanto algumas considerações devem ser feitas.

Em razão do próprio tipo de depósito, parece razoável admitir uma origem magmatógena, embora não seja possível indicar o mais provável tipo de rocha ígnea que teria dado origem às soluções hidrotermais. Também o comportamento geoquímico de alguns elementos fornece algumas indicações nesse sentido.

As irregularidades na distribuição de Co e Ni em piritas, indica que a mineralização é hipógena, provavelmente originada de uma rocha magmática de composição intermediária.

Sendo hipógena, é óbvio que nenhum dos derrames andesíticos, no nível atual de erosão, pode ser responsabilizado diretamente pela formação das soluções hidrotermais. Entretanto, não pode ser excluída a hipótese da existência de magma intermediário, consolidado em profundidade, em cujo estágio final de solidificação teriam se formado as soluções hidrotermais.

Aparentemente, as observações derivadas da razão Co: Ni, ou da irregularidade de Co: Ni em piritas, não são por si sós, argumentos suficientes para diagnosticar o ambiente de deposição do minério primário. As possibilidades de contaminação dos fluídos em seu trajeto para a superfície, devido à dissolução e substituição operadas nas paredes das rochas percoladas, devem ser levadas em consideração, como apontaram Hawley e Nichol (1961). Entretanto, é possível que os dados geoquímicos possam ser aplicados e complementados com determinações de outros parâmetros, de maneira a permitir um quadro interpretativo mais completo.

XVIII - CONCLUSÕES

1. A produção total do Distrito Cuprífero de Camaquã, até à presente data, pode ser avaliada em cêrca de 25.000 toneladas de Cu. Esta produção proveio na maior parte, das minas S. Luiz e Uruguai.
2. A reserva de minério inferido e previsto até aos níveis 1.200 pés das minas S. Luiz e Uruguai é de cêrca de 17 milhões de toneladas. Os teores em Cu variam entre 1,0 e 1,5 %.
3. A área da Mina Camaquã foi submetida a um esforço de compressão local. O esforço de gravidade (σ_1) foi vertical. A componente horizontal (σ_3) possui direção NE/SW. A componente compressional (σ_2) tem direção NW/SE.
4. Há predominância de 2 classes de falhas normais escalonadas, transversais ou oblíquas às direções da camadas locais:

		N 50 W - 70 SW
Classe 1	<	N 60 W - 60 NE
		89 NE
Classe 2	{	N 68 W - 51 NE
		N 20 W - 81 NE

Estas falhas são resultantes de esforços de segunda ordem com direção predominante NW/SE e sentido SE/NW.

5. As falhas principais de direção NW são acompanhadas por brechas e juntas penadas oblíquas ou subverticais que resultaram de esforços de segunda ordem.

6. Todos os filões da Mina de Camaquã seguem as falhas normais NW do Sistema Irapuá. Boa parte, também, da mineralização primária está contida em juntas penadas e brechas associadas às falhas principais.
7. Os filões de minério mais possantes estão localizados nas minas S. Luiz e Uruguai. Ocupam as fraturas NW. Os mergulhos dos veios são para quadrantes opostos, sendo NE na Mina S. Luiz e SW na Mina Uruguai.
8. Os depósitos filonares se localizam em arenitos e conglomerados dos Membros Mangueirão e Vargas.

As concentrações de minério, de grande porte, se localizam no Conglomerado Vargas. A mineralização sulfetada nos arenitos é escassa em relação aos conglomerados onde é abundante.
9. Os filões destas duas minas, quando agrupados, definem dois grandes corpos de minério que possuem caimentos para quadrantes opostos, NE na Mina S. Luiz e SW na Mina Uruguai.
10. Os tipos de controles de mineralização no distrito são: estruturais, estratigráficos e litológicos.
11. Os controles estruturais mais importantes são: intersecções de fraturas, estruturas penadas, falhas menores associadas a falhas maiores, caracteres físicos das rochas encaixantes, irregularidades dos planos de falhas, movimento intra-minério e zonas de brechas.

12. As grandes concentrações de minério em arenito, observadas nos contatos Arenito Inferior - Conglomerado Inferior, devem ser relacionados a deflexões das falhas principais ao atravessarem rochas com características físico-mecânicas dissimilares, provocando fraturamento e brechamento intenso.
13. Os processos supérgenos foram responsáveis pela acumulação de minério oxidado e enriquecido à superfície e na zona de enriquecimento.
14. A sequência paragenética estabelecida caracteriza a existência de quatro fases de mineralização no distrito : fase principal da pirita, fase principal da calcopirita, fase da hematita e fase final.
15. Foram caracterizados três períodos de alteração hidrotermal na seguinte ordem; caolinização e sericitização; silicificação associada a mineralização sulfetada e cloritização acompanhada de mineralização hematítica.
16. Co e Ni são os elementos que preferencialmente se concentram na pirita e calcopirita.
17. As concentrações de Co e Ni são irregulares em pirita e calcopirita e não há nenhuma distribuição sistemática desses elementos, em profundidade.
18. As razões Co/Ni em piritas e calcopiritas são > 1 .
19. As irregularidades de distribuição de Co e Ni em piritas indicam que a mineralização primária é hidrotermal plutógena.

20. As razões $\text{Co/Ni} > 1$ e a ausência de minerais de Pb e Zn no minério, indicam uma vinculação da mineralização a rocha magmática de composição intermediária.
21. Não se exclui a possibilidade de formação de soluções mineralizantes no estágio final de consolidação de magma intermediário em profundidade.
22. Os estudos efetuados e os dados disponíveis não permitem solucionar em definitivo o problema da origem da mineralização. Parece razoável admitir uma origem profunda a partir de rocha magmática de composição intermediária.

XIX - AGRADECIMENTOS

Os melhores agradecimentos são endereçados às seguintes entidades: Companhia Brasileira do Cobre, na pessoa do Sr. F. Pignatari, sem cuja valiosa ajuda não seria possível a execução deste trabalho; Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, que concedeu bolsa de doutoramento ao autor; Outokumpu Mining Company, por intermédio do Dr. T. Häkli, pelas análises químicas efetuadas por micro-sonda eletrônica; Departamento de Minas da Escola Politécnica da USP, pelas facilidades de utilização de equipamentos do Laboratório de Concentração de Minerais.

Ao Prof. Dr. Geraldo C. Melcher, orientador dos trabalhos, o reconhecimento do autor pelo apoio e incentivo que sempre lhe dispensou. Agradecimentos especiais são devidos aos colegas: U. G. Cordani, K. Kawashita e R. Torquato pelas determinações isotópicas; R. Hypólito e M. Borenholc pela execução de análises químicas; Dr. E. F. Gravonski e Eng. L. Cornuth, da Mina de Camaquã pela enorme ajuda dispensada.

É dever também registrar a valiosa colaboração dos colegas: Dr. Y. Hasui e geólogo G. R. Sadowsky pela ajuda e sugestões concernentes à Geologia Estrutural; Dr. R. Ellert pelo auxílio e discussões referentes a microscopia de minérios; Dr. H. Born pela revisão do texto; Sr. L. Ojima pelas determinações de Raios X; Dr. M. A. Farias de Oliveira pelas determinações ópticas e Geólogo O. Mayeama pela ajuda de-sinteressada. Aos colegas do Departamento de Mineralogia e Petrologia, meus agradecimentos pela cooperação na fase final do trabalho. À Srta. Vanir de Almeida agradecemos o trabalho de datilografia.

XX - BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, F.F. - 1966 - Origem e evolução da plataforma Brasileira. Sedimento, 2: 46 - 89 - Idem 1967 - Div. Geol. Miner. D.N.P.M.Bol. 241 : 36 p.

ANDERSON, E.M. - 1951 - The dynamics of gaulting and dyke formation with applications to Britain. Oliver and Boyd Pub., Edinburgh and London.

AMARAL, G., CORDANI, U.G., KAWASHITA, K., REYNOLDS, J.H. 1966 - Potassium - argon dates of basaltic rocks from Southern Brazil. Geochim. et Cosmochim. Acta, 30, pp 159 a 189.

BETTENCOURT, J.S. e DAMASCENO, E.C. - 1969 - Mapeamento Geológico dos Níveis 400 e 500 das Minas Uruguai e S. Luiz - Distrito Cuprífero de Camaquã. R.G.S. - (Arquivos da C.B.C.).

BETTENCOURT, J.S. e CORNUTH, L. - 1971 - Reservas da Mina de Camaquã. Arquivos da C.B.C., São Paulo.

CAMBELL, B. e JARKOVSKY, J. - 1967 - Geochemie der Pyrite einiger Lagerstalten der Tschechoslowakei. VSAV, Bratislava.

CAMBELL, B. e JARKOVSKY, J. - 1968 - Geochemistry of Nickel and Cobalt in Pyrrhotines of different genetic types - XXIII International Geological Congress - vol. 6 - pg 169 - 183.
- 1969 - Geochemistry of Pyrrhotite of various genetic types. Komensky University Bratislava - Czechoslovakia.

CARVALHO, P.F., de - 1932 - Reconhecimento Geológico no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Serv. Geol. Mineralógico, Bol. nº 66, Rio de Janeiro.

CHAYES, F. - 1949 - A simple point - counter for thin - section analyses - Amer. Mineral., 134, p. 1 .

COMISSÃO MISTA DOS METAIS NÃO FERROSOS - 1959 - Mapa Geológico da Mina do Camaquã (Arquivos da C.B.C.).

COSTA Fº, J.H. - 1944 - Prospeção da Mina de Cobre do Camaquã no R.G.S. - Div. Fom. Prod. Min. - Bol. nº 59, p. 11 - 85 - Rio de Janeiro.

S.P. DAS GUPTA, P.R. SEN GUPTA and M.V.N. MURTHY

"Nature and significance of wall rock alterations in some hydrothermal ore - deposits of India" Economic Geology, vol. 60, 1965, pg. 1702/1708 .

ELLERT, N. - 1971 - Aplicação do método elétro-magnético indutivo na prospecção de minério de cobre. Tese de livre-docência U.S.P.

FLEISCHER, M., - 1955 - Minor elements in some sulfide minerals. Econ. Geol., 50 th, Ann. Vol., 970 - 1024 .

GAVELIN, S. e GABRIELSON, O., - 1947 - Spectrochemical investigations of sulfide minerals from the ores of the Skellefte district. Sveriges Geol. Unders. C- 491 .

GAVRONSKI, E.F. - 1965 - Prospeção e Programas de Pesquisa de Cobre no R.G.S. - 1a. Semana de Debates Geológicos do Centro Acadêmico dos Estudantes de Geologia da UFRGS - SEDEGEO - p 72-86.

- GAVRONSKI, E.F. - 1971 - Elementos informativos sôbre a provincia metalífera no Rio Grande do Sul, em particular no que diz respeito a cobre (inédito) .
- GONI, J.C., GOSO, H., ISSLER, R.S. - 1962 - Estratigrafia e Geologia Econômica do Pré-Cambriano e Eo - Paleozóico Uruguaio e Sul Riograndense - Esc. Geol. Univ. R.G.S., avulso nº 3, Porto Alegre.
- GRAHAM, R.A.F. - 1968 - Effects of diabase dike intrusion on sulfide minerals at Manitouwadge, Ontário. Canadian Journal of Earth Sciences, vol. 5, nº 3, pg. 545.
- HAWLEY, J.E. - 1952 - Spectrographic studies of pyrite in some Eastern Canadian goldmines. Econ. Geol. 47, 260 - 304.
- HAWLEY, J.E. e NICHOL, I. - 1961 - Trace elements in pyrite, pyrrhotite and chalcopirite of different ores. Econ. Geol. 56, 467 - 487.
- KILBURN, L.C. - 1960 - Nickel, cobalt, copper, zinc, lead and sulfur contents of some north american base-metal sulfide ores. Econ. Geol. vol. 55, 1960, pp. 115 - 137.
- LEINZ, V. e ALMEIDA, S.C. - 1941 - Gênese da Jazida de Cobre "Camaquã" - Secr. Ind. Com. R.G.S. - DPM-RGS- Bol. nº 8 - Porto Alegre.
- LEINZ, V., BARBOSA, A.F. e TEIXEIRA, E.A. - 1941 - Mapa Geológico Caçapava-Lavras - DPM - Bol. nº 90 - Porto Alegre.
- LEONARDOS, O.H. - 1944 - Cobre no Estado do RGS - Div. Fom. Prod. Min. - Bol. nº 59, parte IV, p 99 - 117 - Rio de Janeiro.

- LOFTUS HILLS, G., e SOLOMON, M. - 1967 - Cobalt, nickel and selenium sulfides as indicators of ore genesis. Mineralium deposita 2, 226 - 242.
- LOVERING, T.S. - 1942 - The Mineral Belt of the Colorado Front Range. "Ore Deposits as Related to Structural Features" Edição N.H. Newhose. Princeton, New Jersey. pag. 79 - 92.
- LOVERING, T.S. e GODDARD, E.N. - 1950 - Geology and Ore Deposits of the Front Range Colorado. U.S. Geol. Survey Prof. Paper, 223 .
- MARTINELLI, J.A. e NOGUEIRA Fº J.V. - 1959 - Prospecção Geoquímica de Cobre no RS - Bol. Soc. Bras. de Geol. - v. 8, nº 1, São Paulo.
- MARTINS, A. J. e BETTENCOURT, J.S. - 1970 - Mapas Geológicos das Zonas, Intermediária, Oscarino e Feliciano - Mina Camaquã. (Arquivos da C.B.C.)
- MELCHER, G.C. - 1957 - Prospecção Geoquímica em Seival e Camaquã - RS - Rel. Anual do DNPM - Rio de Janeiro.
- MELCHER, G.C. - 1959 - Estado do RGS - Cobre - Div. Geol. Mineralogia - Relatório Anual 1958, p 136-40 - Rio de Janeiro.
- MELCHER, G.C., MAU, H. JOHNSON, ROBERTSON, J.F. - 1959 - Mapa geológico da Mina de Camaquã. Escala 1:1.000 - Arquivos da C.B.C. - São Paulo .
- MELCHER, G.C. e MAU, H - 1960 - Novas Observações Geológicas na Região de Caçapava do Sul - R. G. S. - Acad. Bras. de Ciências - Vol. 32 nº 1 - Rio de Janeiro.

- MELCHER, G.C. - 1962 - Distrito Cuprífero de Camaquã e Seival - Div. Fom. Prod. Min. - Rel. Diretoria 1958, 59, 60 - Bol. 113, p 69 - 72 - RJ (Trabalhos de Grupo Brasileiro-Americano).
- MELFI, A.J. e ARRUDA, M.R. - 1964 - Mapeamento Geológico em Superfície das Minas do Camaquã - RS-DFPM - Inédito Porto Alegre.
- MEYER, C. e HEMLEY, J.J. - 1967 - Wall rock alteration. Em "Geochemistry of hydrothermal Ore deposits " 196 Edited by Hubert Lloyd Barnes.
- MINIOLI, B. e KAWASHITA, K - 1971 - Contribuição à Estratigrafia do Eo-Paleozóico do "Escudo Riograndense". Anais do XXV Congresso da S. B. G. - vol. 1 .
- MOOKHERJEE, A e SUFFEL, G.G. - 1968 - Massive sulfide - late diabase relationships, Horne mine, Quebec: Genetic and chronological implications - Canadian Journal of Earth Sciences, vol. 5, nº 3, pag. 421 .
- NEWHOUSE, W.H - 1942 - Ore Deposits as Related to Structural Fractures - Ed. W.H. Newhouse - Princeton, New Jersey pag. 24 .
- NILSSON C.A. - 1968 - Wall rock alteration at the Boliden Deposit, Sweden. - Econ. Geol., vol. 63, 1968, pp 472 - 494 .
- OLIVEIRA, A.I. de - 1944 - Histórico da Mineração de Cobre no RGS - Div. Fom. Prod. Min. - Bol. nº 59, parte I, p 1 a 10 - RJ.
- PETTIJOHN, F.J. POTTER, P.E. e SIENER, J - 1972 - Sands and Sandstones. Elsevier Pub., N.Y.

PRICE, P. - 1953 - Wall rock alteration in Northwestern Quebec.
Bull. Geol. Soc. Amer. nº 64, pag. 1464

RIBEIRO, M., BOCCHI, P.R., FIGUEIREDO Fº P.M. e TESSARI, R.I.
1966 - Geologia da Quadrícula de Caçapava do Sul - RGS -
Div. Fom. Prod. Min. - Bol. nº 127, 232 p - Rio de
Janeiro.

RIBEIRO, M. - 1970 - Geologia da Fôlha de Bom Jardim - Rio
Grande do Sul - Brasil - DNPM - D.G.M. - Bol. nº 247.

RIBEIRO, M. e CARRARO, C.C. - 1971 - Mapa Geotectônico da
Região de Caçapava do Sul, RS, Brasil, XXV Congresso
Brasileiro de Geologia - Bol. Esp. nº 1 (Resumo das
Comunicações).

RIBEIRO, M. e CARRARO, C.C. - 1971 - Geotectonic Map of the
Caçapava do Sul Region RS - Brazil - Instituto de Geo-
ciências - Universidade Federal do Rio Grande do Sul -
Porto Alegre - Brasil.

ROBERTSON, J.F. - 1961 - Revision of the Stratigraphy and
Nomenclature of Rocks Units in the Caçapava-Lavras Region,
State of Rio Grande do Sul, Brazil (manuscrito inédito).

ROLAND, S. e ALMEIDA, E.S. de - 1964 - Prospeção Geoquímica
na Mina do Camaquã - DNPM - Inédito - Porto Alegre.
(Executado com a cooperação da Escola de Geologia da
UFRGS).

ROSENBLUM, S - 1958 - Magnetic Susceptibilities of Minerals in
the Fantz Isodinamic Magnetic Separator. Amer. Miner.,
vol. 43 - 1958

SALES, R.H. e MEYER, C. - 1951 - Effect of postore dike intrusion on Butte ore minerals. Econ. Geol. 46, pag 905 - 915.

TEIXEIRA, E.A. - 1937 - Cobre no Rio Grande do Sul - Avulso nº 22, Div. Fom. Prod. Min. Rio de Janeiro.

TEIXEIRA, E.A. - 1941 - A Mina de Cobre do Camaquã - RGS - Div. Fom. Prod. Min. - Bol. nº 49, 47 p - Rio de Janeiro.

TESSARI, R.I - 1965 - Evolução Geotectônica do Escudo Sul - Rio-grandense - Conf. no Núcleo do Rio Grande do Sul da Soc. Bras. de Geol. - Porto Alegre.

TROGER, W.E. (1956) - Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale - E. Schweizerbart'sche Verlag sbuchhandlung, Stuttgart (2a. edição).

CONVENÇÕES

COLUNA ESTRATIGRÁFICA

ERA	PERÍODO	GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO	CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS
CENOZOICO	QUATERNÁRIO				Qr Aluviões: Areias, cascalhos, seixos e mortuários, depositados nas calhas e margens dos rios.
MESOZOICO			SERRA GERAL		Db Diorito.
PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR	BOM JARDIM	ARROIO DOS NOBRES	VARGAS		Vs Arenitos sublíticos e "arenitos arredondados" ferruginosos de cor vermelha.
					Vcs CONGLOMERADO SUPERIOR Conglomerado de cores rosa e vermelha.
					Vcm ARENITO MÉDIO "Arenitos arredondados" marrom a cinza claro.
					Vci CONGLOMERADO INFERIOR Conglomerado de cores rosa e vermelha.
					Vcai ARENITO INFERIOR Arenitos sublíticos, granodios líticos e síltos de cor marrom, alternados ciclicamente com areias intercaladas esparsas de cinza.
				MANUEIRÃO	m Arenitos sublíticos, granodios líticos e síltos de cor marrom, alternados ciclicamente com areias.

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Contato observado
- Contato provável
- Limite de afloramento
- Falha pós-mineralização, exibindo atitude estratigráfica (bolso pirita)
- Falha não pós-mineralização
- Vem aflorante (local chaco) e inferido (traçado) exibindo atitude estratigráfica e deslocamento relativo de blocos formados
- Direção e mergulho de camadas (inclinação e vertical)
- Direção e mergulho de juntas (inclinação e vertical)
- Trincheira
- Bacia mineralizada

CONVENÇÕES TOPOGRÁFICAS

- Entrada
- Lago - Açude
- Casa
- Banheiro
- Curva de nível
- Bonificação

Fig. 3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO E LITOLÓGICO SEGUNDO A LINHA A — B

COMPILAÇÃO DE DADOS

OS ELEMENTOS ESTRUTURAIS FORAM COMPI-
LADOS POR TEIXEIRA -
(1941), "COMISSÃO
NISTIA" (1958), RIBEIRO
(1966) E COMPLE-
MENTADOS COM TRABA-
LHOS DE CAMPO DE BET-
TENCOURT (1971) E
BETTENCOURT E MAR-
TINS (1971).

MAPA GEOLÓGICO DO DISTRITO CUPRÍFERO DE CAMAQUÃ

TRABALHOS DE GEOLÓGIA DE COMPLEMENTAÇÃO POR BETTENCOURT E MARTINS

ESCALA
0 100 200 300 m

MINA SÃO LUIZ - NÍVEL 500
PADRÃO ESTRUTURAL E MINERALIZAÇÃO

Fig. 14

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
BIBLIOTECA
T 1023
U.S.P.

ZONA URUGUAI PADRÃO ESTRUTURAL E MINERALIZAÇÃO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
BIBLIOTECA

LEGENDA

- Veio com atitude estrutural e espessura
- Falha mostrando atitude estrutural
- Veio estéril com atitude estrutural
- Brecho com disseminação de sulfetos

ESCALA 1:250

ANEXO
Fig. 10

- A - Planta ilustrando as relações entre falhas menores mineralizadas, resultantes do afundamento do bloco da capa da falha principal. Notar a zona brechada associada.
- B - Localização de minério devido às características físicas das rochas encaixantes. Notar a espessura do veio em conglomerado e a esterilidade da falha ao atravessar arenito.

MINA SÃO LUIZ
PLANTAS DE NIVEIS

MINA SÃO LUIZ
PROJEÇÕES VERTICAIS DE REALCES DOS
PRINCIPAIS FIÕES E PERFIS TRANSVERSAIS GENERALIZADOS

Fig. 23